



CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS
DEPARTAMENTO DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
MESTRADO EM EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA

JOCIELE DE ABREU DA SILVA

***STORYTELLING* E JOGO EDUCACIONAL DIGITAL NO ENSINO DE CIÊNCIAS
DA NATUREZA NA EPTNM: proposta de um arcabouço de melhores práticas
educativas**

Belo Horizonte – MG

2025

JOCIELE DE ABREU DA SILVA

***STORYTELLING* E JOGO EDUCACIONAL DIGITAL NO ENSINO DE CIÊNCIAS
DA NATUREZA NA EPT: proposta de um arcabouço de melhores práticas
educativas**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Educação Tecnológica do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG), como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Educação Tecnológica.

Linha de Pesquisa: Práticas Educativas e Tecnologias Educacionais

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Márcia Gorett
Ribeiro Grossi

Belo Horizonte – MG

2025

S586s Silva, Jociele de Abreu
Storytelling e jogo educacional digital no ensino de ciências da natureza na EPT: proposta de arcabouço de melhores práticas educativas / Jociele de Abreu Silva. – 2025.
174 f.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação Tecnológica.
Orientadora: Márcia Gorett Ribeiro Grossi.
Dissertação (mestrado) – Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais.

1. Ciências (Ensino médio) – Estudo e ensino – Teses. 2. Arte de contar histórias – Teses. 3. Jogos educativos – Teses. 4. Jogos eletrônicos – Teses. 5. Inovações educacionais – Teses. I. Grossi, Márcia Gorett Ribeiro. II. Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais. III. Título.

CDD 371.337



CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA - PPGET
Portaria MEC nº. 1.077, de 31/08/2012, republicada no DOU em 13/09/2012

JOCIELE DE ABREU DA SILVA

STORYTELLING E JOGO EDUCACIONAL DIGITAL NO ENSINO DE CIÊNCIAS DA NATUREZA NA EPTNM: PROPOSTA DE UM ARCABOUÇO DE MELHORES PRÁTICAS EDUCATIVAS

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Educação Tecnológica do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais - CEFET-MG, em 26 de novembro de 2025, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Educação Tecnológica, aprovada pela Comissão Examinadora de Defesa de Dissertação constituída pelos professores:

Documento assinado digitalmente
 **MARCIA GORETT RIBEIRO GROSSI**
Data: 26/11/2025 11:18:42-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof.^a Dr.^a Márcia Gorett Ribeiro Grossi – orientadora
Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais

Documento assinado digitalmente
 **IOMARA ALBUQUERQUE GIFFONI**
Data: 26/11/2025 20:02:49-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof.^a Dr.^a Iomara Albuquerque Giffoni
Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais

Documento assinado digitalmente
 **CASSIO CABRAL SANTOS**
Data: 27/11/2025 05:45:22-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Cássio Cabral Santos
Universidade de Lisboa

Documento assinado digitalmente
 **ERACLITO DE SOUZA ARGOLLO**
Data: 26/11/2025 19:16:37-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Eracilto de Souza Argolo
Universidade Federal do Maranhão

AGRADECIMENTOS

A conclusão desta dissertação é, antes de tudo, um ato de reconhecimento. O caminho até aqui foi uma construção coletiva, tecida pelo apoio, pelo afeto e pela confiança de muitos que, de perto ou à distância, tornaram esta pesquisa possível.

Ao Programa de Pós-Graduação em Educação Tecnológica (PPGET) do CEFET-MG, minha gratidão por me acolher em um espaço que desafia o pensamento e abriga a inquietação necessária ao fazer acadêmico.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo apoio financeiro que permitiu a dedicação plena a esta pesquisa. Recurso que se converteu em tempo, e tempo em possibilidade de pesquisa.

À minha orientadora, Prof.^a Dr.^a Márcia Gorett Ribeiro Grossi, agradeço pela confiança, pelo afeto e pela sabedoria de conduzir com respeito à autonomia. Você criou o espaço necessário para o amadurecimento desta pesquisa. O carinho e a generosidade intelectual com que acompanhou este processo são marcas que levo como referência.

À minha família, por existirem e resistirem à distância. Mesmo sem a partilha diária de cada etapa, estiveram presentes na lembrança constante de onde vim e no sentido deste seguir. Esta conquista é também uma forma de honrar essa origem.

Aos meus irmãos acadêmicos Eduardo, Flávia, Guilherme, Josiane e Luciana, por me acolherem, tornarem a caminhada mais leve e criarem espaços de crescimento mútuo. Agradeço pelas conversas que reordenaram as ideias e pelas pausas compartilhadas quando elas se fizeram necessárias.

A quem, desde o início, reconheceu em mim a inquietação e a vontade de crescer, e ofereceu um amparo constante e generoso. Sua confiança foi o incentivo que me permitiu encontrar minha própria força. Agradeço por acreditar no meu potencial antes mesmo que eu mesma acreditasse, e por permanecer como uma presença imprescindível em cada etapa deste percurso.

Por fim, a todos que, de alguma maneira, atravessaram este percurso, meu muito obrigada. Cada encontro, cada palavra e cada gesto foram parte efetiva desta jornada. Esta dissertação é o resultado de todas essas presenças.

*“A tecnologia é a fogueira em volta da qual
contamos as nossas histórias.”*

– Laurie Anderson

RESUMO

A crescente necessidade de inovação nas práticas pedagógicas na Educação Profissional e Tecnológica (EPT) aponta para a necessidade de integração de tecnologias digitais a propostas que efetivamente contribuam para com a aprendizagem. Esta dissertação de mestrado teve como objetivo geral analisar a contribuição de uma proposta de Arcabouço de Melhores Práticas (AMP) para o desenvolvimento de mídias digitais interativas em formato de Jogos Educacionais Digitais (JED) apoiados por *Storytelling* (ST), a partir da análise da eficácia de uma intervenção pedagógica concebida para a sua aplicação no ensino de Ciências da Natureza na Educação Profissional Técnica de Nível Médio (EPTNM). Para isso, a pesquisa, de natureza básica e abordagem qualiquantitativa, foi conduzida por meio de uma pesquisa-ação com 33 alunos de um curso Técnico de Nível Médio do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG). Um experimento, com foco na validação dos elementos do AMP, foi aplicado ao ensino de conceitos abstratos em Ciências da Natureza por meio do desenvolvido e aplicação de um JED denominado Gregor Mendel: Viajante Genético. Foi realizada uma coleta de dados que envolveu pré e pós-teste de conhecimentos e a aplicação de um questionário baseado no modelo de *design* motivacional de Keller (Atenção, Relevância, Confiança e Satisfação - ARCS). Os resultados quantitativos apontaram um incremento de desempenho por parte dos alunos, com a média de acertos aumentando de 36,4% no pré-teste para 87,9% no pós-teste, com uma probabilidade inferior a 0,1% de o resultado ter ocorrido por acaso ($p < 0,001$). Os dados qualitativos, com alta consistência interna, avaliado por meio do Alfa de Cronbach (α) de 0,919, indicaram elevada percepção motivacional dos alunos e permitiram a validação empírica de 12 dos 14 elementos teóricos propostos pelo AMP. Conclui-se que a integração sistematizada de JED e ST, fundamentada na observação das proposições qualitativas encontradas no AMP, constitui uma estratégia pedagógica potencialmente eficaz, que pode contribuir tanto para a aprendizagem cognitiva quanto para o engajamento discente. A principal contribuição deste estudo é a oferta de um referencial, ainda em estágios iniciais de evolução, que pode apoiar educadores e pesquisadores na criação de recursos educacionais digitais.

Palavras-chave: *Storytelling*, Jogos Educacionais Digitais, Ensino de Ciências, Arcabouço de Melhores Práticas.

ABSTRACT

The growing need for innovation in pedagogical practices in Professional and Technological Education (PTE) points to the necessity of integrating digital technologies into proposals that effectively contribute to learning. This master's dissertation has as its general objective to analyze the contribution of a proposed Framework of Best Practices (FBP) for the development of interactive digital media in the format of Digital Educational Games (DEG) supported by Storytelling (ST), based on the analysis of the effectiveness of a pedagogical intervention designed for its application in the teaching of Natural Sciences in the Technical and Vocational Education and Training (TVET). To achieve this, the research, of a basic nature and with a qualitative-quantitative approach, was conducted through action research with 33 students from a Technical High School course at the Federal Center for Technological Education of Minas Gerais (CEFET-MG). An experiment, focusing on the validation of the FBP elements, was applied to the teaching of abstract concepts in the Natural Sciences through the development and application of a DEG named "Gregor Mendel: Genetic Traveler". Data collection involved knowledge pre- and post-tests and the application of a questionnaire based on Keller's motivational design model (Attention, Relevance, Confidence, and Satisfaction - ARCS). The quantitative results indicated a performance increase on the part of the students, with the average score rising from 36.4% in the pre-test to 87.9% in the post-test, with a probability of less than 0.1% that the result occurred by chance ($p < 0.001$). The qualitative data, with high internal consistency evaluated through a Cronbach's Alpha (α) of 0.919, indicated a high motivational perception among the students and allowed for the empirical validation of 12 of the 14 theoretical elements proposed by the FBP. It is concluded that the systematized integration of DEG and ST, based on the observation of the qualitative propositions found in the FBP, constitutes a potentially effective pedagogical strategy, which can contribute to both cognitive learning and student engagement. The main contribution of this study is the provision of a framework, still in its initial stages of evolution, that can support educators and researchers in the creation of digital educational resources.

Keywords: *Storytelling, Digital Educational Games, Science Education, Best Practices.*

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Artigos incluídos por eixo temático.....	20
Quadro 2 - Resultados do Levantamento.....	23
Quadro 3 - Categorias dos jogos.....	29
Quadro 4 - <i>Game thinking design</i> (<i>Design</i> de pensamento de jogo) e suas categorias.....	31
Quadro 5 - Comparação entre <i>frameworks</i> e normas para JS.....	53
Quadro 6 - <i>Learning Mechanics - Game Mechanics Framework</i> (LM-GM).....	55
Quadro 7 - <i>Game Object Model II</i> (GOMII <i>Framework</i>).....	56
Quadro 8 - <i>Serious Games Quality Framework</i> (SGQF).....	56
Quadro 9 - Normas ISO/IEC 25010:2023 e ISO/IEC 9241-210:2019.....	57
Quadro 10 - Estratégias de busca.....	67
Quadro 11 - Correlação entre elementos de engajamento e bases teóricas	77
Quadro 12 - Matriz de correspondência estrutural inicial para JED sobre a Segunda Lei de Mendel.....	79
Quadro 13 - Recomendações operacionais para implementação da matriz no JED sobre a Segunda Lei de Mendel.....	80
Quadro 14 - Aplicação dos <i>frameworks</i> e normas aos conceitos da Segunda Lei de Mendel	82
Quadro 15 - Matriz de Correspondência Estrutural com recomendações de Boas Práticas para o JED sobre a Segunda Lei de Mendel.....	84
Quadro 16 - Validação do AMP com base nas percepções dos alunos.....	122
Quadro 17 – AMP final para o desenvolvimento de jogos educacionais.....	125

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Demandas enfrentadas por professores	13
Figura 2 - Estrutura da Dissertação.....	26
Figura 3 - Indicadores de engajamento	32
Figura 4 - Dimensões para o desenvolvimento cognitivo infantil.....	36
Figura 5 -Maneiras de integrar histórias na aprendizagem	50
Figura 6 - Interseção dos <i>frameworks</i> , normas e contribuição da pesquisa.....	59
Figura 7 - Mapeamento da pesquisa.....	74
Figura 8 - Interface de criação da HQ na plataforma Pixton	89
Figura 9 - Interface de edição do JED na plataforma Quizizz.	90
Figura 10 - Infográfico da estrutura pedagógica e modular do ST.	92
Figura 11 - Síntese visual das principais decisões de <i>design</i> do JED.....	93

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Distribuição das respostas para a dimensão Atenção	103
Gráfico 2 - Distribuição das respostas para a dimensão Relevância	105
Gráfico 3 - Distribuição das respostas para a dimensão Confiança	106
Gráfico 4 - Distribuição das respostas para a dimensão Satisfação	107

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Teorias identificadas	75
Tabela 2 - Frequência de elementos	76
Tabela 3 - Desempenho dos alunos no pré-teste e no pós-teste	98
Tabela 4 - Consistência interna do questionário segundo o valor de alfa	111
Tabela 5 - Coeficientes de Alfa de Cronbach para a Escala ARCS	111

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURA

ADDIE	Análise (<i>Analysis</i>), Desenho (<i>Design</i>), Desenvolvimento (<i>Development</i>), Implementação (<i>Implementation</i>) e Avaliação (<i>Evaluation</i>)
AMP	Arcabouço de Melhores Práticas
ARCS	Atenção, Relevância, Confiança e Satisfação
AVA	Ambientes Virtuais de Aprendizagem
BDTD	Biblioteca Digital de Teses e Dissertações
BNCC	Base Nacional Comum Curricular
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CEFET-MG	Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais
CEP	Comitê de Ética em Pesquisa
CNdNT	Ciências da Natureza e suas Tecnologias
CNS	Conselho Nacional de Saúde
EPT	Educação Profissional e Tecnológica
EPTNM	Educação Profissional Técnica de Nível Médio
GDD	Game Design Document
GOMII	Game Object Model II
HQ	História em Quadrinhos
IBICT	Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia
IMMS	<i>Instructional Materials Motivational Survey</i>
ISO/IEC	International Organization for Standardization / International Electrotechnical Commission
JED	Jogos Educacionais Digitais
JS	Jogos Sérios
LM-GM	<i>Learning Mechanics - Game Mechanics Framework</i> (Framework de Mecânicas de Aprendizagem - Mecânicas de Jogo)
NPC	<i>Non-Player Characters</i> (Personagens não jogáveis)
NT	Narrativa Transmídia
OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
PNED	Política Nacional de Educação Digital
PPGET	Programa de Pós-graduação em Educação Tecnológica

REA	Recursos Educacionais Abertos
SciELO	<i>Scientific Electronic Library Online</i>
SGQF	<i>Serious Games Quality Framework</i> (<i>Framework</i> de Qualidade para Jogos Sérios)
ST	<i>Storytelling</i>
TALE	Termo de Assentimento Livre e Esclarecido
TCC	Teoria da Carga Cognitiva
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
TDIC	Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação
TPACK	<i>Technological Pedagogical Content Knowledge</i> (Conhecimento Tecnológico e Pedagógico do Conteúdo)
UNESCO	Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura
UX	<i>User Experience</i> (Experiência do Usuário)
ZDP	Zona de Desenvolvimento Proximal
ZDR	Zona de Desenvolvimento Real

Sumário

CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO.....	10
1.1 A EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA (EPT) NO BRASIL: CONTEXTO E PERCURSO	16
1.2 QUESTÃO NORTEADORA	20
1.3 OBJETIVOS.....	21
1.3.1 Objetivo geral.....	21
1.3.2 Objetivos específicos	21
1.4 JUSTIFICATIVA.....	22
1.4.1 Lacuna na literatura	22
1.4.1.1 <i>Procedimentos da pesquisa exploratória</i>	23
1.4.1.2 <i>Resultados da pesquisa exploratória</i>	23
1.5 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	25
 CAPÍTULO 2: REFERENCIAL TEÓRICO	27
2.1 TEORIA DA APRENDIZAGEM BASEADA EM JOGOS	27
2.1.1 Características e conceito de jogos	29
2.2 TEORIAS DA APRENDIZAGEM APLICADAS AO DESIGN DE JOGOS	33
2.2.1 Cognitivista	33
2.2.2 Construtivista.....	35
2.2.3 Sociocultural	37
2.2.3.1 <i>Fundamentos da Teoria da Atividade</i>	38
2.2.3.2 <i>Scaffolding embutido e adaptação dinâmica</i>	39
2.2.3.3 <i>Colaboração distribuída</i>	40
2.3 TEORIA DA CARGA COGNITIVA EM JOGOS EDUCACIONAIS	41
2.4 TEORIA DA POTÊNCIA DE AGIR: A MOTIVAÇÃO E AFETO NO PROCESSO DE APRENDER.....	43
2.5 O STORYTELLING COMO FERRAMENTA AFETIVA E PEDAGÓGICA	44
2.6 NARRATIVAS TRANSMÍDIAS.....	47
2.7 FUNDAMENTOS TEÓRICOS PARA O AMP	51
 CAPÍTULO 3: METODOLOGIA.....	60
3.1. NATUREZA DA PESQUISA.....	60
3.2. ABORDAGEM DA PESQUISA.....	60
3.3. TIPO DE PESQUISA	63
3.4. PROCEDIMENTO TÉCNICO	63
3.5. LÓCUS E UNIVERSO DA PESQUISA.....	64
3.6 INSTRUMENTO DE COLETA DE DADOS	65
3.7. ETAPAS DA PESQUISA.....	66
3.8 ASPECTOS ÉTICOS DA PESQUISA	71

3.8.1 Critérios de inclusão.....	72
3.8.2 Critérios de exclusão	72
3.8.3 Riscos	72
3.8.4 Benefícios	73
CAPÍTULO 4: APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE DADOS	74
4.1 RESULTADO DA 1ª ETAPA: PESQUISA BIBLIOGRÁFICA	74
4.2 RESULTADO DA 2ª ETAPA: CONCEPÇÃO DO JED.....	88
4.2.1 Seleção das ferramentas de autoria: Pixton e Quizizz	88
4.2.2 Estrutura narrativa e pedagógica do <i>Storytelling</i>	91
4.2.3 Decisões de <i>design</i> orientadas pelo AMP	93
4.3 RESULTADO DA 3ª ETAPA: APLICAÇÃO DO JED E COLETA DE DADOS	94
4.3.1 Caracterização dos participantes	95
4.3.2 Análise do perfil tecnológico.....	96
4.3.3 Avaliação do desempenho	97
4.3.3.1 Diagnóstico qualitativo do conhecimento prévio (análise do Pré-teste)	97
4.3.3.2 Análise comparativa de desempenho (Pré-teste vs. Pós-teste)	98
4.3.3.3 Teste t de Student	100
4.3.4 Análise da Experiência e Motivação: Resultados do Questionário ARCS ..	102
4.3.4.1 Análise da Dimensão Atenção	103
4.3.4.2 Análise da Dimensão Relevância	104
4.3.4.3 Análise da Dimensão Confiança	106
4.3.4.4 Análise da Dimensão Satisfação	107
4.3.4.5 Análise de confiabilidade do instrumento (Alfa de Cronbach)	109
4.4.5 Análise qualitativa das percepções dos alunos.....	112
4.4.5.1 Percepção sobre a narrativa e os personagens	112
4.4.5.2 Percepção sobre o visual e a clareza	113
4.4.5.3 Percepção sobre o formato de jogo e o desafio	114
4.4.5.4 Comparação com métodos tradicionais de ensino	115
4.4.5.5 Sugestões de melhoria e implicações para o arcabouço	117
4.4.5.6 Observações do diário de campo e evidências comportamentais	118
4.4.5.7 Análise da Avaliação docente	119
4.5 VALIDAÇÃO SISTEMÁTICA DO ARCABOUÇO DE BOAS PRÁTICAS.....	122
4.5.1 Aplicabilidade do AMP a outros contextos disciplinares.....	126
CAPÍTULO 5: CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	128
5.1 ALCANCE DOS OBJETIVOS DA PESQUISA.....	128
5.1.1 Objetivo específico 1: Levantamento das bases teóricas	128
5.1.2 Objetivo específico 2: Identificação dos elementos de engajamento	128
5.1.3 Objetivo específico 3: Correlação entre bases teóricas e elementos de jogos	129
5.1.4 Objetivo específico 4: Concepção do jogo educacional digital (JED).....	129
5.1.5 Objetivo específico 5: Elaboração do ST digital	129
5.1.6 Objetivo específico 6: Aplicação do JED em sala de aula	130
5.1.7 Objetivo específico 7: Identificação das percepções dos participantes	130
5.1.8 Objetivo específico 8: Identificação de oportunidades de melhoria	130
5.1.9 Objetivo específico 9: Integração no AMP	130
5.2 VALIDAÇÃO DA INTERVENÇÃO PEDAGÓGICA E RESPOSTA À QUESTÃO DE PESQUISA	131
5.3 PRINCIPAIS CONTRIBUIÇÕES DO ESTUDO	132
5.4 LIMITAÇÕES DA PESQUISA	133

5.5 SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS	133
REFERÊNCIAS.....	137
APÊNDICE A – PERFIL DE ALUNOS, RECURSOS TECNOLÓGICOS E AS FREQUÊNCIAS DE USO.....	150
APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO PRÉ-TESTE.....	153
APÊNDICE C – PÓS-TESTE – SEGUNDA LEI DE MENDEL.....	155
APÊNDICE D - QUESTIONÁRIO MODELO ARCS - AVALIAÇÃO DA MOTIVAÇÃO NO JOGO EDUCACIONAL DIGITAL.....	157
APÊNDICE E - SUAS IDEIAS E SUGESTÕES (ALUNOS)	158
APÊNDICE F – QUESTIONÁRIO PRÉ-EXPERIMENTO (PROFESSORA)	159
APÊNDICE G – QUESTIONÁRIO PÓS-EXPERIMENTO (PROFESSORA)	160
APÊNDICE H – STORYTELLING DO JOGO GREGOR MENDEL: VIAJANTE GENÉTICO.....	162
APÊNDICE I – TCLE RESPONSÁVEL	166
APÊNDICE J – TCLE PROFESSOR (A)	169
APÊNDICE K – TALE ALUNO	172

CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO

Ao longo da história, desde o período Paleolítico (há 2,5 milhões de anos) até a Era Tecnológica iniciada no século XX, a evolução social do ser humano esteve intimamente ligada ao desenvolvimento de novas tecnologias que transformaram as formas de comunicação, trabalho e aprendizagem (Hayne; Wyse, 2018). No século XXI, a humanidade se encontra em uma era marcada pela tecnologia, que impulsiona a evolução social, ao moldar a forma como nos comunicamos, trabalhamos e interagimos com o mundo ao nosso redor (Monteiro; Façanha, 2025). Essa centralidade da tecnologia, contudo, torna pertinente a análise crítica de sua influência.

Em vista disso, Placides (2023) analisa a relação entre tecnologia e sociedade a partir de uma perspectiva não determinista. O autor argumenta que as técnicas desenvolvidas em uma cultura criam as condições para os avanços sociais e tecnológicos, mas não definem de forma inevitável o seu rumo. Acreditar em um determinismo tecnológico, segundo o autor, implica em uma postura de resignação: "quando adotamos a visão de que a tecnologia determina nossa vida, temos como consequência uma postura mais passiva, que enxerga a sociedade como refém de seus próprios avanços técnicos" (Placides, 2023, p. 24). Ao adotar essa perspectiva, que reconhece a tecnologia como um elemento que condiciona, mas não determina, evita-se uma abordagem que reduz a complexidade do fenômeno tecnológico e abre-se espaço para uma análise mais abrangente do processo de mudança social, na qual a agência humana e as escolhas coletivas recuperam sua importância (Placides, 2023).

No contexto brasileiro, "a Política Nacional de Educação Digital (PNED), instituída pela Lei nº 14.533, de 11 de janeiro de 2023, é uma política pública que tem como objetivo promover a inclusão digital e o uso da tecnologia na educação" (Duarte, 2024, p. 88). Adicionalmente, em maio de 2024, a Comissão de Assuntos Econômicos do Senado aprovou um projeto que criou o Programa Nacional de Inclusão Digital para a Educação Básica, que visa beneficiar alunos de baixa renda com acesso a equipamentos e internet, ressaltando a importância da inclusão digital na educação pública (Brasil, 2024).

As Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDIC), atualmente, estendem-se por todos os aspectos da vida cotidiana e atividades humanas. Como enfatizam Freitas e Braga (2021, p. 2) “muitas são as tecnologias que o ser humano já desenvolveu, a fim de ajudar na realização de suas tarefas diárias e que facilitasse sua vida em sociedade”. Os autores ainda assinalam que:

A última década do século XX foi influenciada por um período de mudanças individuais, sociais e desenvolvimento, marcada pelas Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDIC), definidas como a Sociedade da Informação. [...] As TDIC são “conjuntos de recursos tecnológicos que, representados principalmente por computador, celular, televisão, *e-mails*, *tablet*, *YouTube*, *internet*, *wifi*, *sítes*, dentre outros” (Freitas; Braga, 2021, p. 3).

Desde a década de 1990 são discutidos os potenciais efeitos da aplicação de tecnologias digitais¹ na educação. Lévy (1999) ressaltava que essas ferramentas transformavam as práticas de ensino tradicionais, uma vez que convidavam o professor a deixar o papel de mero transmissor de conteúdo para atuar como um *animador*² da *inteligência coletiva*, cuja função é promover a colaboração e a construção conjunta do conhecimento.

Atualmente, a contínua evolução das TDIC aprofunda e materializa essa perspectiva no contexto educacional brasileiro (Monte, 2025). Segundo a autora, as plataformas de ensino digitais, aplicativos educacionais e Ambientes Virtuais de Aprendizagem (AVA) são exemplos de como o professor pode mediar o aprendizado, ao facilitar a interação, o engajamento e a autonomia dos alunos.

Há uma contínua necessidade de busca pela apropriação, na prática docente, de métodos e técnicas ligadas às tecnologias digitais. Tal percepção coletiva tornou-se ainda mais evidente em cenários como o do ensino remoto emergencial, no qual o potencial educativo dessas ferramentas reside na capacidade de reconfigurar o processo de ensino e a construção do conhecimento em ambientes virtuais (Grossi, 2021).

¹ Nesta dissertação, utilizam-se tanto *tecnologias digitais* quanto *Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDIC)*. O primeiro aparece em passagens de sentido amplo, envolvendo recursos e sistemas digitais em geral; o segundo é empregado quando o enfoque recai sobre processos de informação e comunicação. A coexistência dos termos decorre de suas distinções conceituais na literatura, sem implicar divergência terminológica no escopo da pesquisa.

² Animador, aqui, significa mediador dinâmico, facilitador ou catalisador de processos coletivos de aprendizagem.

Nesse cenário de inovações supracitado, destacam-se os Jogos Educacionais Digitais (JED), que emergem como uma das estratégias dentro do universo de metodologias ativas de aprendizagem (Aires; Barbosa; Madeira, 2020). Os JED fazem parte de uma categoria mais ampla conhecida como Jogos Sérios (JS), que são jogos desenvolvidos com propósitos que vão além do entretenimento puro, voltados para objetivos como ensino, treinamento, conscientização ou mudança de comportamento (Silva; Sales; Mendes, 2021). Dentro desse universo dos JS, os JED se distinguem por possuírem um foco específico: apoiar o ensino formal e promover o desenvolvimento de competências acadêmicas dentro do ambiente escolar. Enquanto outros JS podem ser utilizados para capacitação profissional, simulações técnicas ou campanhas de conscientização social, os JED são projetados intencionalmente para enriquecer o aprendizado curricular (Silva; Barreto, 2023). Segundo os autores, esses jogos podem alcançar esse objetivo ao combinar conteúdos pedagógicos com elementos lúdicos (características de diversão e entretenimento típicas dos jogos) que aumentam a motivação dos alunos e estimulam sua participação ativa e engajada no processo de aprendizagem.

Segundo Gee (2003), os jogos criam ambientes seguros nos quais os alunos podem experimentar, assumir riscos e aprender com os próprios erros. Essa dinâmica estabelece o que o autor denomina Ciclo de Perícia: um processo contínuo de desafio, prática e nova tentativa que é centrada na aquisição de novas competências (Gee, 2003). Como afirmam Silveira, Rangel e Ciríaco (2012, p. 6), “os jogos digitais, quando utilizados na escola, servem como estímulo e favorecem a motivação para a aprendizagem dos conteúdos escolares”. Essa capacidade de engajamento, conforme observa Sola (2019), deve-se a um conjunto de fatores intrínsecos aos JED. A autora menciona que:

Os JED [...] contribuem com os processos educativos de forma peculiar pela interação lúdica própria dos jogos digitais (cores, sons, desenhos, animações, vídeos, gráficos, ações, aventuras, protagonismo dos jogadores), pela interatividade, interconectividade, jogabilidade (diversão e satisfação), imersividade, fotorrealismo (semelhança ao mundo real), estímulos sensoriais e tempo real (Sola, 2019, p. 18).

Indo além da ludicidade, Guzzo (2020) acrescenta que esses jogos são eficazes porque colocam o aluno como centro do processo educativo, caracterizando-se como uma metodologia ativa. Essa abordagem rompe com as

práticas de ensino tradicionais e promove uma aprendizagem efetiva. Guzzo (2020) detalha:

Os JED são considerados como metodologia ativa, uma vez que quebram com abordagens tradicionais de ensino e auxiliam na construção de uma aprendizagem efetiva que, nada mais é, do que aquela aprendizagem em que o professor tem um papel de mediador, sempre se utilizando do conhecimento prévio do aluno para a aquisição de novos conhecimentos (Guzzo, 2020, p. 3).

A relevância dos JED é corroborada por Barbosa, Silva e Lima (2020, p. 45), ao afirmarem que “os jogos educacionais podem contribuir para um aprendizado mais engajador ao promover a interação e a colaboração entre os alunos”. Essa interação, além de enriquecer o processo educativo, também ajuda na formação de habilidades sociais e cognitivas (Ramos *et al.*, 2017). Os autores ressaltam ainda que os JED incentivam competências como raciocínio lógico, trabalho em equipe e resolução de problemas, e podem preparar os alunos para desafios futuros no âmbito acadêmico. Ademais, esses jogos frequentemente oferecem *feedback* imediato sobre o desempenho dos alunos, o que permite ajustes rápidos nas estratégias de aprendizagem e contribui para um processo educativo mais autônomo (Ramos *et al.*, 2017).

Apesar do reconhecido potencial dos JED como metodologia para o ensino contemporâneo, sua implementação prática apresenta demandas para os professores (Rocha; Bittencourt; Isotane, 2015). Os autores identificam seis demandas principais na estruturação e aplicação dessa metodologia, conforme ilustra a Figura 1.

Figura 1 - Demandas enfrentadas por professores



Fonte: Elaborado pela autora (2025), de acordo com Rocha (2015).

Rocha (2015) detalha essas seis barreiras, conforme ilustra a Figura 1, da seguinte forma: a primeira tange ao equilíbrio entre os aspectos pedagógicos e a jogabilidade, exigência de que o jogo mantenha a intencionalidade educativa sem perder o apelo lúdico. A segunda trata da inclusão efetiva de competências, com o desenvolvimento do jogo alinhado aos objetivos de aprendizagem. A terceira aponta para a necessidade de coordenação entre profissionais de diferentes áreas, como pedagogos, *designers* e desenvolvedores. A quarta demanda envolve a sistematização e a padronização de artefatos e processos, com maior organização e possibilidade de replicação. A quinta aponta para a importância do reuso de artefatos, o que torna o desenvolvimento mais eficiente. Por fim, a sexta demanda diz respeito à avaliação tanto da aprendizagem quanto da eficácia do próprio jogo como recurso didático (Rocha, 2012)

Ainda que o potencial dos JED seja evidente, sua aplicação em sala de aula apresenta desafios. Bohrer *et al.* (2023) compatibilizam com a afirmação supracitada ao ressaltar que a ausência de recursos adequados e a dificuldade de adesão por parte de alguns professores são barreiras pertinentes. Além disso, a responsabilidade do planejamento e da preparação da aula recai sobre o docente, como detalham Bohrer *et al.* (2023):

Para o professor utilizar esse recurso, precisa enfrentar alguns desafios de planejamento e preparação, que abrangem a seleção e adaptação dos jogos para que estejam alinhados aos objetivos de aprendizagem, o que requer muita pesquisa, análise e adaptação dos jogos. Outro desafio é a necessidade de dedicar tempo e atenção aos alunos durante todo o processo, acompanhando o progresso dos mesmos, avaliando o seu desempenho e isso pode ser desafiador para o professor se não tiver a devida preparação (Bohrer *et al.* 2023, p. 7-8).

Em linha com essa análise, Costa (2014) já apontava que o desafio constante do professor reside em se apropriar das tecnologias digitais e integrá-las de forma coesa aos conteúdos curriculares. A superação dessas barreiras de planejamento e integração, portanto, não se resolve apenas com a adoção de novas ferramentas, mas com um aprofundamento metodológico.

A eficácia de um jogo educacional, portanto, não reside no *software* em si, mas na intencionalidade pedagógica que orienta sua concepção. Conforme apontam Minoda e Grossi (2025, p. 3), "o bom uso dos jogos digitais em sala de aula depende tanto da metodologia utilizada quanto da escolha dos elementos que compõem

esses jogos, em função dos objetivos que se pretende atingir e da concepção de conhecimento e de aprendizagem que orienta esse processo".

É precisamente, a partir dessa necessidade de compreender a escolha dos elementos, que se justifica a análise dos componentes internos dos jogos. A compreensão de seus múltiplos ângulos (como a interatividade, a jogabilidade, o *design* e, com relevância para esta pesquisa, a forma como incorporam a narrativa (Sarango, 2023), permite que o educador utilize esses recursos de forma mais intencional e eficaz.

Dentre esses componentes, a narrativa cumpre a função de contextualizar as ações do jogador/os eventos do jogo. Os princípios de sua elaboração, que remontam aos jogos textuais dos anos 1980, já eram analisados por Murray (2003) em relação à emergência de enredos complexos e ao seu potencial para proporcionar contexto e significado às atividades dos jogadores. Essa perspectiva se mostra ainda mais relevante, uma vez que Teixeira, Cruz e Gonçalves (2017) ressaltam que o uso de narrativas em jogos educativos é um campo com potencial a ser explorado, por suas características afetivas e lúdicas capazes de potencializar a retenção da informação.

De acordo com Squire (2006), a narrativa proporciona aos jogadores uma sensação de propósito, ao mesmo tempo que aumenta a retenção de conhecimento ao contextualizar os conteúdos apresentados. Ela atua como um fio condutor que organiza as ações do jogo e oferece significado às tarefas, ao permitir que o aprendizado ocorra de maneira mais natural e intuitiva (Barab; Gresalfi, Ingram-Goble, 2010).

A narrativa está relacionada à estrutura geral de uma história ou ao relato de eventos, sendo assim, a maneira como uma história é contada, organizada e apresentada. Para os fins desta pesquisa, adotou-se o termo *Storytelling* (ST) que está relacionado ao processo ou às formas pelas quais essas histórias são contadas, e envolve a habilidade de comunicar, de relatar ou até mesmo de criar conexão com o público a partir de um tipo de narrativa (Bortolazzo, 2024). Etimologicamente, o autor observa que:

O termo *storytelling* tem origem na língua inglesa, sendo formada pela junção de duas palavras: *story* (que significa *história*) e *telling* (que significa *contando* ou *contar*). Portanto, o *storytelling* é um tipo de comunicação que envolve a narração de histórias (fatos, acontecimentos, fenômenos, etc.)

com intencionalidades, sejam elas pedagógicas ou informacionais (Bortolazzo, 2024, p. 3).

Logo, é por meio do ST que se despertam emoções e se criam conexões com personagens e cenários, o que pode implicar na ampliação da motivação, uma vez que o aprendizado envolve vínculos afetivos com o conteúdo e a forma como ele é apresentado (Oliveira; Classe, 2024). A relação entre motivação e aprendizagem está diretamente ligada às emoções, uma vez que aprender envolve vínculos afetivos tanto com o conteúdo quanto com a forma como ele é apresentado (Oliveira; Classe, 2024).

Tendo em vista o potencial do ST como ferramenta para engajamento, contextualização e criação de vínculos afetivos com o conhecimento, torna-se pertinente investigar sua aplicação no cenário específico desta pesquisa. A escolha recai sobre a Educação Profissional Técnica de Nível Médio (EPTNM), uma modalidade que, por sua própria natureza, busca a integração entre formação teórica e prática (Brasil, 2024). A potencial capacidade do ST de dar significado a conceitos abstratos e de conectar o conhecimento técnico a cenários aplicáveis responde diretamente aos desafios e objetivos desse contexto educacional.

1.1 A EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA (EPT) NO BRASIL: CONTEXTO E PERCURSO

A EPT constitui uma modalidade educacional que articula formação teórica, prática e inserção no mundo do trabalho. Sua trajetória no Brasil perpassa mais de um século de políticas públicas, reformas institucionais e disputas sobre o papel da educação na formação dos sujeitos. Compreender este percurso histórico permite identificar as tensões entre diferentes concepções educacionais e situar os desafios contemporâneos da modalidade (Carvalho *et al.*, 2024).

O marco inicial da institucionalização da EPT no país remonta ao Decreto nº 7.566, de 23 de setembro de 1909 (Brasil, 1909), assinado pelo presidente Nilo Peçanha, que criou 19 Escolas de Aprendizes Artífices em diferentes capitais brasileiras. A proposta visava oferecer ensino profissional primário e gratuito às *classes desprovidas da fortuna*, conforme expressão do próprio decreto. Saviani (2007) analisou a origem da educação profissional brasileira sob uma perspectiva crítica, na qual identifica sua concepção assistencialista e moralizante, destinada a *regenerar* jovens pobres pelo trabalho. Esta gênese marcou a estrutura da EPT e

estabeleceu uma dualidade entre a educação destinada às elites dirigentes e aquela voltada aos trabalhadores manuais (Saviani, 2007).

As décadas seguintes testemunharam sucessivas transformações institucionais que, embora ampliassem a rede, mantiveram a lógica dual subjacente. Em 1942, no contexto das Leis Orgânicas do Ensino, as Escolas de Aprendizizes Artífices foram transformadas em Escolas Industriais e Técnicas. A Lei nº 3.552, de 16 de fevereiro de 1959 (Brasil, 1959), operou nova reestruturação e criou as Escolas Técnicas Federais como autarquias com autonomia didática e de gestão. Posteriormente, a Lei nº 6.545, de 30 de junho de 1978 (Brasil, 1978), converteu três destas instituições em Centros Federais de Educação Tecnológica (CEFET). Isso ampliou a oferta para incluir cursos de nível superior. Apesar dos avanços observados desde então, tanto em relação a infraestrutura quanto à diversificação da oferta, Kuenzer (1997) observou que essa expansão manteve a dicotomia histórica entre o *saber fazer* (reservado aos trabalhadores) e o *saber pensar* (destinado às classes dirigentes). A autora argumenta que a separação entre trabalho manual e intelectual permaneceu enraizada na estrutura educacional brasileira e reproduziu desigualdades sociais.

As reformas das décadas de 1990 e 2000 introduziram mudanças no ordenamento jurídico da EPT, que refletiram disputas sobre os rumos da modalidade (Carvalho *et al.*, 2024). A Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996) (Brasil, 1996) estabeleceu o marco regulatório para a educação brasileira e dedicou um capítulo específico à educação profissional. Contudo, o Decreto nº 2.208, de 17 de abril de 1997 (Brasil, 1997) regulamentou a modalidade, instituiu a separação obrigatória entre o ensino médio e o ensino técnico e vedou a integração curricular. Esta reforma foi criticada por Frigotto *et al.* (2005) como a expressão de uma concepção neoliberal de educação, por subordinar a formação às demandas imediatas do mercado e por aprofundar a dualidade histórica. Para os autores, a separação representou um retrocesso na perspectiva de formação humana integral, pois fragmentou conhecimento e prática.

A reversão desta política ocorreu com o Decreto nº 5.154, de 23 de julho de 2004 (Brasil, 2004), que restabeleceu a possibilidade de integração entre ensino médio e técnico. Esta mudança reconheceu a necessidade de articular formação geral e profissional em um mesmo itinerário formativo e recuperou a perspectiva de educação politécnica. Moura (2007) analisa este decreto como resultado de embates

entre diferentes projetos societários, o que representou um avanço na concepção de formação integrada, embora sua implementação encontrasse resistências e limitações estruturais.

A configuração atual da Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica consolidou-se com a Lei nº 11.892, de 29 de dezembro de 2008 (Brasil, 2008), que instituiu os Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia (IF). Esta legislação reorganizou a rede federal e reuniu CEFET, Escolas Técnicas Federais e Escolas Agrotécnicas Federais em uma nova institucionalidade. Os Institutos Federais, além de oferecerem educação profissional técnica de nível médio prioritariamente na forma integrada, desenvolvem atividades de ensino, pesquisa e extensão e atuam desde a educação básica até a pós-graduação *stricto sensu*. A proposta pedagógica dos IF enfatiza a formação integral do aluno e busca superar a dicotomia entre teoria e prática mediante a articulação entre ciência, tecnologia, cultura e conhecimentos específicos (Pacheco, 2010).

Conforme o exposto, o percurso histórico da EPT no Brasil evidencia disputas sobre concepções educacionais e projetos de sociedade. Das Escolas de Aprendizizes Artífices aos Institutos Federais, a modalidade atravessou transformações que, mesmo que progressivas em termos institucionais, ainda carregam as marcas da dualidade estrutural (Carvalho *et al.*, 2024). Este panorama contextualiza o campo onde se desenvolve a presente pesquisa: um espaço educacional que, ao buscar a formação integral e a superação de dicotomias históricas entre saber e fazer, teoria e prática, demanda investigação e implementação de metodologias pedagógicas que contribuam para a efetivação de seus princípios formativos (Carvalho *et al.*, 2024).

A Lei nº 11.892/2008, ao criar os Institutos Federais, permitiu que algumas instituições mantivessem sua configuração como CEFET, desde que possuíssem características específicas relacionadas à oferta de ensino superior e pós-graduação. Entre estas instituições está o Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG), que preservou sua identidade institucional e continua atuando em diferentes níveis e modalidades de ensino, incluindo a EPTNM.

Com uma trajetória histórica consolidada, o CEFET-MG busca atender às demandas sociais e produtivas e, ao mesmo tempo, mantém o compromisso com a formação integral de seus alunos, conforme expresso em seu Projeto Pedagógico Institucional (CEFET, 2022). Essa perspectiva se alinha ao conceito de formação

omnilateral discutido por Frigotto *et al.* (2005), que se refere ao desenvolvimento do indivíduo em suas múltiplas dimensões: física, mental, cultural, política e científico-tecnológica. A instituição promove o ensino técnico-científico por meio de iniciativas que buscam alinhar inovação pedagógica e tecnologia educacional, o que proporciona um ambiente acadêmico propício para o desenvolvimento e aplicação de abordagens educacionais inovadoras, como o uso de JED. Esta configuração confere relevância ao *lócus* da presente pesquisa (CEFET, 2022).

Como resposta à necessidade de metodologias estruturadas que possam guiar educadores no planejamento de mídias educacionais digitais como recurso complementar para o ensino e a aprendizagem, esta pesquisa se dedicou ao desenvolvimento e à validação de um Arcabouço de Melhores Práticas (AMP) para a elaboração de mídias no formato de JED, apoiados por ST.

Para testar a eficácia e a aplicabilidade do AMP, foi necessário aplicá-lo a um desafio pedagógico concreto. A escolha do conteúdo recaiu sobre a Segunda Lei de Mendel (Lei da Segregação Independente), tema selecionado após indicação da professora titular da disciplina de Biologia (de forma a detalhar, o *lócus* e o universo estão descritos na seção 3.5), que relatou dificuldades recorrentes dos alunos em sua aprendizagem. A percepção docente encontra respaldo na literatura, que aponta a genética mendeliana, sobretudo a Segunda Lei, como um dos tópicos de maior complexidade para alunos da educação básica, devido ao grau de raciocínio probabilístico e combinatório exigido nessa matéria (Strieder *et al.*, 2018; Klüppel; Güllich, 2020).

Dessa forma, a concepção do JED sobre a Segunda Lei de Mendel não constitui o fim desta pesquisa, mas sim o meio pelo qual um arcabouço foi instrumentalizado e validado. Esta investigação buscou, portanto, analisar como a aplicação de um modelo sistematizado de desenvolvimento pode contribuir para com a elaboração de uma ferramenta didático-pedagógica digital capaz de mitigar lacunas de aprendizagem. O AMP apresentado nesta dissertação (e que se encontra em seus estágios iniciais de identificação de elementos) tem, como objetivo primordial, servir como um referencial àqueles interessados na construção de artefatos didáticos em formato de JED, o que pode torná-lo um referencial teórico e prático para outros educadores.

1.2 QUESTÃO NORTEADORA

Sena e Catapan (2016) realizaram uma revisão sistemática da literatura e identificaram 11 artigos que abordam metodologias utilizadas na criação de jogos educativos e consideram a importância de um *design* eficaz que integra princípios de *game design* com teorias educacionais. Os artigos foram classificados em dois eixos temáticos (proposição de metodologias e relato de *design* de um jogo com descrição metodológica), conforme pode ser observado no Quadro 1.

Quadro 1 - Artigos incluídos por eixo temático

Base	Títulos e <i>link</i> para o artigo	Eixo temático
Web of Science	<i>Cognitive behavioral game design: a unified model for designing serious games</i> . Disponível em: < https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3910127 >.	Proposição de metodologias
	<i>A model for the design of puzzle-based games including virtual and physical objects</i> . Disponível em: < http://www.ifets.info/journals/17_3/15.pdf >.	
	<i>Using serious game to enhance algorithmic learning and teaching</i> . Disponível em: < http://www.je-lks.org/ojs/index.php/JeLKS_EN/article/view/1125 >	Relato de <i>design</i> de um jogo com descrição metodológica
	<i>Investigación-acción como metodología para el diseño de un serious game</i> . Disponível em: < http://revistas.uned.es/index.php/ried/article/view/15624 >	
Institute of Electrical and Electronics Engineers	<i>Development of game-like simulations for procedural knowledge in healthcare education</i> . Disponível em: < http://ieeexplore.ieee.org/document/6678341/ >	Proposição de metodologias
	<i>A platform independent game technology model for model driven serious games development</i> . Disponível em: < www.ejel.org/issue/download.html?idArticle=228 >	
Education Resources Information Center	<i>Development of a computer simulation game using a reverse engineering approach</i> . Disponível em: < http://www.cluteinstitute.com/ojs/index.php/AJBE/article/view/7387 >	Relato de <i>design</i> de um jogo com descrição metodológica
	<i>A digital game-based learning system for energy education: an energy conservation pet</i> . Disponível em: < http://www.tojet.net/articles/v11i2/1123.pdf >	
	<i>Employing design and development research (DDR) approaches in the design and development of online Arabic vocabulary learning games prototype</i> . Disponível em: < http://www.tojet.net/articles/v11i2/11211.pdf >	
	<i>Implementing a game for supporting learning in mathematics</i> . Disponível em: < www.ejel.org/issue/download.html?idArticle=284 >	

Fonte: Sena e Catapan (2016).

A integração de princípios do *game design* com teorias educacionais possibilita a criação de jogos que podem entreter e educar. Contudo, o processo de concepção e desenvolvimento de um JED eficaz envolve algumas barreiras que, conforme Sena e Catapan (2016), incluem: a) articulação coesa de conhecimentos de diferentes áreas; b) o equilíbrio entre os objetivos pedagógicos e a diversão; c) a

estruturação de um *Game Design Document* (GDD)³; e d) a implementação de sistemas de avaliação e *feedback*.

Uma abordagem que se apresenta como resposta a esses desafios de *design* é o emprego estratégico de ST, tendo em vista que pode funcionar como um elemento integrador, que oferece um contexto para a aplicação dos conhecimentos e um fio condutor para as mecânicas de jogo, o que auxilia no equilíbrio entre aprendizado e engajamento (Oliveira, 2020). Essa perspectiva é corroborada por Lima (2020), que argumenta que o uso de narrativas potencializa a motivação, uma vez que o aluno direciona seu pensamento criativo para a construção de artefatos contextualizados dentro da história.

Se o ST se apresenta como uma estratégia promissora para qualificar o desenvolvimento de JED, a questão que emerge é como sistematizar essa integração de forma eficaz. A partir dessa premissa, esta pesquisa foi norteadada pela seguinte questão: Como a aplicação de um AMP, que articula teorias de aprendizagem com elementos de *design* de jogos ST, contribui para a aprendizagem de conceitos ciências da natureza (Biologia) na EPTNM?

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo geral

Analisar a contribuição da proposta de um AMP para o desenvolvimento de mídias digitais interativas em formato de JED apoiados por ST, a partir da análise da eficácia de uma intervenção pedagógica concebida para a sua aplicação no ensino de Ciências da Natureza na EPTNM.

1.3.2 Objetivos específicos

- 1 Levantar as principais bases teóricas relacionadas ao desenvolvimento de JED;
- 2 Identificar os elementos de engajamento presentes em jogos digitais de entretenimento que podem ser aplicados em JED;
- 3 Correlacionar as bases teóricas identificadas no objetivo específico nº 1 aos elementos de jogos identificados no objetivo específico nº2;

³ GDD é um documento estruturado que descreve todos os aspectos conceituais, técnicos e funcionais de um jogo. Ele funciona como um guia de referência para todos os envolvidos no desenvolvimento, como *designers*, programadores, artistas, educadores (no caso de jogos educacionais), entre outros.

- 4 Conceber um JED que incorpore os elementos de engajamento, fundamentado nas bases teóricas, conforme o objetivo específico nº 3;
- 5 Elaborar um ST no formato digital, que aborde um conceito relacionado à área de ciências da natureza, especificamente a Segunda Lei de Mendel, de acordo com o plano de ensino de uma disciplina de curso técnico;
- 6 Aplicar o JED baseado em ST em sala de aula;
- 7 Identificar as percepções dos alunos e da professora, quanto ao uso da estratégia aplicada, de acordo com o objetivo específico nº 6;
- 8 Indicar oportunidades de melhorias quanto ao uso de JED baseado em ST, a partir das percepções identificadas no objetivo específico nº 7;
- 9 Integrar as descobertas em um AMP educativas que agreguem ST a JED.

1.4 JUSTIFICATIVA

A trajetória acadêmica e profissional da autora desta pesquisa de mestrado, graduada em Licenciatura em Ciências Naturais com habilitação em Biologia, está diretamente vinculada à área das Ciências e tem sido marcada por uma constante busca por estratégias metodológicas que tornem os processos de ensino e de aprendizagem mais efetivo para os envolvidos. Durante a sua graduação, a autora aproximou-se de abordagens que envolveram o uso de JED apoiado por ST em diferentes contextos pedagógicos. Esse envolvimento despertou um interesse investigativo, bem como inquietações práticas relacionadas à aplicação efetiva dessas ferramentas no cotidiano da sala de aula.

Ao tentar desenvolver proposta didática que integrasse JED e elementos narrativos, percebeu-se a escassez de materiais que orientassem de forma sistemática a criação desses recursos: quais elementos considerar no *design* de jogos, como integrar objetivos de aprendizagem às mecânicas lúdicas, quais tipos de narrativas favorecem o engajamento e a compreensão de conceitos científicos, dentre outras lacunas. A experiência mostrou um descompasso entre o potencial pedagógico atribuído aos JED com ST e o suporte disponível para sua concepção e uso pedagógico fundamentado.

1.4.1 Lacuna na literatura

Do ponto de vista acadêmico, a relevância desta pesquisa reside na identificação de uma lacuna metodológica na literatura: a carência de um AMP,

validado empiricamente, que possa orientar educadores no desenvolvimento de JED, apoiados por ST. Embora existam estudos que apliquem essa integração, falta um referencial sistematizado e de caráter universal, que possa ser adaptado a diferentes áreas do conhecimento.

Para verificar essa lacuna e, posteriormente, testar a aplicabilidade da proposta desta pesquisa, utilizou-se o ensino de Ciências da Natureza e suas Tecnologias (CNdNT) como campo de estudo. A metodologia e os resultados dessa investigação são detalhados a seguir.

1.4.1.1 Procedimentos da pesquisa exploratória

A pesquisa exploratória foi conduzida no segundo semestre de 2024, com o objetivo de mapear produções acadêmicas que abordassem a integração entre ST e JED no ensino de Ciências. A busca foi realizada em duas bases de dados: o Catálogo de Teses e Dissertações da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e a base da plataforma *Scientific Electronic Library Online* (SciELO), sem recorte temporal. A busca envolveu a combinação dos descritores: (“arcabouço” OR “framework” OR “modelo” OR “melhores práticas” OR “interface”) AND (“jogos educacionais”, “jogos sérios” e “design de jogos educacionais”).

1.4.1.2 Resultados da pesquisa exploratória

A busca inicial resultou em 69 trabalhos acadêmicos. Sobre esse conjunto, aplicaram-se critérios de exclusão: a) duplicatas; b) estudos sem relação com o tema da pesquisa; e c) artigos que, após leitura flutuante, apontaram apenas a descrição da aplicação de um jogo ou de seus resultados, sem detalhar a metodologia de concepção. Em seguida, adotou-se o critério de inclusão, que resultou em publicações que apresentavam, propunham ou utilizavam explicitamente um *framework*, modelo ou metodologia estruturada. Após esse processo de filtragem, foram selecionadas 10 publicações (Quadro 2) para leitura integral e análise.

Quadro 2 - Resultados do Levantamento

Autor(es)	Modelo/Framework	Análise da aderência (Por que não preenche a lacuna)
Silva <i>et al.</i> (2023)	<i>Aprendizagem Baseada em Jogos Móveis (MGbL – Mobile Game-based</i>	Modelo proposto para um contexto específico (Tecnologia da Informação), sem apresentar estrutura para

	<i>Learning)</i>	adaptação a outras áreas.
Mill, Ribeiro e Veloso (2023)	Abordagem Instrucional Alternativa baseada em ST	Aborda o ST no campo teórico-pedagógico, mas não o integra a um <i>framework</i> prático de desenvolvimento de mídias digitais no formato de jogos.
Petri, Wangenheim e Borgatto (2019)	Modelo de Avaliação de Jogos Educacionais (MEEGA+)	Focado exclusivamente na fase de avaliação do jogo e não orienta o processo de concepção e desenvolvimento.
Mota et al. (2019)	<i>Design</i> Instrucional Contextualizado (DIC)	Metodologia aplicada a um nicho (Enfermagem), sem flexibilidade para outros contextos curriculares.
Gunter et al. (2016)	Modelo de Retenção e Integração de Conteúdo (RETAIN – <i>Retention, Engagement, Transfer, Adaptation, Immersion, Naturalization</i>)	Modelo voltado à avaliação do produto final, não ao processo de construção do jogo.
Rodrigues et al. (2016)	Perfil de Linguagem de Modelagem Unificada (UML) para jogos educacionais (UP4EG – <i>UML Profile for Educational Games</i>)	Foco técnico na representação estrutural do jogo, sem incluir aspectos pedagógicos ou narrativos.
Rocha e Araujo (2015)	Metodologia Iterativa e Modelos Integradores	Voltada a jogos de treinamento de desempenho humano, não sendo um modelo universal para educadores.
Lima et al. (2020)	Processo de Avaliação da Qualidade de <i>Software</i> Educacional (Quali-EDU)	Modelo restrito à avaliação técnica e educacional, sem orientar etapas de concepção ou desenvolvimento.
Savi et al. (2010)	Modelo de Avaliação Educacional de Jogos (MAEJ)	Propõe critérios de avaliação, mas não abrange o processo de desenvolvimento prévio.
Knihs et al. (2024)	Design Centrado no Usuário (DCU – <i>User-Centered Design</i>)	Aplicado em contexto restrito (Saúde), sem prever adaptação a outras áreas ou pedagogias.

Fonte: Dados da Pesquisa (2025).

Com base nos estudos apresentados no Quadro 2, constata-se que nenhum dos modelos analisados oferece uma solução integrada e flexível para as necessidades de educadores de distintas áreas do conhecimento, ainda que abordem o desenvolvimento ou a avaliação de jogos educacionais. As limitações identificadas podem ser organizadas em três categorias: (1) o escopo restrito e a dependência de contexto; (2) o foco exclusivo em avaliação, em detrimento do processo de concepção; e (3) a inflexibilidade pedagógica ou técnica.

A primeira limitação, o escopo restrito, é evidente em *frameworks* que são eficazes em seus nichos, mas não foram pensados para uma adaptação ampla. Os modelos propostos por Silva et al. (2023) para a área de Tecnologia da Informação,

por Mota *et al.* (2019) para Enfermagem e por Knihs *et al.* (2024) para a Saúde, por exemplo, não apresentam uma estrutura flexível para a customização por um professor de outra área do conhecimento. Em segundo lugar, identifica-se o foco exclusivo em avaliação, em detrimento do processo de concepção. Os modelos MEEGA+ (Petri; Wangenheim; Borgatto, 2019), o RETAIN (Gunter *et al.*, 2016) e o Quali-EDU (Lima *et al.*, 2020) são ferramentas voltadas para analisar um jogo já finalizado, mas não oferecem um guia para as etapas que antecedem o produto, como o design pedagógico e o desenvolvimento. Por fim, observa-se uma inflexibilidade pedagógica ou técnica em diversas propostas. Alguns modelos ou são acoplados a uma teoria específica (Mill; Ribeiro; Veloso, 2023) sobre ST que não se traduz em um *framework* prático, ou possuem um viés estritamente técnico, como o modelo de Rodrigues *et al.* (2016), que não abrange o planejamento didático-pedagógico.

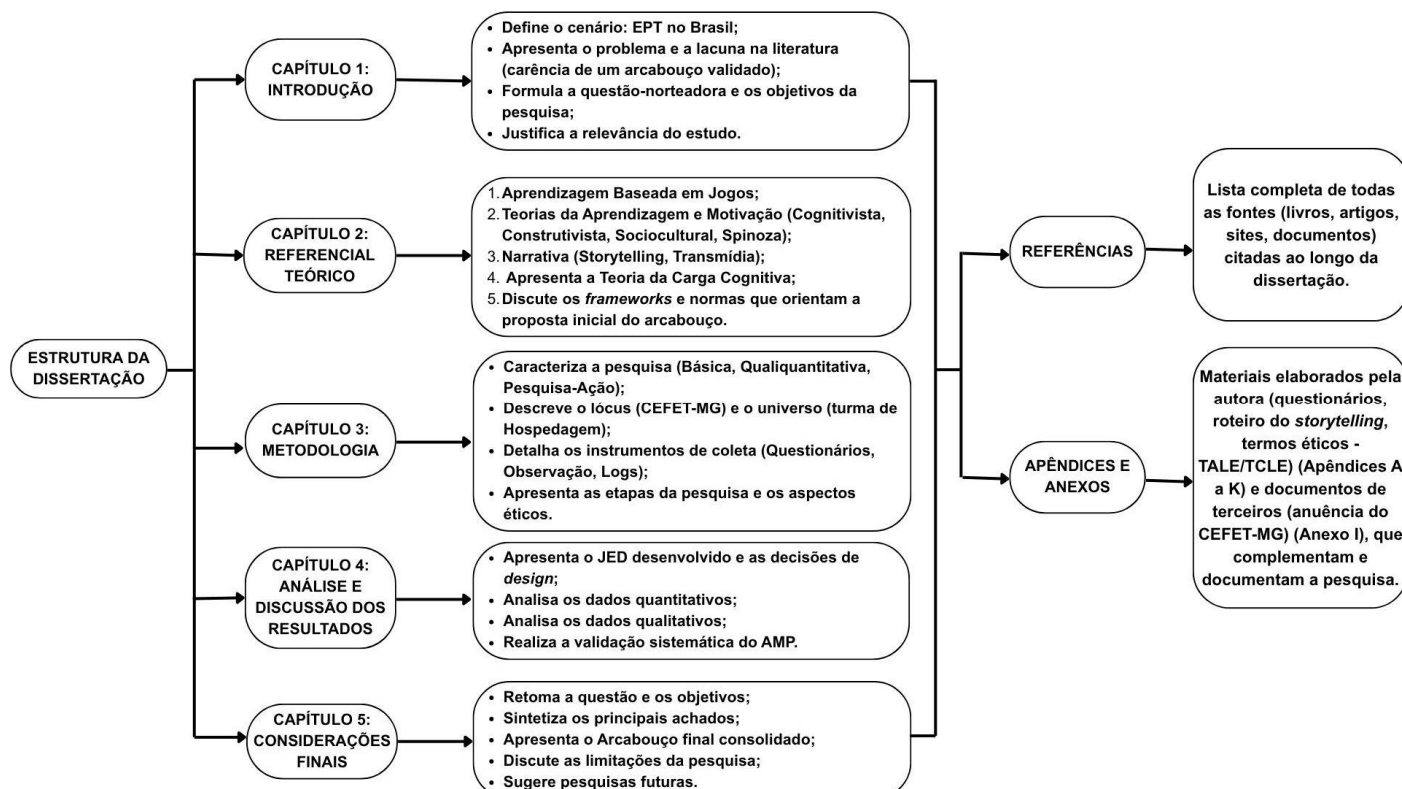
Portanto, a pesquisa exploratória demonstrou que a literatura carece de um arcabouço integrado e adaptável, que oriente o educador em todas as fases do processo (da concepção pedagógica ao desenvolvimento e à validação final) e que seja versátil para aplicação em diferentes contextos curriculares. É precisamente esta lacuna que o AMP, proposto nesta dissertação, visa preencher.

Importa ressaltar que o AMP não se traduz como uma metodologia de ensino, mas como um guia para a construção de artefatos didáticos. Posto isso, o processo de ensino permanece vinculado à temática escolhida pelo educador, e o processo de aprendizagem é favorecido pela aplicação do AMP na criação de tais artefatos.

1.5 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Esta dissertação de mestrado está organizada em cinco capítulos que se articulam de forma a apresentar o percurso da pesquisa, desde a contextualização do problema até a consolidação da contribuição final. A Figura 2 ilustra a função e a interconexão de cada capítulo.

Figura 2 - Estrutura da Dissertação



Fonte: Elaborado pela autora (2025), com a utilização da ferramenta Canva.

Conforme visualizado na Figura 2, esta dissertação segue uma progressão: parte-se da Introdução (Capítulo 1), que estabelece as bases da investigação; avança-se para a Fundamentação Teórica (Capítulo 2) e a Metodologia (Capítulo 3), que detalham os pilares conceituais e os caminhos da pesquisa; culmina-se na Análise dos Resultados (Capítulo 4), onde os dados são apresentados e discutidos; e conclui-se com as Considerações Finais (Capítulo 5), que sintetizam os achados e apresentam o arcabouço validado. Completam o trabalho as Referências e os Apêndices/Anexos, que oferecem o suporte documental necessário.

CAPÍTULO 2: REFERENCIAL TEÓRICO

Uma vez demonstrada a lacuna na literatura sobre um arcabouço adaptável para o desenvolvimento de JED, este capítulo apresenta os fundamentos teóricos que orientam a construção da solução proposta. A construção deste referencial baseia-se na articulação de três eixos complementares: as teorias sobre jogos e aprendizagem, as teorias sobre os processos de aprender e de se motivar, e as teorias sobre a narrativa como ferramenta pedagógica.

Inicialmente, discute-se a Aprendizagem Baseada em Jogos para justificar o potencial pedagógico do jogo como ferramenta educacional. Em seguida, a discussão aprofunda-se em um conjunto selecionado de teorias da aprendizagem e da motivação que informam diretamente o *design* de experiências interativas, como a Cognitivista (focada no processamento da informação), a Construtivista (na aprendizagem pela ação), a Sociocultural (na mediação) e na filosofia de Spinoza (na motivação pela potência de agir). Para orientar o *design* instrucional, são examinados os princípios da Teoria da Carga Cognitiva (TCC). Por fim, no campo da narrativa, analisam-se os conceitos de Narrativa Transmídia (NT) e, com foco no uso do ST na educação como elemento de engajamento, a contextualização e construção de significado.

2.1 TEORIA DA APRENDIZAGEM BASEADA EM JOGOS

Gee (2003), um dos teóricos pioneiros que exploraram a interseção entre jogos digitais e aprendizagem, argumentava que jogos digitais são ambientes ricos para a aprendizagem, pois envolvem os jogadores em práticas sociais, culturais e cognitivas complexas. Gee (2004, p. 47) ainda destacou que “a performance vem antes da competência” nos jogos, o que significa que os jogadores podem experimentar e aprender através da prática antes de dominar completamente uma habilidade ou conceito. O autor afirmou que:

Quando alguém aprende a jogar um videogame, não está a aprender apenas um jogo, mas uma nova forma de literacia. [...] Os bons videogames incorporam nos seus próprios designs, e, portanto, na experiência do jogador, um conjunto de princípios de aprendizagem essenciais. [...] Eles são também 'sociais' e 'materiais' na medida em que estão incorporados

num sistema complexo de práticas sociais e ferramentas inteligentes. (Gee, 2003, p. 5-6, *tradução nossa*).⁴

O autor enfatizou a importância do contexto social na aprendizagem através dos jogos. Ele afirmou que o aprendizado não é apenas um processo mental, mas também social e cultural. Isso implica que os jogos digitais podem proporcionar desafios cognitivos e promover interações sociais importantes para a construção do conhecimento. Ao participar de comunidades de jogadores, os indivíduos têm a oportunidade de compartilhar estratégias, discutir soluções e colaborar em desafios, o que pode enriquecer ainda mais o processo de aprendizagem.

Shaffer e Gee (2006) exploraram como os jogos digitais podem ser utilizados para criar ambientes de aprendizagem efetivos que permitam aos alunos o envolvimento nos chamados jogos epistêmicos (*epistemic games*), baseados na simulação de práticas autênticas de disciplinas específicas. Neles, os jogadores podem experimentar papéis profissionais em contextos virtuais e desenvolver habilidades e conhecimentos aplicáveis no mundo real. Os autores afirmaram que esses jogos ajudam os alunos a pensar como cientistas, engenheiros, médicos e outros profissionais, preparando-os melhor para as exigências do mundo do trabalho⁵ contemporâneo.

Moita (2006) acrescentou que aspectos educacionais são importantes para o uso dos jogos digitais em sala de aula. Segundo a autora, os jogos digitais são meios para a produção e transformação de informações e conhecimentos e, permitem que os jogadores interajam dentro de uma rede de trocas, vivenciando e relacionando-se com diferentes meios e espaços sociais, distintos daqueles com os quais estão familiarizados (Moita, 2006).

A visão de Gee (2003) foi corroborada por outros autores que analisaram a eficácia dos jogos digitais na educação. Uma perspectiva sobre essa transformação

⁴ No original: "When someone learns to play a video game, they are learning not just a game, but a new literacy. [...] Good video games build into their very designs, and thus into the player's experience, a set of key learning principles. [...] They are also 'social' and 'material' in that they are embodied in a complex system of social practices and smart tools".

⁵ O mundo do trabalho é um conceito sociológico mais amplo, que abrange não apenas o emprego, mas todas as formas de atividade laboral, as relações de produção, as competências exigidas, a cultura, os direitos e as transformações tecnológicas que impactam o ato de trabalhar. Já o mercado de trabalho refere-se à dimensão mais conjuntural da relação entre oferta e procura por emprego (vagas, salários, desemprego). Nesta dissertação, opta-se pelo termo mundo do trabalho para se referir a essa dimensão mais complexa e estrutural.

nos modos de aprender foi oferecida por Michel Serres (2013), que argumenta que o advento das tecnologias digitais móveis provocou uma profunda mutação cognitiva e deu origem a um novo tipo de sujeito. Para esta nova geração, cujo saber é constantemente mediado por tecnologias, o conhecimento foi externalizado. A mente deixa de ser o principal repositório da informação, que agora reside em rede, acessível a qualquer instante (Serres, 2013). Essa mudança, segundo o autor, redefine o próprio ato de aprender, que passa a ser menos sobre a memorização de conteúdos e mais sobre a capacidade de acessar, conectar e utilizar informações de forma crítica.

Diante dessa nova realidade, métodos de ensino que se limitam à exposição de conteúdo perdem eficácia, o que torna pertinente a investigação de abordagens pedagógicas, como os JED, que promovem a agência, a resolução de problemas e a construção ativa do conhecimento.

2.1.1 Características e conceito de jogos

De acordo com Krause (2024), os jogos podem ser divididos em três categorias (Quadro 3), cada uma com características específicas que atendem a diferentes interesses e necessidades. A classificação ajuda a entender melhor como esses diferentes tipos de jogos podem ser utilizados para fins educativos e de entretenimento.

Quadro 3 - Categorias dos jogos	
Tipos de jogos	Descrições
Analógicos	São independentes de tecnologia e são jogados manualmente, normalmente com auxílios de tabuleiros e dados. As regras são dispostas em manuais.
Digitais	São auxiliados pela tecnologia e oferecem uma diversa gama de plataformas e recursos gráficos.
Persuasivos	São desenvolvidos para atender os anseios de consumidores exigentes e propiciar uma relação excessiva entre o usuário e os dispositivos.

Fonte: Elaborado pela autora (2025), a partir de Krause (2024).

Os jogos analógicos, que não dependem de tecnologia, podem promover a interação face a face e a socialização. Estes jogos desenvolvem habilidades cognitivas e estratégicas. São exemplos: jogos de tabuleiro, como o xadrez e jogos

de cartas, como o Uno. Estes incentivam o raciocínio lógico e a tomada de decisões (Salen; Zimmerman, 2003) e são capazes de contribuir para o desenvolvimento cognitivo dos jogadores, pois podem melhorar habilidades como memória e resolução de problemas (Gee, 2003).

Já os jogos digitais, que são o foco dessa pesquisa, oferecem uma ampla variedade de possibilidades em termos de gráficos e plataformas, sendo utilizados tanto para entretenimento quanto para educação. Eles proporcionam experiências imersivas e interativas que facilitam a aprendizagem. Jogos como *Minecraft Education Edition* e plataformas como *Khan Academy* são exemplos de como os jogos digitais podem ser integrados ao ambiente educativo para ensinar conceitos de matemática, ciências e programação de forma prática (Nebel *et al.*, 2016; Salen; Torres, 2011).

Jogos persuasivos, por sua vez, têm como objetivo influenciar comportamentos e atitudes, sendo frequentemente utilizados em campanhas de *marketing*, treinamento corporativo e educação para a saúde. Eles são projetados para criar uma relação intensa entre o usuário e o dispositivo, promovendo a internalização de mensagens e práticas desejadas. Por exemplo, jogos desenvolvidos para treinar profissionais da saúde ou para campanhas de conscientização sobre temas como segurança e sustentabilidade mostram como os jogos persuasivos podem ser eficazes (Bogost, 2010).

É importante salientar que jogos persuasivos podem ser tanto digitais quanto analógicos; o que os diferencia dos demais jogos é o propósito intencional de persuadir e promover mudanças comportamentais. Enquanto jogos analógicos ou digitais focam no entretenimento, aprendizado ou competição, os jogos persuasivos são estruturados para influenciar atitudes por meio de narrativas, desafios e recompensas que reforçam mensagens específicas, independentemente do formato utilizado (Ramos; Knaul; Rocha, 2020).

Quando se utiliza os princípios dos jogos em outras atividades, estamos aplicando o que Marczewski (2013) denominou como gamificação, *design* de pensamento de jogos ou ainda sistemas gamificados. O *design* de pensamento de jogos se refere à aplicação de mecanismos, filosofias e regras dos jogos nos mais diversos contextos. Esse conceito pode ser visto como uma matriz comum que abrange a incorporação de mecanismos de jogos nessas atividades (Marczewski,

2013). O autor engloba quatro principais categorias, conforme apresentado no Quadro 4:

Quadro 4 - Game thinking design (Design de pensamento de jogo) e suas categorias

Categorias	Descrições
Jogos de ensino (<i>teaching game</i>)	São projetados especificamente para ensinar conceitos ou habilidades. Através da experiência lúdica, os jogadores são expostos a conteúdos educacionais de forma interativa.
Simulação	São utilizados principalmente em treinamento profissional, nos quais os usuários podem simular cenários complexos, como operações médicas ou gestão de crises, sem os riscos associados ao mundo real.
Jogos significativos (<i>meaningful games</i>)	São projetados para engajar os jogadores em narrativas que têm um efeito emocional e que incentivam a conscientização sobre determinados temas.
Jogos com propósitos (<i>purposeful game</i>)	São utilizados em contextos educacionais com o objetivo de gerar resultados concretos, seja em termos de aprendizado, desenvolvimento de habilidades ou mudanças comportamentais. Eles incentivam os jogadores a aplicar o que aprenderam em situações do mundo real.

Fonte: Elaborado pela autora (2024), a partir de Marczewski (2013).

Esses jogos podem promover diversas habilidades para o desenvolvimento acadêmico e pessoal dos alunos (Marczewski, 2013). Kapp (2012) ressalta que a aprendizagem orientada pela gamificação pode ser usada para encorajar os alunos, para promover ações motivacionais, influenciar no comportamento, dirigir ações de inovação, construir habilidades e adquirir conhecimento. Para um melhor entendimento de como essas habilidades podem ser desenvolvidas e medidas, é apresentado, na Figura 3, um conjunto de indicadores de engajamento.

Figura 3 - Indicadores de engajamento



Fonte: Elaborado pela autora (2024), a partir de Seixas (2014).

Kapp (2012) frisa que o engajamento está diretamente relacionado à qualidade da experiência educacional, com ambientes que promovem a interação social e o *feedback* constante sendo mais eficazes em manter os alunos motivados e comprometidos com suas atividades. Dado a esse pressuposto, Cieslak, Mourão e Paixão (2020) enfatizam a gamificação como uma metodologia ativa e motivadora, que pode ser utilizada para transfigurar o processo educacional ao engajar os alunos de maneira mais eficaz.

Desta forma, a utilização de plataformas gamificadas, tem mostrado resultados positivos na promoção do engajamento, ao permitir que os alunos participem ativamente através de *quizzes* interativos que reforçam o aprendizado (Espig; Domingues, 2020).

2.2 TEORIAS DA APRENDIZAGEM APLICADAS AO *DESIGN* DE JOGOS

O campo da educação abrange um espectro de concepções pedagógicas que buscam explicar o fenômeno da aprendizagem. Para a fundamentação de um arcabouço voltado ao desenvolvimento de jogos digitais interativos, optou-se por selecionar as teorias que informam diretamente o *design* de experiências de aprendizagem ativas e mediadas pela tecnologia. As seções a seguir aprofundam-se em três abordagens específicas: a Cognitivista, a Construtivista e a Sociocultural, escolhidas por sua aplicabilidade na estruturação de JED.

2.2.1 Cognitivista

Segundo Camillo e Medeiros (2018), a cognição é o conjunto dos processos mentais que subsidiam o pensamento, a percepção, a classificação, o reconhecimento e a compreensão das informações para a interpretação geral, por meio do raciocínio, dos sistemas e de soluções de problemas. Durante os processos de ensino e de aprendizagem, que ocorrem no ambiente escolar (Castro; Santos; Silva Cruz, 2013), o aluno, o professor e o processo de aprendizagem são elementos centrais para que o desenvolvimento da escola seja possível.

Castro, Santos e Silva Cruz (2013, p. 554) afirmam ainda que “a corrente cognitivista foca nos processos de cognição, por meio dos quais a pessoa atribui significados à realidade em que se encontra”. Dessa forma, o cognitivismo prioriza os processos de compreensão, transformação, apropriação e uso da informação envolvidos na cognição. Camillo e Medeiros (2018, p. 76) apontam que, “para os cognitivistas, a aprendizagem é estruturada e idealizada como um processo de aquisição de esquemas de resposta e de adaptações sucessivas ao meio”. A teoria cognitivista, defendida por Bruner (1966), Piaget (1954) e Ausubel (1963), foca nos processos mentais envolvidos na construção do conhecimento e propõe diferentes abordagens sobre como os indivíduos adquirem, processam e aplicam informações.

Bruner (1915-2016), psicólogo cognitivista, desenvolveu a teoria da aprendizagem por descoberta e o conceito de currículo em espiral, na qual defendeu que qualquer conteúdo pode ser ensinado a qualquer aluno, desde que adaptado ao seu estágio cognitivo. Bruner (1966) diferenciou os modos de representação mental para a aprendizagem em: o inativo, o icônico e o simbólico. O primeiro, associado à faixa etária de zero a um ano, refere-se ao aprendizado por ação física, como a

manipulação de objetos. O modo icônico (um – seis anos) envolve o uso de imagens mentais para representar e codificar informações. Já o modo simbólico, que começa por volta dos sete anos, envolve a capacidade de abstração por meio da linguagem e de símbolos matemáticos. Bruner (1966) também introduz o conceito de currículo em espiral, no qual conceitos complexos são revisitados de maneira gradual e permite uma compreensão cada vez mais profunda conforme o desenvolvimento cognitivo do aluno. O autor chama atenção para a importância da descoberta guiada, na qual o aluno é incentivado a explorar ativamente problemas, e que resulta na aprendizagem por meio da interação e exploração do ambiente.

Por sua vez, Piaget (1896-1980), biólogo e epistemólogo suíço, propõe que a aprendizagem ocorre por meio de quatro estágios de desenvolvimento cognitivo: o sensorimotor (zero – dois anos), em que o bebê desenvolve habilidades motoras e começa a perceber os objetos como entidades separadas; o pré-operacional (dois–sete anos), fase em que surgem o pensamento simbólico e o egocentrismo; o operacional concreto (sete – 11 anos), no qual o raciocínio lógico é aplicado a objetos tangíveis; e o operacional formal (11 anos em diante), em que se desenvolve a capacidade de abstração e o raciocínio hipotético-dedutivo (Piaget, 1954). O autor descreve os processos de assimilação e acomodação como principais para o desenvolvimento cognitivo. A assimilação envolve a incorporação de novas informações a esquemas mentais já existentes, enquanto a acomodação exige a reorganização desses esquemas para lidar com novas informações. O equilíbrio entre esses dois processos, denominado equilíbrio, promove o desenvolvimento cognitivo e a adaptação do sujeito à realidade (Piaget, 1954).

Ausubel (1918-2008), psicólogo e teórico da aprendizagem significativa, oferece um contraponto à memorização mecânica. Ele defende que a aprendizagem só se torna significativa quando o conhecimento novo estabelece uma conexão lógica e não arbitrária com os subsunçores, ou seja, com os conceitos pré-existentes na estrutura cognitiva do aluno (Ausubel, 1963). Para Ausubel (1963), o fator que mais influencia a aprendizagem é aquilo que o aluno já sabe. Desse modo, a primeira e mais importante tarefa do educador é descobrir essa estrutura cognitiva prévia. É precisamente neste ponto que sua teoria fundamenta a aplicação de um pré-teste na presente pesquisa. O pré-teste não funciona apenas como uma medida de conhecimento inicial, mas como um instrumento diagnóstico que permite mapear os subsunçores dos alunos sobre o tema. Ao identificar o que os alunos já

compreendem, o pré-teste fornece a base para que a intervenção pedagógica (o jogo) seja desenhada de forma a ancorar os novos conceitos de maneira eficaz, o que potencializa a retenção e a aplicação do saber.

Outra perspectiva influente que transita entre o behaviorismo e o cognitivismo é a de Gagné (1916-2002) psicólogo educacional. O autor propõe um modelo sistemático de *design* instrucional, conhecido como os Nove Eventos de Instrução. Este modelo descreve uma sequência hierárquica de ações que visam otimizar a aprendizagem, desde a obtenção da atenção do aluno até a avaliação do desempenho. A abordagem de Gagné (1965) é relevante para os JED, pois a estrutura de muitos jogos espelha seus eventos: apresentam um estímulo (o desafio), fornecem orientação (regras), elicitam o desempenho (exigem uma resposta) e oferecem *feedback* imediato (reforço). Contudo, a teoria de Gagné (1965), com suas raízes no estímulo-resposta, alinha-se bem ao algoritmo de um jogo, que opera dentro de um conjunto pré-definido de possibilidades. Essa estrutura pode restringir a aprendizagem por descoberta, defendida por Bruner (1966), ou a construção de conhecimento a partir de desequilíbrios complexos, como propõe Piaget (1954).

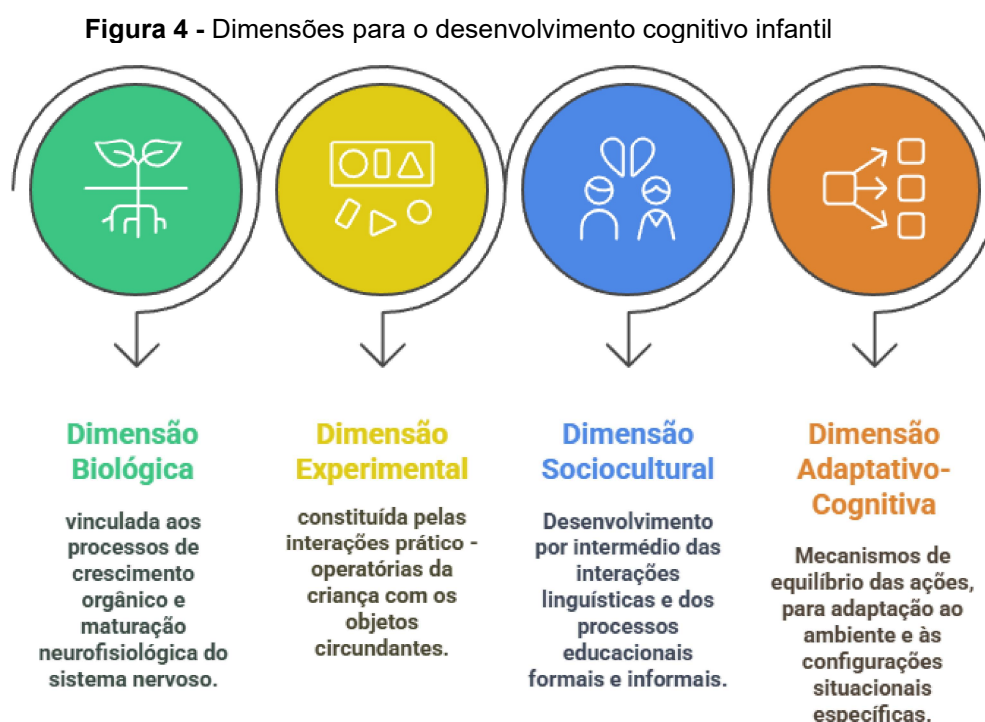
As teorias supracitadas fundamentam a aplicação de JED ao enfatizarem a construção ativa do conhecimento. Bruner (1966) demonstra a descoberta guiada e o currículo em espiral, que se alinham à estrutura progressiva dos jogos. Piaget (1954) explica a aprendizagem a partir dos estágios do desenvolvimento, nos quais os alunos podem ser desafiados por problemas que estimulam a reconstrução de esquemas mentais. Ausubel (1963) reforça a importância da aprendizagem significativa, que justifica o uso de um pré-teste para identificar os subsunçores dos alunos. Por fim, Gagné (1965) oferece um modelo sistemático que, embora justifique a eficácia da estrutura de estímulo-resposta dos jogos, também expõe suas limitações para a aprendizagem por descoberta, um fator a ser considerado no *design* do AMP.

2.2.2 Construtivista

O construtivismo, conforme proposto por Piaget (1970), fundamenta-se na ideia de que o conhecimento não é transmitido de forma passiva, mas construído ativamente pelo aprendiz por meio da interação com o meio e da resolução de desequilíbrios cognitivos. Diferentemente de sua abordagem anterior no

cognitivismo, que enfatiza os processos internos de assimilação e acomodação, o construtivismo reforça o papel das interações socioculturais e da experimentação na aprendizagem, o que torna o sujeito um agente ativo na construção do saber.

Piaget (1970) identifica quatro dimensões (Figura 4) interdependentes para o desenvolvimento cognitivo infantil:



Fonte: Elaborado pela autora (2025), baseado em Piaget (1970).

No contexto educacional, a teoria construtivista reforça a necessidade de metodologias que incentivem a experimentação, a resolução de problemas e a participação ativa dos alunos no processo de aprendizagem. No entanto, observa-se que o paradigma educacional vigente ainda se ancora em estratégias instrucionais tradicionais, muitas vezes baseadas na memorização e na transmissão de conteúdos de forma unidirecional, o que dificulta o desenvolvimento de competências metacognitivas necessárias para a análise crítica dos constructos científicos abordados (Fernandes *et al.*, 2018). Segundo os autores, isso reforça a necessidade de uma remodelação epistemológico-metodológica, na qual abordagens construtivistas sejam efetivamente incorporadas ao ensino.

Uma resposta a essa necessidade de remodelação encontra-se na aplicação das tecnologias digitais. Segundo Costa, Guimarães e Grossi (2014, p. 378), um AVA pode ser mais do que uma mera ferramenta, tendo em vista que "pode ser

considerado uma proposta educacional, pois proporciona uma aprendizagem colaborativa e mediada por diversos sujeitos sociais que atuam efetivamente para a construção do conhecimento".

2.2.3 Sociocultural

Vygotsky (1896–1934), psicólogo russo e precursor da teoria sociocultural da aprendizagem, estabelece que o desenvolvimento cognitivo ocorre por meio da interação social e do uso de ferramentas culturais. Essa perspectiva fundamenta-se na ideia de que a aprendizagem se dá na participação ativa em práticas socioculturais (Vygotsky, 2003). No campo da educação mediada por tecnologia, esse tratamento adquire relevância ao integrar os princípios da Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP), da mediação simbólica, e da atividade coletiva orientada a objetivos.

Na perspectiva de Vygotsky (2003), a aprendizagem não é somente uma aquisição de informações e tampouco ocorre a partir da simples associação de ideias armazenadas na memória, mas gera um processo interno, ativo e interpessoal. Sendo assim, o autor entende o homem como um ser histórico e produto de um conjunto de relações sociais. Vygotsky (2003) trabalha com dois níveis de desenvolvimento: o Desenvolvimento Real (ZDR) e o Desenvolvimento Potencial (ZDP)

Sobre o tema, Moraes (2013) esclarece que:

O desenvolvimento real é o que a criança consegue fazer sozinha (etapas alcançadas, já conquistadas pela criança), porque já tem um conhecimento consolidado. O Desenvolvimento Potencial é aquilo que a criança pode realizar com a ajuda dos outros (adultos ou companheiros mais capazes), que ainda não domina, mas que poderá dominar com ajuda de alguém mais experiente. Entre esses dois níveis está a zona de desenvolvimento proximal (ZDP), que é a distância entre o nível de desenvolvimento real e o nível de desenvolvimento potencial, determinado através da solução de problemas sob a orientação de um adulto ou em colaboração com companheiros mais capazes. Para Vygotsky todo ambiente social é uma ZDP, o comportamento não é consequência da maturação e sim da interação, evidenciando a importância na educação e no papel do professor como criadores da ZDP (Moraes, 2013, p. 14).

O autor ainda afirma que o desenvolvimento cognitivo das crianças é amplamente influenciado pela interação com adultos e colegas mais experientes. Em jogos digitais, foco desta pesquisa-ação, essa mediação pode ser observada quando jogadores mais experientes ajudam novatos a entender as mecânicas do

jogo e a resolver problemas complexos, promovendo assim um aprendizado colaborativo.

2.2.3.1 Fundamentos da Teoria da Atividade

A Teoria Histórico-Cultural da Atividade, ou simplesmente Teoria da Atividade, engendra-se a partir de Vygotsky (1978). Na primeira geração da teoria, o autor introduziu a ideia de que a ação humana não é uma resposta direta a um estímulo, mas é sempre mediada por ferramentas culturais (artefatos) e sistemas de signos (como a linguagem). A unidade de análise, para ele, era a ação individual, mas já compreendida dentro de um contexto cultural.

Leontiev (1978), por sua vez, expandiu essa noção, propondo uma distinção hierárquica entre atividade, ação e operação. Para o autor, a atividade é o nível mais amplo, orientada por um motivo coletivo; a ação é um processo individual, orientado a uma meta consciente; e a operação refere-se às condições objetivas para a realização da ação, muitas vezes de forma automática. Essa segunda geração da teoria permitiu analisar a relação entre a consciência individual e a atividade coletiva.

Conforme aponta Engeström (2013), a teoria continuou a evoluir, chegando a uma terceira geração que busca compreender sistemas de atividade mais complexos e as interações entre eles. Independentemente da geração, a Teoria da Atividade se apoia em princípios, como a mediação por artefatos, a orientação a um objeto/objetivo, e a unidade entre a consciência (processos internos) e a atividade (processos externos), que se transformam mutuamente (Martins, 2001).

É precisamente na aplicação desses princípios que a Teoria da Atividade (Vygotsky, 1978; Leontiev, 1978; Engeström, 2013) fundamenta a presente pesquisa. Um JED, no contexto desta teoria, pode ser compreendido como um artefato cultural complexo, uma ferramenta que medeia a relação do aluno com o conhecimento. A narrativa e os personagens funcionam como mediadores simbólicos, enquanto as mecânicas do jogo (desafios, *quizzes*) estruturam as ações do aluno em direção a uma meta (resolver o enigma da Segunda Lei de Mendel). A atividade mais ampla, por sua vez, é a própria aprendizagem, orientada pelo motivo de compreender um conteúdo curricular.

No entanto, a aplicação dessa teoria em artefatos digitais como os jogos exige uma reflexão crítica. Apesar do potencial, a automação em jogos pode restringir a ZDP. As interações padronizadas, como as respostas pré-programadas

de NPC (*Non-Player Characters* – personagens não jogáveis), ilustram essa limitação. De acordo com o referencial teórico de Vygotsky (1978), um suporte que ignora as particularidades e o ritmo de cada aprendiz resulta ineficaz. Em oposição a esse modelo, a mediação humana se mostra mais flexível. Pappas (2014), argumenta que o suporte oferecido por jogadores em comunidades *online* de *Minecraft* é dinâmico e permite ajustes que atendem a diferentes estilos cognitivos.

2.2.3.2 Scaffolding embutido e adaptação dinâmica

Vygotsky (1978) menciona que a mediação por ferramentas culturais (como linguagem e símbolos) permite internalizar conhecimentos. Em *Minecraft Education*, por exemplo, o *scaffolding* (suporte instrucional temporário que auxilia a aprendizagem até que o aluno alcance autonomia) é integrado à interface por meio de tutoriais contextuais que ajustam o nível de desafio conforme o progresso do jogador. O jogo aplica, por exemplo, o conceito de *scaffolding* (andaime), definido por Wood, Bruner e Ross (1976) como um suporte que é gradualmente removido. Ao ensinar programação básica, o sistema oferece instruções detalhadas no início e as retira conforme o jogador demonstra domínio dos comandos. Tal processo está alinhado ao princípio vygotskyano de que a assistência deve ser contingente e temporária, para que o aprendiz possa assumir o controle progressivo da atividade (Vygotsky, 1978).

A eficácia da mediação na ZDP foi quantificada por estudos como o de Freund (1990). Em sua pesquisa com 60 crianças (de 3 a 5 anos), que realizaram uma tarefa de organização de móveis em uma casa de bonecas, registrou-se um desempenho 40% superior no grupo que recebeu orientação adulta (mediação) em comparação com o que trabalhou sozinho. Esse papel do mediador, ou *par mais capaz*, encontra um análogo funcional nos algoritmos de jogos digitais. Por meio de sistemas conhecidos como Ajuste Dinâmico de Dificuldade (*Dynamic Difficulty Adjustment*), o jogo assume a tarefa de *scaffolding* e analisa continuamente os dados de desempenho do jogador para identificar dificuldades e, então, implementa intervenções precisas. Tais intervenções (*scaffolding*) são suportes temporários que visam auxiliar o aluno a realizar uma tarefa que, de outra forma, estaria fora de seu alcance (Wood; Bruner; Ross, 1976).

2.2.3.3 Colaboração distribuída

Vygotsky (1978) enfatiza que a internalização de conceitos ocorre mediante interações sociais mediadas por signos. Em jogos *multiplayer* como *Roblox*, uma plataforma *online* massiva na qual usuários criam e compartilham seus próprios mundos e jogos, disponível para computadores, dispositivos móveis e consoles, a colaboração entre jogadores (mesmo à distância) simula a *fala interior* descrita pelo autor (Bluemink, 2011). Por exemplo, ao construir um mundo virtual coletivamente, os jogadores negociam regras, compartilham técnicas e resolvem conflitos em tempo real, processo que exige coordenação de perspectivas e uso estratégico de avatares como ferramentas simbólicas (Bluemink, 2011).

A colaboração nesses espaços pode ocorrer de duas formas: síncrona, quando os jogadores interagem em tempo real para resolver problemas, como na construção simultânea de um mundo virtual (Steinkuehler; Duncan, 2008); e assíncrona, quando as contribuições ocorrem de maneira espaçada no tempo, como na criação e compartilhamento de *mods* – abreviação de *modifications* (modificações, em português), que são alterações feitas por jogadores no código ou nos elementos de um jogo para expandir funcionalidades, adicionar novos conteúdos ou modificar regras preexistentes (Sotamaa, 2010). Esse último modelo amplia a participação de jogadores que podem interagir com conteúdos criados por outros jogadores, mesmo sem estarem conectados simultaneamente.

Alves e Hostins (2019) ilustraram como alunos com deficiência intelectual desenvolveram conceitos abstratos (ex.: lógica de programação) ao debater soluções para problemas concretos, como fazer um personagem pular. Inicialmente, os alunos expressavam noções espontâneas *baixar da internet*, mas, mediante a mediação de pesquisadores, reformularam hipóteses e construíram conhecimentos mais estruturados. Essa transição ilustra o conceito de Vygotsky (1978) sobre a passagem de conceitos espontâneos para conceitos científicos. Esse salto qualitativo só foi possível pela combinação de três elementos: um objetivo compartilhado (projetar um jogo funcional), o uso de ferramentas culturais digitais (editores de código e avatares 3D) e a negociação de regras (limitações técnicas impostas pelo motor gráfico) (Alves; Hostins, 2019).

2.3 TEORIA DA CARGA COGNITIVA EM JOGOS EDUCACIONAIS

A Teoria da Carga Cognitiva (TCC), proposta por Sweller (1988), fundamenta-se em uma análise da arquitetura cognitiva humana. Essa estrutura, que segundo Santos e Tarouco (2007, p. 2) “inclui três sistemas de memória: a memória sensorial, a memória de curta duração e a memória de longa duração”, opera com base em regras e limitações específicas. O pilar da TCC reside na premissa de que a memória de trabalho (ou de curta duração), em particular, possui uma capacidade limitada para processar informações novas. O ponto de partida para a quantificação dessa limitação foi quando Miller (1956) introduziu o *número mágico de 7 ± 2* . Contudo, é um equívoco interpretar esse número como uma capacidade para sete itens isolados; o autor já denotava que o limite se referia a *chunks*, ou seja, unidades de informação já organizadas e com significado na memória de longo prazo.

A pesquisa contemporânea, no entanto, refinou drasticamente essa estimativa. Cowan (2001) mediu a capacidade *pura* da memória de trabalho, ao utilizar metodologias que controlam o uso de estratégias compensatórias, como o agrupamento (*chunking*). Sob essas condições, emergiu um novo consenso científico: a capacidade real da memória de trabalho para lidar com elementos novos é de apenas 4 ± 1 *chunks* (Cowan, 2001). Essa descoberta não invalida a importância de Miller (1956), mas revela que o gargalo cognitivo é ainda mais restrito do que se pensava, reforçando a principal premissa da TCC: qualquer *design* instrucional que não gerencie a sobrecarga desse sistema limitado corre o risco de ser ineficaz.

Essa teoria categoriza três tipos distintos de carga cognitiva no processo de aprendizagem: intrínseca, associada à complexidade inerente do conteúdo; extrínseca, resultante de inadequações no *design* instrucional; e relevante, que contribui efetivamente para a construção do conhecimento (Sweller, 2003). A implementação adequada desses princípios visa mitigar a sobrecarga cognitiva que, conforme Santos (2009), compromete a eficiência dos processos psicológicos de aprendizagem.

Santos e Tarouco (2007) evidenciam que recursos tecnológicos, independentemente de seu potencial motivacional, podem não estar alinhados aos processos cognitivos humanos e compromete a eficácia da aprendizagem. Jogos estruturados conforme princípios cognitivos podem otimizar a minimização da carga

extrínseca através de estruturas instrucionais intuitivas, simultaneamente promovendo carga cognitiva relevante mediante interações que catalisam a construção ativa do conhecimento (Nunes; Giraffa, 2003).

A implementação dos princípios da TCC em JED demanda atenção específica aos elementos multimídia. De acordo com Mayer e Moreno (2003), os alunos aprendem melhor quando palavras e imagens são apresentadas simultaneamente, ao invés de isoladamente, desde que respeitando os limites do processamento cognitivo. Os autores propõem o *princípio da contiguidade espacial*, segundo o qual "os alunos aprendem melhor quando palavras e imagens correspondentes são apresentadas próximas umas das outras na página ou tela, ao invés de distantes umas das outras" (Mayer; Moreno, 2003, p. 49). Van Merriënboer e Sweller (2005, p. 150) corroboram com esta perspectiva ao sustentar que "a TCC enfatiza que a memória de trabalho é extremamente limitada quando lida com novas informações [...] estas limitações são críticas quando os materiais de aprendizagem são complexos e os alunos são novatos".

Portanto, o *design* instrucional ou o educador deve considerar a natureza limitada da memória de trabalho. Santos e Tarouco (2007) postularam que a seleção criteriosa de ferramentas digitais interativas potencializa os processos cognitivos e estabelece convergência entre engajamento e efetividade instrucional. A integração de narrativas visuais sequenciais com elementos avaliativos, como proposto no modelo em análise nesta dissertação, facilita a retenção e aplicação conceitual ao alinhar o *design* instrucional com as capacidades de processamento cognitivo humano, otimizando a utilização da memória de trabalho e a transferência para a memória de longo prazo (Mossmann, 2015).

Ao analisar as estratégias cognitivas voltadas para a aprendizagem, é relevante investigar como os formatos de apresentação da informação interferem no engajamento e na retenção do conhecimento. As narrativas, segundo Bruner (1990), constituem um modo de pensamento que organiza a experiência humana, na qual promove conexões entre os conteúdos apresentados. Jenkins (2003) corrobora ao enfatizar que essa abordagem amplia as possibilidades de construção e compartilhamento de saberes, além de criar novas experiências de aprendizagem. Segundo Moran (2015), o uso de múltiplas plataformas, como ocorre na narrativa transmídia, pode potencializar a integração de diferentes mídias para enriquecer o processo educacional, tornando-o mais dinâmico e interativo.

2.4 TEORIA DA POTÊNCIA DE AGIR: A MOTIVAÇÃO E AFETO NO PROCESSO DE APRENDER

Se a TCC oferece o suporte para o *design* da dimensão instrucional de um JED, ela não explica, por si só, o que move o aluno a se engajar com o desafio de aprender. Uma abordagem cognitivista mostra-se insuficiente para compreender a motivação, uma vez que os processos de cognição e emoção são indissociáveis e a razão não opera de forma desvinculada dos afetos (Damásio, 1996). Para fundamentar a dimensão afetiva da aprendizagem, esta pesquisa recorre ao filósofo Spinoza (2009) e seu conceito de potência de agir.

Para Spinoza (2009), todo ser é definido por um esforço (*conatus*) de perseverar em sua própria existência, ou seja, de expandir sua capacidade de agir no mundo. Essa potência de agir não é um estado fixo; ela aumenta ou diminui constantemente a partir dos encontros que temos com outros corpos, ideias e objetos. Spinoza (2009) denominou dois afetos primários a essas variações da potência: Alegria (*laetitia*): Ocorre quando um encontro aumenta nossa potência de agir, correspondendo a uma passagem para um estado de maior capacidade; e a Tristeza (*tristitia*): Ocorre quando um encontro diminui nossa potência de agir, correspondendo a uma passagem para um estado de menor capacidade.

Aprender, sob esta ótica, deixa de ser um ato racional para se tornar um processo intensamente afetivo. A motivação não deriva de recompensas externas, mas da busca ativa por *bons encontros*, aqueles que geram afetos alegres. Um aluno se engaja em uma atividade porque a própria atividade o fortalece, aumenta sua capacidade de pensar e agir, e lhe proporciona a alegria de se sentir mais potente (Paula, 2009). A passagem da passividade à atividade, da paixão (ser afetado por causas externas que não compreendemos) à ação (ser a causa adequada de nossos atos), constitui o percurso ético e pedagógico proposto por Spinoza (Chauí, 2016).

É neste ponto que a filosofia espinosana fundamenta diretamente o arcabouço proposto nesta pesquisa. O arcabouço buscar agregar como um guia metodológico para projetar intencionalmente uma experiência que afete o aluno de alegria. Cada elemento do jogo (a mecânica de um desafio, a clareza de uma interface, a progressão de uma tarefa) é um encontro em potencial. Quando bem desenhado, pode permitir que o aluno supere um obstáculo e compreenda um conceito (Paula, 2009).

Esse momento de superação e compreensão é a manifestação de um aumento da sua potência de agir, a experiência concreta da alegria que o motiva a perseverar no aprendizado (Chauí, 2016). Desse modo, a presente dissertação argumenta, portanto, que a eficácia de um JED reside em seu ajuste conceitual, bem como em sua potência afetiva. O AMP busca sistematizar práticas que resultem em jogos capazes de promover a passagem do aluno de uma condição passiva, de receptor de conteúdo, para uma condição ativa, de sujeito que constrói conhecimento e se fortalece nesse processo.

2.5 O *STORYTELLING* COMO FERRAMENTA AFETIVA E PEDAGÓGICA

Bruner (2014) afirmou que o senso comum sustenta a forma da história como uma janela transparente para a realidade e não uma forma de bolo que lhe impõe um molde. De acordo com o autor, a contação de histórias configura-se simultaneamente como processo social e individual. Culturalmente, transmite-se conhecimento através da relação dialógica entre narrador e ouvinte. Individualmente, possibilita a construção identitária, permitindo que os sujeitos se compreendam e se posicionem no tecido social. Conforme apontam Sylaiou e Dafiotis (2020), a arte de contar histórias transcende a simples comunicação verbal e, é concebida como um complexo processo de intercâmbio cultural e cognitivo. Essa arte caracteriza-se pela capacidade de entrelaçar elementos factuais e imaginativos que transformam experiências individuais em narrativas coletivamente importantes.

Segundo Maraffi e Sacerdoti (2018), a narrativa emerge como estratégia universal de construção de conhecimento, que perpassa por diferentes sociedades e se adapta continuamente às transformações socioculturais. Sua plasticidade permite que informações sejam compartilhadas de maneira envolvente, ao superar barreiras linguísticas e geracionais. A compreensão do ST ultrapassa a simples transmissão de informações, figurando-se como um complexo processo de mediação cognitiva e sociocultural, conforme postulam os autores:

A mediação dos seres humanos entre si e deles com o mundo ocorre através de instrumentos e signos. Os instrumentos permitem que este homem seja capaz de transformar a natureza e intervir no mundo, como a caneta para escrever ou a vassoura para varrer (Faria; Dietrich; Gomes, 2018, p. 232).

Ainda, os mesmos autores estabelecem uma distinção entre instrumentos e signos, elementos nucleares na constituição de processos educacionais e psicológicos:

A contação de histórias é um instrumento para a articulação de signos e objetos e pode, por isso, ser um meio para construção de conhecimento. Sem considerar, por enquanto, sua relação com os sentimentos, imaginação e o uso da linguagem na educação infantil, faz-se necessário, em princípio, examinar seu papel enquanto mediador de aspectos simbólicos (Faria; Dietrich; Gomes, 2018, p. 233).

Os instrumentos, compreendidos como recursos materiais ou simbólicos, caracterizam-se pela potencialidade transformadora da realidade (Dietrich; Gomes, 2018). Não se configuram como meros objetos disponíveis, mas como mediadores intencionais para resolução de problemas e antecipação de cenários futuros. Segundo os autores, diferentemente de outros organismos, os seres humanos desenvolvem a capacidade de projetar e ressignificar suas ferramentas. Faria, Dietrich e Gomes (2018) reforçam ainda que os signos emergem como instrumentos psicológicos que transcendem a materialidade, operando no campo das representações mentais. Esses signos funcionam como sistemas simbólicos que possibilitam a interpretação da realidade, potencializando processos mnemônicos, temporais e espaciais. Palavras, gestos e imagens traduzem-se como representações capazes de evocar objetos e experiências não necessariamente presentes, ampliando exponencialmente as possibilidades cognitivas humanas.

Bruner (2014) aprofundou essa compreensão ao problematizar a natureza das narrativas. Para o autor, as histórias não são visíveis, janelas transparentes da realidade, mas estruturas complexas que moldam nossa percepção e interpretação do mundo. Cada narrativa carrega mensagens implícitas, muitas vezes, imperceptíveis até mesmo para o próprio narrador, que orientam nossa compreensão das experiências. Bruner (2014) argumentou que a narrativa é um dispositivo sofisticado para gerir a imprevisibilidade, pois, ao enquadrar o erro e a surpresa em convenções de gênero como a comédia, a tragédia ou a ironia, ela converte a aleatoriedade em padrões compreensíveis. Esse processo não só explica eventos, mas prepara os indivíduos para lidar com a complexidade e a incerteza. Para este autor, histórias certamente não são inocentes. Elas sempre carregam uma mensagem, muitas vezes tão bem camufladas que nem mesmo o narrador conhece ao certo (Bruner, 2014). De acordo com o autor:

não importa que todos saibamos, por exemplo, que os universos das boas histórias são povoados por protagonistas voluntariosos, cheios de coragem ou terror ou malevolência idealizados, que têm de lidar com obstáculos aos seus desejos tão preternaturais, ou até preternaturalmente comuns. Não importa que saibamos, também implicitamente, que o mundo real não é 'realmente' desse jeito, que existem convenções narrativas regendo os mundos contados. Isto porque nós também nos agarramos a modelos narrativos da realidade e os utilizamos para moldar nossas experiências diárias (Bruner, 2014, p.17, *tradução nossa*).⁶

Em se tratando do desenvolvimento infantil, as crianças ingressam cedo no universo da narrativa. Elas desenvolvem expectativas sobre como o mundo deveria ser, e suas expectativas revelam inclinações estranhas, tal qual ocorre com os adultos. “O fascínio pelo inesperado domina suas primeiras brincadeiras” (Bruner, 2014, p. 41) e, são até mesmo atraídas pelo inusitado.

No campo educacional, Miller (2014) e Wang e Ku (2010) convergem para compreender as narrativas como ferramentas pedagógicas sofisticadas. Sua capacidade de condensar informações complexas em estruturas compreensíveis permite que conceitos abstratos sejam traduzidos em experiências próximas e acessíveis aos alunos. Zarei e Ramezankhani (2018) argumentam que as narrativas digitais ultrapassaram a mera transmissão informacional. Funcionam como dispositivos de estímulo cognitivo e emocional, provocando nos alunos processos de identificação, reflexão e ressignificação de saberes. Ao mobilizar dimensões subjetivas da aprendizagem, promovem um engajamento mais profundo com os conteúdos.

Segundo DiFulvio *et al.* (2016), o potencial do ST reside na capacidade de conectar dimensões individuais e coletivas da experiência humana. Cada história carrega não apenas informações, mas possibilidades de compreensão, transformação e construção de sentidos compartilhados. Nair e Md Yunus (2022) corroboram essa perspectiva, compreendendo as narrativas contemporâneas como mais do que instrumentos comunicacionais, estabelecendo-se como tecnologias sociais de aprendizagem, capazes de conhecimentos articulares, emoções e perspectivas diversas.

⁶ No original: "No matter that we all know, for example, that the worlds of good stories are peopled by willful protagonists, full of idealized courage or terror or malevolence, who have to deal with obstacles to their desires that are just as preternaturally brewed, or even preternaturally common. No matter that we know, also implicitly, that the real world isn't 'really' like that, that there are narrative conventions governing told worlds. For we also seize upon narrative models of reality and use them to shape our daily experiences."

2.6 NARRATIVAS TRANSMÍDIAS

O termo de *narrativa transmídia* surgiu como uma resposta às transformações nas formas de contar histórias em um mundo cada vez mais conectado e multimidiático. Embora o termo tenha sido utilizado pela primeira vez por Kinder (1991), em seu livro intitulado *Playing with Power in Movies, Television and Video Games*, foi Jenkins (2003) quem popularizou e definiu o conceito em seu artigo intitulado *Transmedia Storytelling*. O autor descreve a narrativa transmídia como uma nova estética que se desenvolve em resposta à convergência das mídias, em que "cada meio faz o que faz de melhor para que a história possa ser introduzida num filme, expandida através de televisão, romances e quadrinhos" (Jenkins, 2003, p. 2). O autor ainda define o conceito da seguinte maneira:

A narrativa transmídia representa um processo onde elementos integrais de uma ficção são dispersos sistematicamente por múltiplos canais de entrega com o propósito de criar uma experiência de entretenimento unificada e coordenada. Idealmente, cada meio dá a sua contribuição única para o desenrolar da história (Jenkins, 2003, p. 2, *tradução nossa*).⁷

Posteriormente, Jenkins (2006, p. 95) expandiu essa ideia ao afirmar que “o futuro do entretenimento está na capacidade de mover histórias e personagens através de mídias que possam convergir livros, jogos e filmes em uma única experiência narrativa”. O autor já explicitava a emergência de um novo modo de criar e apreciar narrativas. Jenkins (2006) observou o fenômeno como o surgimento de histórias que se desenrolam através de múltiplas plataformas de mídia, cada uma contribuindo de maneira distinta e autônoma para a construção de um universo diegético coerente e complexo. O autor ainda explicou que:

[...] uma história transmídia se desenrola em múltiplas plataformas de mídia, com cada novo texto fazendo uma contribuição distinta e valiosa para o todo. Na forma ideal de narrativa transmídia, cada meio faz o que faz melhor - de modo que uma história possa ser introduzida em um filme, expandida por meio de televisão, romances e quadrinhos; seu mundo pode ser explorado através de jogos ou experimentos como uma atração de parque de diversões. Cada entrada da franquia precisa ser autossuficiente para que não seja necessário ter visto o filme para aproveitar o jogo, e vice-versa (Jenkins, 2006, p. 97-98).

⁷ No original: “[...] a transmedia story unfolds across multiple media platforms, with each new text making a distinctive and valuable contribution to the whole. In the ideal form of transmedia storytelling, each medium does what it does best—so that a story might be introduced in a film, expanded through television, novels, and comics; its world might be explored through game play or experienced as an amusement park attraction. Each franchise entry needs to be self-contained so you don't need to have seen the film to enjoy the game, and vice-versa.”

Uma narrativa transmídia se desenrola por meio de múltiplas plataformas de mídia, com cada novo texto contribuindo de maneira distinta para o todo, representa uma nova espécie de relação entre os receptores, pautada na convergência de plataformas, exigindo não somente sua participação, como também, a interrelação dos agentes (Vieira; Munaro, 2019). Na forma ideal de narrativa transmídia, cada meio faz o que pode fazer da melhor maneira, inserindo uma história num filme ou divulgando-a pela televisão, sem que a apreciação de uma dependa da outra, ou seja, não é preciso assistir ao filme para gostar dos quadrinhos e assim por diante (Jenkins, 2009).

Cada canal apresenta blocos narrativos que, somados, compõem um arco narrativo maior. Para acessar este arco em sua totalidade, o receptor precisa transitar por todos os canais, com cada um explorando seus principais elementos expressivos para expandir as possibilidades dos demais, enriquecendo a experiência de leitura. Contudo, Jenkins (2009) ressalta que o acesso a cada canal deve ser autônomo, de modo que a perda de um dos blocos não comprometa a compreensão do todo nem daquele bloco específico.

Abba (2009) discutiu como as estruturas transmídia causam efeito na interação com a história, e ressalta que a elaboração de formas híbridas provoca uma interpenetração entre essas estruturas. Ele utiliza como exemplo a novela *O Mundo Que Se Foi* (*The Gone-Away World*), de Nick Harkaway⁸, na qual a seção de abertura estabelece o cenário pós-guerra de maneira semelhante à estreia de uma série de TV. Abba (2009) observou que a narrativa é construída com ganchos narrativos e indícios do que está por vir e menciona ainda que “Harkaway estrutura sua novela para ressoar com um público familiarizado com narrativas episódicas, exigindo uma atenção cada vez mais próxima” (Abba, 2009, p. 69). Esta tendência contemporânea integra diferentes mídias e formatos narrativos e pode permitir que os leitores se tornem participantes ativos na construção da história, ao invés de meros espectadores passivos.

O conceito de narrativa transmídia está intimamente ligado à ideia de *crossmedia*, no qual o conteúdo é replicado em diferentes mídias (Gosciola; Versuti, 2012). No entanto, enquanto a *crossmedia* envolve a adaptação direta de uma

⁸ Nick Harkaway, pseudônimo de Nicholas Cornwell (nascido em 1972), é um romancista britânico conhecido por suas obras que mesclam ficção especulativa, espionagem e humor. Ele é autor de livros aclamados como *The Gone-Away World* (*O Mundo Que Se Foi*), *Angelmaker* e *Gnomon*. É também filho do célebre autor de romances de espionagem John le Carré.

história para novos meios (como um filme baseado em um livro), a narrativa transmídia busca explorar as particularidades de cada plataforma para enriquecer a história e permite uma ampliação da experiência do usuário ao interagir com a história em múltiplas frentes (Gosciola; Versuti, 2012).

As narrativas transmídia ampliam a diversidade da experiência do usuário e oferecem novas oportunidades para o ensino e a aprendizagem. No contexto educacional, tal abordagem viabiliza a construção de percursos formativos que dialogam com as práticas interativas das gerações contemporâneas, que contribui para um maior engajamento e uma mais efetiva retenção do conhecimento (Scolari *et. al.*, 2018).

A presente pesquisa fundamenta-se nesses princípios ao adotar o uso de múltiplas mídias e elementos narrativos integrados. A aplicação desses conceitos, conforme a teoria, pode intensificar a imersão do participante e facilita a construção do conhecimento, uma vez que a história se desenrola por meio de contribuições únicas de cada meio. Assim, é válido discutir de que forma a narrativa transmídia pode ser utilizada como uma ferramenta estratégica no processo de aprendizagem, conforme aprofundado na seção subsequente.

As gerações Y, também conhecida como *Millennials* (nascidos entre 1981 e 1996), e Z (1997-2012) representam os primeiros grupos demográficos que amadureceram em um contexto de rápida e contínua transformação digital. A Geração Z é a primeira a ter passado toda a sua adolescência sob a influência dos smartphones, o que moldou profundamente suas expectativas e comportamentos (Twenge, 2017). Segundo a autora, esses *nativos digitais* são caracterizados por uma forte expectativa de imediatismo, preferência por comunicação visual e interações rápidas, e um desejo de autonomia e personalização em suas experiências, inclusive na aprendizagem. Por essa razão, modelos educacionais tradicionais, que não acomodam essa necessidade de flexibilidade e acesso instantâneo à informação, são frequentemente percebidos como ineficazes por esses jovens (Twenge, 2017).

Rodrigues e Bidarra (2014) afirmam que a ruptura com os modelos educacionais tradicionais tem levado professores a explorar novas formas de aprendizagem que atendam às necessidades desse *novo aluno*, incorporando diferentes tipos de insumos, consumo de mídia e práticas produtivas, além de promover um ambiente mais centrado no aluno. Quando a aprendizagem é vista

como um processo em que o aluno ganha autonomia progressivamente, é importante que os recursos utilizados correspondam às suas escolhas pessoais. Assim, a evolução tecnológica se torna um suporte à aprendizagem, levando à intersecção entre conteúdos e ferramentas, na qual, o futuro dos materiais didáticos será indissociável do seu suporte tecnológico (García *et al*, 2010).

Wood (2014) argumentou que a aprendizagem narrativa emerge como uma abordagem para estimular a imaginação e a empatia dos alunos. Pesquisas em contextos cotidianos demonstram que a narrativa serve como um meio primordial para a resolução de problemas (Jonassen; Hernandez-Serrano, 2002). A narrativa transmídia pode abordar temas que ressoem com os alunos, e conectá-los ao conteúdo acadêmico, ao alinhar Recursos Educacionais Abertos (REA) com atividades do dia a dia.

Gosciola e Versuti (2012) categorizam a narrativa transmídia como um REA inovador, projetado para contar histórias expandidas que demandam intensa interatividade dos participantes. Kress (2003) argumenta que a alfabetização contemporânea requer habilidades para expressar ideias através de diversos sistemas de representação e significação, pois cada meio possui características únicas e estratégias próprias de produção e organização do conhecimento. Assim, os usuários navegam entre diferentes mídias e modos de representação, escolhendo as melhores formas de expressar suas ideias e decidir sobre a sequência narrativa e as plataformas a serem utilizadas (Gosciola, 2011).

Jonassen e Hernandez-Serrano (2002) propuseram três maneiras (Figura 5) de integrar histórias na aprendizagem:

Figura 5 -Maneiras de integrar histórias na aprendizagem



Fonte: Elaborado pela autora (2025), a partir de Hernandez-Serrano (2022).

Em vista disso, Rodrigues e Bidarra (2014) observam que projetos transmídia demonstram que criar mundos por meio de histórias pode ser eficaz para atingir metas educacionais, uma vez que enriquecem o conteúdo apresentado aos alunos. A construção de um ambiente de aprendizagem transmídia requer uma redefinição urgente do currículo escolar, aproximando os processos educativos dos contextos reais nos quais as pessoas socializam e aprendem informalmente. Jonassen e Hernandez-Serrano (2002) sugerem que expor alunos a histórias geradas em ambientes profissionais pode ajudá-los a refletir sobre semelhanças e diferenças entre situações-problema apresentadas em casos ou histórias.

Outra proposta associada à narrativa transmídia é a narração digital (Flottemesch, 2013). O autor define essa abordagem multimodal como uma revitalização da antiga arte da contação de histórias através da tecnologia. Meadows (2003) afirmou que a narração digital envolve o uso de câmeras digitais acessíveis, ferramentas criativas não-lineares e computadores para criar narrativas multimídia curtas que são essencialmente pessoais e destinadas à publicação *online*.

2.7 FUNDAMENTOS TEÓRICOS PARA O AMP

No campo dos jogos digitais para educação, Gee (2003) salienta que a aprendizagem baseada em jogos requer a adoção de estruturas sólidas de boas práticas, capazes de alinhar objetivos pedagógicos às dinâmicas do jogo e potencializar o engajamento e a construção de significado. De maneira similar, organizações internacionais como a Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (Unesco) e a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) publicam diretrizes que reforçam a necessidade de *frameworks* claros e adaptáveis para a integração de tecnologias educacionais (Unesco, 2019; OCDE, 2018). Nessa conjuntura, dois modelos teóricos se destacam como referências: o TPACK, do inglês *Technological Pedagogical Content Knowledge* (Conhecimento Tecnológico e Pedagógico de Conteúdo), e o modelo ADDIE, acrônimo de *Analysis* (Análise), *Design* (Desenho), *Development* (Desenvolvimento), *Implementation* (Implementação) e *Evaluation* (Avaliação).

O primeiro deles, modelo TPACK, proposto por Mishra e Koehler (2006), enfatiza a importância da integração articulada entre tecnologia, pedagogia e

conteúdo na prática docente. O TPACK representa um conhecimento emergente que vai além dos três componentes isolados (conhecimento do conteúdo (CK), conhecimento pedagógico (PK) e conhecimento tecnológico (TK)), ao considerar as complexas relações entre eles para promover um ensino eficaz apoiado em tecnologias educacionais. Segundo os autores, o professor deve dominar essas três esferas e suas interações para adaptar estratégias pedagógicas que atendam às necessidades dos alunos e ao contexto educacional, exercendo flexibilidade e fluência no uso integrado desses saberes (Mishra; Koehler, 2006).

De maneira complementar, o modelo ADDIE, descrito por Molenda (2003), oferece um roteiro sistemático para o desenvolvimento de materiais instrucionais eficazes. Esse modelo orienta o processo de criação de recursos educacionais por meio de cinco etapas sequenciais: análise das necessidades e do público-alvo; *design* do conteúdo e das estratégias pedagógicas; desenvolvimento dos materiais; implementação do recurso em contexto real; e avaliação contínua para ajustes e melhorias. Assim, o ADDIE funciona como um guia prático para estruturar intervenções formativas e permite que o uso da tecnologia seja planejado e avaliado para maximizar sua eficácia no ensino e na aprendizagem.

No contexto brasileiro, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) também reconhece a importância da integração das tecnologias digitais, incluindo os jogos digitais para desenvolvimento das competências dos alunos ao longo da Educação Básica. A competência geral 5 da BNCC orienta que o aluno deve:

Compreender, utilizar e criar tecnologias digitais de informação e comunicação de forma crítica, significativa, reflexiva e ética nas diversas práticas sociais (incluindo as escolares) para se comunicar, acessar e disseminar informações, produzir conhecimentos, resolver problemas e exercer protagonismo e autoria na vida pessoal e coletiva (Brasil, 2018, p. 9-12).

No que tange às CNdNT, a BNCC enfatiza o desenvolvimento da competência específica para o Ensino Médio relacionada ao uso de tecnologias digitais:

Investigar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais, e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos variados, em diversos contextos e por meio de diferentes mídias e TDIC (Brasil, 2018, p. 553-554).

Essa competência enfatiza que os alunos devem utilizar tecnologias digitais, como mídias e TDIC, para comunicar resultados, estruturar argumentos e participar de debates científicos, ao promover o protagonismo e a autonomia na aprendizagem. Ademais, reforça o uso crítico e reflexivo das tecnologias no processo investigativo e na construção do conhecimento científico, alinhando-se às diretrizes internacionais que defendem a integração das tecnologias digitais na educação (Unesco, 2019; OCDE, 2018).

O Quadro 5 apresenta os *frameworks* e normas analisados, cujas vantagens e desvantagens foram avaliadas conforme sua aplicabilidade ao contexto educacional, abrangência temática e aderência aos objetivos da pesquisa. A partir dessa avaliação, identificou-se os modelos mais adequados para embasar a concepção de um JED apoiado por ST.

Quadro 5 - Comparação entre *frameworks* e normas para JS

Framework/Norma	O foco principal está no (a)	Vantagens	Desvantagens
<i>Serious Games Quality Framework (SGQF)</i> (<i>Framework</i> de Qualidade para Jogos Sérios)	Qualidade de jogos sérios (jogo, aprendizado, eficácia).	É direcionado para avaliar a qualidade educacional de jogos sérios; focado em aspectos pedagógicos, de usabilidade e diversão.	Não aborda tão profundamente aspectos técnicos ou de implementação do jogo.
<i>Realising an Applied Gaming Ecosystem Framework (RAGE)</i> (<i>Framework</i> para Realização de Ecosistema de Jogos Aplicados)	Reutilização de componentes e interoperabilidade.	Enfatiza o ecossistema de jogos aplicados, considerando tanto o desenvolvimento quanto a implementação.	Pode ser complexo para ser adaptado a pequenas iniciativas ou jogos com baixo orçamento.
<i>Learning Mechanics - Game Mechanics Framework (LM-GM)</i> (<i>Framework</i> de Mecânicas de Aprendizagem-Mecânicas de Jogo)	Integração de mecânicas de jogo e aprendizagem.	Concentra-se na combinação de mecânicas de aprendizado com jogos, essencial para jogos educativos.	A adaptação para diferentes tipos de jogos pode ser um desafio.
<i>Model for Evaluating Educational Games Plus (MEEGA+)</i> (Modelo para Avaliação de Jogos Educacionais Plus)	Avaliação de qualidade e eficácia.	Focado na avaliação de jogos educacionais, levando em consideração a pedagogia e a jogabilidade.	Pode ser complexo e demorado na aplicação em jogos que não são de grande escala.
<i>International Organization for Standardization /</i>	Qualidade de <i>software</i> com foco técnico	Fornece critérios técnicos amplos para avaliar a qualidade de	Pode ser excessivamente técnico e não

<i>International Electrotechnical Commission 25010: 2023 (ISO/IEC 25010:2023)</i> (Norma de Qualidade de Produto de Software)	(usabilidade, funcionalidade, desempenho).	software, essencial para a avaliação técnica de jogos educacionais.	considerar diretamente a experiência do usuário no jogo.
<i>International Organization for Standardization / International Electrotechnical Commission 9241-210:2019 (ISO/IEC 9241-210:2019)</i> (Norma de Qualidade de Produto de Software)	Experiência do usuário (UX) em sistemas interativos.	Foca na usabilidade e na experiência do usuário, o que é útil para jogos educacionais.	É uma norma geral e pode não cobrir aspectos específicos de jogos educativos.
<i>Four-Dimensional Framework for Evaluating Games (4DF)</i> (<i>Framework</i> Quadridimensional para Avaliação de Jogos)	Avaliação de jogabilidade, impacto educacional, envolvimento e UX.	Abrange múltiplas dimensões da avaliação de jogos, como objetivos educacionais, jogabilidade e narrativa.	Pode ser considerado extenso e difícil de aplicar a todos os tipos de jogos.
Octalysis Framework (Modelo de Gamificação)	Análise da motivação e engajamento do jogador.	É excelente para a análise de gamificação, com foco em motivação do usuário e engajamento.	Focado mais na gamificação em geral do que nos aspectos educativos de jogos.
<i>Game Object Model II (GOMII)</i> (Modelo de Objeto de Jogo II)	<i>Design</i> instrucional de jogos educativos.	Foca na análise detalhada de objetos de jogo e suas interações.	Não é diretamente voltado para jogos educacionais, o que pode exigir ajustes.
<i>Research, Evaluation, and Assessment Framework for Learning Games (REVEAL)</i> (<i>Framework</i> de Pesquisa, Avaliação e Análise para Jogos Educativos)	Avaliação de eficácia, engajamento e aprendizado.	Focado na avaliação pedagógica e na eficácia dos jogos educativos no aprendizado.	Pode ser complicado de aplicar em jogos com objetivos mais gerais de gamificação.
<i>Heuristic Evaluation for Board and Digital Games (HEBI)</i> (Avaliação Heurística para Jogos de Tabuleiro e Digitais)	Diretrizes para avaliação heurística de jogos.	Método rápido e eficaz para identificar problemas de usabilidade e jogabilidade.	Menos detalhado em aspectos pedagógicos ou técnicos do jogo.

Fonte: Elaborado pela autora (2025), com base em Marsh (2011), Werbach e Hunter (2012), Adams e Rollings (2007), ABNT NBR ISO/IEC 25010:2023 e ABNT NBR ISO 9241-210:2019.

A seleção dos *frameworks* e normas utilizados neste estudo foi conduzida com base na necessidade de estruturar a modelagem e a avaliação de um JED apoiado por ST e teorias da aprendizagem relacionadas.

Para fundamentar esta pesquisa, foram selecionados, a partir do Quadro 3, três *frameworks* e duas normas que orientaram a construção do JED. A análise e validação empírica da aplicação deste jogo, por sua vez, subsidiaram a consolidação do AMP, que sistematiza as recomendações dos referenciais analisados. O objetivo foi garantir que o JED, desenvolvido a partir da integração de ferramentas existentes, aliasse qualidade, usabilidade e potenciais efeitos na aprendizagem.

O LM-GM *Framework*, por exemplo, foi escolhido por sua capacidade de integrar mecânicas de jogo com mecânicas de aprendizagem, o que permitiu que o *design* da intervenção fosse diretamente alinhado aos objetivos educacionais (Quadro 6).

Quadro 6 - Learning Mechanics - Game Mechanics Framework (LM-GM)
(*Framework de Mecânicas de Aprendizagem-Mecânicas de Jogo*)

Dimensão	Aspectos avaliados	Descrição
Relação entre jogo e aprendizagem	Integração das mecânicas	Identifica como mecânicas de jogo (desafios, <i>feedback</i> , progressão) se relacionam com a aprendizagem.
	Estímulo ao pensamento crítico	Favorece a resolução de problemas e a experimentação, promovendo um aprendizado eficaz.
Qualidade da experiência do usuário	Engajamento e motivação	Proporciona desafios progressivos e interativos que mantêm o interesse do jogador.
	<i>Feedback</i> e recompensas	Incentiva a persistência e reforça o aprendizado por meio de sistemas de recompensa.
Aplicabilidade ao ensino	Suporte ao ST	Auxilia na inserção de narrativas envolventes que reforçam o contexto do aprendizado.
	Alinhamento com objetivos educacionais	Estrutura as mecânicas de jogo de forma coerente com o conteúdo a ser ensinado.

Fonte: Elaborado pela autora (2025), adaptado de Werbach e Hunter (2012).

Esse *framework* estabelece uma relação estruturada entre a construção lúdica e os processos cognitivos envolvidos na aprendizagem, o que favorece a retenção do conhecimento e o engajamento dos alunos. A adoção do LM-GM *Framework* neste estudo permite buscar que a interação dos alunos com o jogo seja orientada por princípios pedagógicos, além de evitar que a experiência se limite a um entretenimento desprovido de intencionalidade educativa.

Complementarmente, o GOMII *Framework* foi agregado à pesquisa por sua ênfase na estruturação de jogos educacionais em torno de objetivos pedagógicos e mecânicas interativas (Quadro 7).

Quadro 7 - Game Object Model II (GOMII Framework)

Dimensão	Aspectos avaliados	Descrição
Estruturação do jogo	Modelagem de objetos de jogo	Define os elementos fundamentais do jogo, como personagens, desafios e narrativa.
	Organização do fluxo de jogo	Determina a progressão do jogo e como os jogadores interagem com o conteúdo.
Qualidade da experiência	Equilíbrio entre narrativa e interatividade	Permite integrar storytelling sem comprometer a jogabilidade.
	Personalização da experiência	Adapta o jogo a diferentes contextos educacionais e perfis de alunos.
Aplicabilidade ao ensino	Suporte ao aprendizado	Permite estruturar conteúdos de forma lógica e interativa.
	Clareza nas regras	Garante que os jogadores compreendam os objetivos e desafios do jogo.

Fonte: Elaborado pela autora (2025), a partir de Adams e Rollings (2007).

Esse modelo possibilita a organização sistemática dos principais elementos de um jogo, como regras, narrativa, desafios e objetivos. Estes são elementos relevantes para a integração do ST como um recurso que favorece a contextualização dos conteúdos científicos. Isto posto, o GOMII fornece um arcabouço para o planejamento da dinâmica do jogo, e assegura que os elementos narrativos sejam utilizados estrategicamente para potencializar o aprendizado.

Além desses *frameworks* voltados para a modelagem e estruturação do jogo, optou-se pela adoção de um referencial conceitual conhecido como *Serious Games Quality Framework* (SGQF) (Quadro 8).

Quadro 8 - Serious Games Quality Framework (SGQF)

Dimensões	Aspectos avaliados	Descrição
Qualidade do conteúdo educacional	Relevância e precisão	O conteúdo deve ser preciso, atualizado e alinhado aos objetivos educacionais.
	Engajamento pedagógico	As estratégias devem aumentar o interesse e a motivação, como gamificação, ST e interatividade.
Qualidade da mecânica de jogo	Usabilidade	As interfaces devem ser intuitivas e minimizar barreiras cognitivas para o jogador.
	Desafio adequado	A progressão da dificuldade deve ser equilibrada para manter o engajamento e evitar

		frustração.
Qualidade técnica	Desempenho	O jogo deve operar sem falhas, com tempos de resposta rápidos.
	Compatibilidade	O suporte para múltiplas plataformas e dispositivos deve garantir a acessibilidade ampla para diferentes perfis de usuários.
Qualidade estética	<i>Design</i> visual	Os elementos gráficos devem ser coerentes com o tema do jogo.
	Áudio e trilha sonora	Os sons e música devem reforçar a experiência imersiva sem distrair ou sobrecarregar cognitivamente o jogador.
Qualidade da experiência do usuário	Satisfação	O jogo deve proporcionar recompensas e manter um nível de desafio que motive a continuidade da experiência.
	Facilidade de aprendizado	As mecânicas devem ser compreendidas rapidamente.

Fonte: Elaborado pela autora (2025), a partir de Marsh (2011).

Ainda que o SGQF não seja um *framework* oficial publicado por uma instituição normativa, ele é utilizado em estudos acadêmicos como uma abordagem para avaliar a qualidade de jogos sérios em três dimensões: jogo, aprendizado e efeito. A utilização desse referencial se justifica por sua capacidade de integrar critérios que abrangem tanto a eficácia educacional quanto a experiência do usuário e o efeito gerado, aspectos discutidos por Backlund e Hendrix (2013) no contexto da avaliação de jogos aplicados à educação.

A aquisição desse *framework* à esta pesquisa, justifica-se pela necessidade de estabelecer critérios objetivos que permitam mensurar a eficácia do jogo em termos educacionais e assegurar que sua aplicação resulte na construção de conhecimento pelos alunos. O SGQF também fornece subsídios para a avaliação do engajamento dos alunos e da adequação das estratégias de aprendizagem incorporadas ao jogo, o que se alinha ao propósito de compreender as percepções dos usuários sobre a metodologia proposta.

Para garantir que o jogo desenvolvido atenda a padrões técnicos, foram selecionadas as normas ISO/IEC 25010:2023 e ISO/IEC 9241-210:2019 (Quadro 9).

Quadro 9 - Normas ISO/IEC 25010:2023 e ISO/IEC 9241-210:2019

Normas	Dimensão	Aspectos avaliados	Descrição
	Qualidade do <i>software</i>	Funcionalidade	O jogo deve atender aos requisitos funcionais especificados.
		Confiabilidade	O jogo deve operar corretamente e estar livre de falhas críticas.

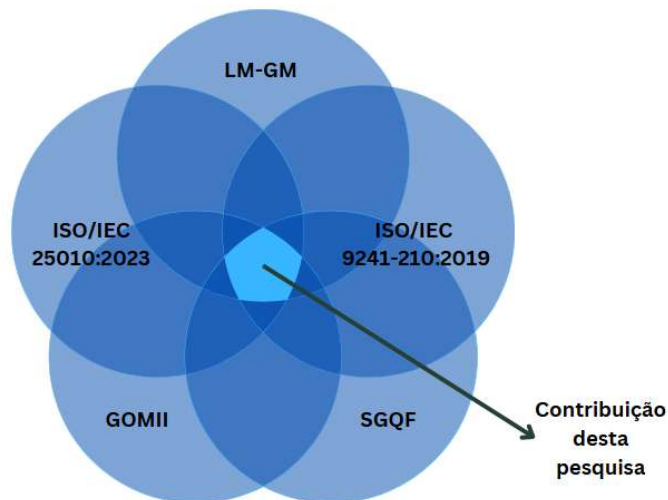
ISO/IEC 25010:2023		Eficiência de desempenho	Tempos de carregamento e resposta devem ser otimizados.
	Usabilidade	Facilidade de uso	Interfaces intuitivas e acessíveis para diferentes usuários.
		Acessibilidade	Compatibilidade com diferentes dispositivos e suporte para usuários com necessidades especiais.
	Manutenibilidade	Modularidade	O código organizado para facilitar atualizações e melhorias.
ISO/IEC 9241-210:2019	Experiência do usuário	Facilidade de interação	O <i>design</i> deve priorizar interfaces intuitivas e acessíveis.
		Aderência às necessidades do usuário	O jogo deve considerar perfis variados e diferentes níveis de habilidade.
	<i>Design</i> centrado no usuário	<i>Feedback</i> contínuo	O jogo deve oferecer retornos claros para as ações do jogador.
		Ergonomia cognitiva	O <i>design</i> deve minimizar a sobrecarga mental e tornar o aprendizado mais fluido.
	Aplicabilidade ao ensino	Acessibilidade e inclusão	O jogo deve atender a padrões de acessibilidade para alcançar um público diverso.

Fonte: Elaborado pela autora (2025).

A ISO/IEC 25010:2023, que estabelece critérios para a qualidade de *software*, foi escolhida por sua aplicabilidade na definição de requisitos de funcionalidade, usabilidade e desempenho do jogo. Ao adotar essa norma, busca-se assegurar que o jogo seja tecnicamente robusto e adequado para o ambiente educacional. Já a ISO/IEC 9241-210:2019, voltada para a experiência do usuário (UX), foi incorporada ao estudo devido à sua ênfase na interação humano-computador, para que possa assegurar que o jogo proporcione uma experiência intuitiva e acessível aos alunos.

Dessa forma, ambas as normas complementam os *frameworks* selecionados, a fim de contribuir para que a proposta final desta pesquisa contemple tanto a qualidade pedagógica quanto a qualidade técnica da aplicação. A partir dessa seleção, os *frameworks* e as normas selecionados foram aplicados no desenvolvimento do JED. Essa aplicação serviu como base para a formulação do arcabouço que sintetiza as melhores práticas identificadas ao longo do estudo (Figura 6).

Figura 6 - Interseção dos *frameworks*, normas e contribuição da pesquisa



Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Esse arcabouço foi consolidado (ao final desta pesquisa) a partir da análise da aplicação do jogo e das percepções dos alunos e da professora, a fim de definir recomendações e boas práticas na modelagem de JED, que possam ser replicadas em diferentes contextos educacionais.

CAPÍTULO 3: METODOLOGIA

Este capítulo apresenta o percurso metodológico adotado na presente pesquisa de mestrado, e detalha sua natureza, abordagem, tipo, procedimentos técnicos, *lócus* e universo investigado. A escolha metodológica busca assegurar a coerência entre os objetivos do estudo e a análise dos dados.

3.1. NATUREZA DA PESQUISA

A natureza desta pesquisa é básica, conforme definido por Marconi e Lakatos (2012), pois seu principal objetivo é gerar conhecimento teórico, sem a preocupação com a aplicabilidade imediata ou a criação de um produto final patenteável. Embora envolva uma intervenção prática no contexto educacional, ao buscar a implementação de um JED apoiado por ST para otimizar o processo de aprendizagem, o foco é o avanço do conhecimento científico sobre práticas pedagógicas, sem a expectativa de criar um produto tangível.

3.2. ABORDAGEM DA PESQUISA

Quanto à abordagem, esta pesquisa se caracteriza como qualiquantitativa, pois articula procedimentos de ambas as naturezas para obter uma compreensão mais aprofundada do fenômeno investigado.

A abordagem quantitativa, por sua vez, foca na coleta e análise de dados numéricos para testar hipóteses e medir a magnitude de um fenômeno (Sampieri; Collado; Lucio, 2013). Nesta pesquisa, ela foi empregada para avaliar objetivamente os efeitos do jogo educacional, que foi modelado e aplicado com base nos princípios que fundamentam o AMP. Desse modo, a comparação estatística entre os resultados do pré-teste e do pós-teste, por meio de procedimentos como o Teste t de Student, permitiu mensurar o desempenho dos alunos e, consequentemente, fornecer evidências sobre a eficácia de um artefato construído a partir da metodologia proposta.

O Teste t de Student para amostras pareadas é um método de inferência estatística utilizado para comparar as médias de duas amostras relacionadas, a fim de determinar se a diferença entre elas é estatisticamente significativa (Field, 2014). No contexto desta pesquisa, ele foi empregado para comparar os resultados do

mesmo grupo de alunos (amostras pareadas) em dois momentos distintos: antes (pré-teste) e depois (pós-teste) da intervenção com o JED.

A escolha deste teste foi metodologicamente orientada por duas razões principais: primeiro, o objetivo era comparar a média de desempenho de um único grupo de sujeitos em dois momentos distintos; segundo esses sujeitos foram mensurados antes e depois da intervenção educacional, caracterizando um delineamento pré-experimental do tipo pré-teste/pós-teste com um grupo (Campbell; Stanley, 1979). O Teste t pareado é a ferramenta estatística apropriada para este delineamento de pesquisa, uma vez que controla a variabilidade individual entre os participantes (Field, 2014)

Considerando a natureza paramétrica da análise estatística requerida, o Teste t de Student para amostras pareadas, desenvolvido por William Sealy Gosset (sob o pseudônimo Student) em 1908, constitui um teste paramétrico que avalia se a média das diferenças entre duas medidas relacionadas é significativamente diferente de zero (Student, 1908). Para sua aplicação adequada, este teste assume três pressupostos fundamentais: (a) distribuição normal das diferenças entre os pares; (b) independência das observações; e (c) dados em escala intervalar ou razão (Tabachnick; Fidell; Ullman, 2019).

Quanto à operacionalização dos cálculos estatísticos, optou-se pela utilização do software Microsoft Excel através da função estatística integrada TESTE.T, escolhido por sua disponibilidade, interface intuitiva e capacidade de processar adequadamente dados pareados (Pallant, 2020). Embora análises estatísticas possam ser realizadas em outros *softwares* especializados como SPSS⁹, R¹⁰ ou Python¹¹ com bibliotecas como *SciPy*, a escolha pelo *Excel* justifica-se por sua ampla acessibilidade e capacidade de auditoria transparente dos cálculos realizados.

⁹ SPSS (*Statistical Package for the Social Sciences*, ou Pacote Estatístico para as Ciências Sociais) é um *software* estatístico comercial amplamente utilizado em áreas como ciências sociais e saúde, conhecido por sua interface gráfica intuitiva.

¹⁰ R é uma linguagem de programação e ambiente de *software* livre, especificamente criada para computação estatística e gráficos, sendo uma das ferramentas mais utilizadas no meio acadêmico e científico.

¹¹ *Python* é uma linguagem de programação de propósito geral que, por meio de seu extenso ecossistema de bibliotecas especializadas (como *SciPy* para computação científica, *pandas* para manipulação de dados e *statsmodels* para modelos estatísticos), tornou-se uma plataforma desenvolvida para análise de dados.

No que se refere à lógica do teste, este consiste em calcular a diferença de pontuação para cada participante individualmente (pontuação pós-teste - pontuação pré-teste) e, posteriormente, verificar se a média dessas diferenças é significativamente diferente de zero. Matematicamente, a fórmula para o Teste t pareado é expressa como:

$$t = \frac{\bar{d}}{S_d/\sqrt{n}}$$

Onde:

- $\bar{d}$ representa a média das diferenças entre as pontuações pareadas.
- S_d representa o desvio padrão dessas diferenças, indicando o aumento de desempenho entre os alunos.
- n é o tamanho da amostra (o número de pares, neste caso, 33).

Essencialmente, o teste avalia se a média da melhoria observada ($\bar{d}$) é suficientemente superior, em comparação à variabilidade dessa melhoria (S_d), para que se possa descartar a possibilidade de o resultado ter ocorrido por mero acaso.

A análise buscou testar a hipótese nula, que postula não haver diferença significativa entre as médias de acertos dos dois testes. O resultado do teste é expresso por um valor-p. Um valor-p baixo (geralmente inferior a 0,05) indica que a diferença observada é improvável de ter ocorrido por acaso, permitindo rejeitar a hipótese nula (Field, 2014). Dessa forma, a aplicação do Teste t de Student permitiu verificar se o aumento no desempenho dos alunos pode ser atribuído à eficácia da intervenção pedagógica.

Além disso, o alfa de Cronbach foi utilizado para verificar a consistência interna dos instrumentos aplicados e assegurar a confiabilidade das medidas obtidas. O Alfa de Cronbach (α) é uma medida estatística que avalia a consistência interna de um conjunto de itens em uma escala, baseando-se na correlação média entre os itens e no número total de itens da escala (Tavakol; Dennick, 2011). Desenvolvido por Lee Joseph Cronbach em 1951, este coeficiente representa uma estimativa da correlação entre duas metades aleatórias de um teste, assumindo que todos os itens medem o mesmo construto latente com o mesmo grau de precisão (Cronbach, 1951; Sijtsma, 2016). Nesta pesquisa, os itens analisados corresponderam às assertivas do questionário de avaliação da experiência dos

alunos com o jogo, que permitiu verificar a coerência interna entre as respostas e, assim, a confiabilidade do instrumento.

Complementarmente, a abordagem qualitativa foi adotada para compreender as percepções, dificuldades e engajamento dos alunos com o ST em JED, uma vez que “não se preocupa com representatividade numérica, mas, sim, com o aprofundamento da compreensão de um grupo social” (Gerhardt; Silveira, 2009, p. 31). Conforme alegam Rodrigues e Limena (2006, p. 90), a abordagem qualitativa é utilizada para investigar problemas que os procedimentos estatísticos não podem alcançar, como aspectos psicológicos, opiniões e comportamentos.

Segundo Appolinário (2011), os dados da pesquisa qualitativa são coletados nas interações sociais e analisados subjetivamente pelo pesquisador, pois nesta modalidade a preocupação é com o fenômeno.

Dessa forma, a combinação das abordagens permitiu medir tanto a eficácia da intervenção (dimensão quantitativa), quanto compreender as percepções e os processos subjetivos que influenciaram essa eficácia (dimensão qualitativa), visto que favoreceu uma visão mais completa dos resultados.

3.3. TIPO DE PESQUISA

Em relação aos objetivos traçados, esta pesquisa foi do tipo descritiva, que, conforme Marconi e Lakatos (2012), visa descrever as características de uma população ou fenômeno específico. Triviños (1987) acrescentou que esse tipo de pesquisa exige do investigador uma série de informações sobre o que deseja estudar, buscando descrever os fatos e fenômenos de determinada realidade. No presente estudo, a pesquisa descritiva foi adotada por permitir analisar e caracterizar os efeitos da aplicação do jogo educacional digital, bem como identificar como os alunos se comportam diante da proposta e quais aspectos do aprendizado foram potencializados a partir do uso do AMP como base metodológica.

3.4. PROCEDIMENTO TÉCNICO

Os procedimentos técnicos desta pesquisa compreendem a pesquisa bibliográfica e pesquisa-ação. A pesquisa bibliográfica é aquela que se realiza, segundo Severino (2007), a partir do:

[...] registro disponível, decorrente de pesquisas anteriores, em documentos impressos, como livros, artigos, teses etc. Utilizam-se dados de categorias

teóricas já trabalhadas por outros pesquisadores e devidamente registrados. Os textos tornam-se fontes dos temas a serem pesquisados. O pesquisador trabalha a partir de contribuições dos autores dos estudos analíticos constantes dos textos (Severino, 2007, p. 122).

Já a pesquisa-ação, segundo Franco (2005), é um método participativo que envolve os sujeitos da pesquisa no processo de investigação, e promove a reflexão e a ação conjunta. Por sua vez, Fonseca (2002) precisa que:

A pesquisa-ação pressupõe uma participação planejada do pesquisador na situação problemática a ser investigada. O processo de pesquisa recorre a uma metodologia sistemática, no sentido de transformar as realidades observadas, a partir da sua compreensão, conhecimento e compromisso para a ação dos elementos envolvidos na pesquisa. O objeto da pesquisa-ação é uma situação social situada em conjunto e não um conjunto de variáveis isoladas que se poderiam analisar independentemente do resto. Os dados recolhidos no decurso do trabalho não têm valor significativo em si, interessando enquanto elementos de um processo de mudança social. O investigador abandona o papel de observador em proveito de uma atitude participativa e de uma relação sujeito a sujeito com os outros parceiros. O pesquisador quando participa na ação traz consigo uma série de conhecimentos que serão o substrato para a realização da sua análise reflexiva sobre a realidade e os elementos que a integram. A reflexão sobre a prática implica em modificações no conhecimento do pesquisador (Fonseca, 2002, p. 34-35).

Adotar a pesquisa-ação como método, portanto, significa ir além da mera observação da prática pedagógica. Em vez de tratar a sala de aula como um objeto de estudo externo, o pesquisador se insere na ação, tornando-se participante ativo do processo que investiga. Nesse sentido, a prática docente deixa de ser apenas o objeto a ser pesquisado e se torna o sujeito da própria análise (Gerhardt; Silveira, 2009). Isso ocorre porque a investigação não busca somente descrever a realidade, mas transformá-la a partir da reflexão conjunta entre pesquisador e participantes, em um ciclo contínuo de planejamento, ação, observação e nova reflexão (Thiollent, 2025).

3.5. LÓCUS E UNIVERSO DA PESQUISA

Conforme contextualizado na introdução deste trabalho, o CEFET-MG foi o *lócus* selecionado para a realização desta pesquisa. Como instituição de referência na EPT, seu ambiente acadêmico, que fomenta a articulação entre ensino, pesquisa e inovação, mostrou-se propício para a aplicação e avaliação de novas abordagens pedagógicas.

O universo de análise foi delimitado a uma turma de 33 alunos do 2º ano do curso Técnico em Hospedagem. A escolha desta turma foi definida por um critério

de viabilidade e disponibilidade. A intervenção pedagógica foi realizada na disciplina de Biologia, e a seleção da turma ocorreu em função da disponibilidade da professora titular, que lecionava para esta turma no período da pesquisa e se mostrou receptiva à colaboração. Essa abordagem permitiu a inserção no campo e a efetiva realização da pesquisa-ação.

A opção por trabalhar com alunos do 2º ano foi uma decisão metodológica deliberada. Nessa fase do percurso formativo, os alunos já superaram o período inicial de adaptação ao EPTNM, possuem uma base de conhecimentos mais consolidada e demonstram maior autonomia intelectual. Esse perfil é ideal para a avaliação da eficácia da metodologia proposta, pois permite analisar com mais clareza a efetividade do JED no engajamento e na aprendizagem de conceitos específicos.

3.6 INSTRUMENTO DE COLETA DE DADOS

A coleta de dados foi realizada em duas fases, com instrumentos e procedimentos distintos. A primeira, de natureza bibliográfica, utilizou como instrumentos as bases de dados acadêmicas: a Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD) do Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia (Ibict); SciELO; e Portal de Periódicos da CAPES, além das estratégias de busca e dos critérios de seleção das pesquisas acadêmicas, conforme detalhado na seção 3.7

A segunda fase, correspondente à pesquisa-ação, focou na aplicação e validação da intervenção pedagógica. Para esta etapa, foram utilizados os seguintes instrumentos: um questionário *online* (perfil tecnológico) aplicado de forma *online* por meio da plataforma *Google Forms*; questionários no formato impresso (pré-teste, avaliação da motivação e sugestões de melhoria); pós-teste (integrado diretamente à experiência do jogo na plataforma Quizizz, conforme detalhado na seção 4.2.1); observação participante; e análise dos *logs* de interação gerados pelo jogo.

Conforme definem Cervo e Bervian (2002, p. 48), o questionário “[...] refere-se a um meio de obter respostas às questões por uma fórmula que o próprio informante preenche”. O instrumento foi composto por questões objetivas, para facilitar a tabulação e análise estatística do desempenho dos alunos, e por questões discursivas, que buscaram compreender as percepções e a experiência dos participantes com a metodologia.

A observação participante foi a técnica utilizada para acompanhar a aplicação do JED em sala de aula. Diferentemente da observação não-participativa, na qual o pesquisador se mantém como um espectador externo, na observação participante o investigador se insere no contexto e interage com os sujeitos para compreender o fenômeno a partir de sua perspectiva (Lüdke; André, 1986). Essa abordagem é a mais coerente com a metodologia da pesquisa-ação, que pressupõe o envolvimento do pesquisador com a realidade investigada.

No instrumento supracitado, a participação da pesquisadora iniciou-se com a sua ambientação e inserção no contexto da turma. Durante a aplicação, a postura foi de acompanhamento focado, registrando em um diário de campo as interações dos alunos com a ferramenta, suas reações verbais e não-verbais, dificuldades, estratégias de resolução e momentos de engajamento. O objetivo dessa técnica foi buscar uma compreensão contextualizada de como os processos de aprendizagem se manifestaram durante a ação pedagógica, a fim de validar e enriquecer os dados coletados com os questionários.

Os *logs* de interação (integrada ao pós-teste), gerados automaticamente pelo JED, foram o terceiro instrumento de coleta de dados. Os *logs* são definidos como registros cronológicos e automáticos de eventos e ações executadas por um usuário dentro de um sistema digital (Lazar; Feng; Hochheiser, 2010). A principal vantagem dessa técnica é a coleta de dados objetivos e não-intrusivos sobre o comportamento dos participantes, livre do viés de percepção que pode influenciar as respostas de um questionário. Nesta pesquisa, os *logs* foram utilizados para registrar dados quantitativos como o tempo de resposta para cada questão, os padrões de acerto e erro e a progressão dos alunos nos desafios, fornecendo uma camada de evidência empírica sobre o engajamento e o desempenho real dos alunos com o artefato.

3.7. ETAPAS DA PESQUISA

Para atingir o objetivo geral desta presente pesquisa de mestrado, foram delimitadas três etapas:

1ª etapa: Pesquisa Bibliográfica

Esta etapa teve como objetivo apoiar os três primeiros objetivos específicos da pesquisa: identificar as bases teóricas relacionadas ao desenvolvimento de jogos, levantar elementos de engajamento presentes em jogos digitais de entretenimento, e

correlacionar essas bases teóricas com os elementos de engajamento, com a finalidade de subsidiar a construção da proposta do AMP. A pesquisa bibliográfica foi realizada em três fases interdependentes:

- a) O levantamento foi procedido na BDTD do Ibict, no banco de dados da *SciELO* e no portal de periódicos da CAPES. A busca foi conduzida por meio de sete estratégias, com a utilização do operador lógico AND, que é usado para combinar os descritores de pesquisa, conforme o Quadro 10.

Quadro 10 - Estratégias de busca

Estratégia	Bases	Descritores
1 ^a	SciELO, Portal CAPES e BDTD	teorias da aprendizagem AND elementos de engajamento AND interfaces
2 ^a	SciELO, Portal CAPES e BDTD	teorias da aprendizagem AND jogos educacionais
3 ^a	SciELO, Portal CAPES e BDTD	elementos de engajamento AND jogos educacionais AND interfaces
4 ^a	SciELO, Portal CAPES e BDTD	pedagogia narrativa AND tecnologia educacional
5 ^a	SciELO, Portal CAPES e BDTD	storytelling OR contação de histórias AND mediação pedagógica
6 ^a	SciELO, Portal CAPES e BDTD	narrativas digitais AND educação
7 ^a	SciELO, Portal CAPES e BDTD	mecânicas de jogo AND práticas pedagógicas

Fonte: Elaborado pela autora (2025).

- b) Realizou-se a leitura de títulos, palavras-chave e resumos, que permitiu a seleção dos trabalhos com maior pertinência à temática;
- c) Procedeu-se à leitura integral dos trabalhos selecionados para identificar as principais bases teóricas relacionadas ao desenvolvimento de jogos e sua aplicação no contexto educacional;
- d) Levantaram-se os elementos mais recorrentes em jogos digitais e ST;
- e) Correlacionaram-se os elementos de engajamento identificados na fase **c** com as bases teóricas levantadas na fase **b**;
- f) A partir da fase **d**, construiu-se uma Matriz de Correspondência Estrutural, que servirá como um guia dinâmico durante a concepção e avaliação do JED,

a fim de assegurar a coerência entre as teorias, elementos de jogo e *frameworks*.

2ª etapa: Concepção do JED

Esta etapa foi dedicada a concepção do JED, orientado pela matriz teórica elaborada na fase anterior, a qual articula teorias da aprendizagem, *frameworks* de *design instrucional* e normas técnicas. O processo foi organizado em três fases:

- a) A modelagem do jogo foi desenvolvida em uma plataforma digital, a considerar: alinhamento conceitual com os conteúdos de Segunda Lei de Mendel; coerência narrativa com a progressão pedagógica; engajamento dos alunos, com base nos princípios teóricos mapeados.
- b) Foi escolhida uma ferramenta apropriada, com base nos seguintes critérios: Capacidade de implementar mecânicas de jogo em conformidade com os princípios teóricos e critérios da matriz; Suporte à integração de elementos narrativos de forma didática; Flexibilidade pedagógica e viabilidade técnica para os objetivos da pesquisa.
- c) O jogo concebido foi aplicado na turma do 2º ano do EPTNM do CEFET-MG já mencionada. A aplicação de novos métodos educacionais em contextos reais permitiu a avaliação de sua eficácia e a realização dos ajustes necessários (Halawa; Lin; Hsu, 2024).

3ª etapa: Aplicação e validação empírica

Esta etapa teve como objetivo avaliar a efetividade do JED e validar as relações entre teorias, elementos de engajamento e *frameworks*/normas, a partir da experiência prática dos alunos e da professora.

- a) Aplicação do questionário - *Perfil dos Alunos, Recursos Tecnológicos e Frequência de Uso* (Apêndice A), pelo *Google Forms*. Este instrumento foi utilizado para traçar um panorama inicial dos alunos, para identificar seu acesso às tecnologias, hábitos digitais e possíveis relações prévias com jogos (educacionais ou não), com a finalidade de fornecer dados relevantes para a análise do contexto da intervenção.

- b) Aplicação do pré-teste aos alunos (Formato impresso) - Foi aplicado um questionário (Apêndice B) diagnóstico para levantar os conhecimentos prévios (subsunçores) dos alunos sobre Segunda Lei de Mendel. Essa etapa permitiu identificar lacunas e alinhar a intervenção ao nível de compreensão da turma.
- c) Intervenção com o JED - A intervenção ocorreu durante o componente curricular, com a mediação da professora. A mediação foi observada, e o uso do jogo foi conduzido de acordo com os princípios definidos no arcabouço teórico-prático, conforme a 1ª etapa.
- d) Pós-teste integrado à dinâmica do jogo - Diferentemente do pré-teste, o pós-teste (Apêndice C) foi integrado diretamente à experiência do jogo. Após cada módulo de conteúdo, o jogo apresentou questões relacionadas ao conceito trabalhado e funcionou como ferramenta de reforço e avaliação da aprendizagem. Os dados foram registrados para posterior análise de desempenho.
- e) Aplicação do questionário baseado no Modelo ARCS (Apêndice D) (Formato impresso) - Nesta fase, foi avaliada a motivação dos alunos diante do uso do jogo, ao final da intervenção.

Para isso, foi utilizada uma adaptação do Questionário de Motivação para Materiais Instrucionais, do inglês *Instructional Materials Motivational Survey* (IMMS), proposta por Keller (2010) no âmbito do modelo ARCS (Atenção, Relevância, Confiança, Satisfação). O IMMS é um instrumento psicométrico elaborado para avaliar o nível de motivação dos alunos em relação a materiais instrucionais, que permite identificar como determinados recursos, como textos, vídeos ou jogos educacionais, influenciam o interesse, a confiança e a satisfação durante o processo de aprendizagem (Keller, 2010).

O modelo ARCS, que fundamenta o questionário, considera quatro dimensões motivacionais: Atenção, que se refere à capacidade (neste caso, do jogo) de atrair e manter o interesse do aluno; Relevância, relacionada ao grau de conexão percebida entre o conteúdo do jogo e os objetivos, interesses ou experiências prévias dos alunos; Confiança, que diz respeito ao quanto o aluno se sente capaz de aprender ou vencer os desafios propostos pelo recurso; e Satisfação, entendida

como a da sensação de recompensa e valorização ao final da experiência, importante para consolidar o aprendizado e manter o interesse futuro.

A versão adaptada da IMMS utilizada neste estudo contou com 16 assertivas formuladas especificamente para o contexto de aplicação, baseadas nos critérios das quatro dimensões do Modelo ARCS. Todas as assertivas foram organizadas segundo as categorias do modelo, com formulação própria voltada à experiência narrativa, engajamento com o conteúdo e percepção de aprendizagem. Os alunos responderam ao questionário em escala *Likert* de 5 pontos (de *Discordo Totalmente* a *Concordo Totalmente*).

- f) Aplicação do questionário de sugestões de melhoria (Apêndice E) (Formato impresso), com o objetivo de coletar percepções qualitativas dos alunos sobre a experiência e possíveis aprimoramentos do jogo.
- g) Aplicação de questionários (Formato impresso) à professora responsável pela disciplina. Dois momentos distintos de coleta estão previstos: Antes da intervenção, foi aplicado um questionário (Apêndice F) que levantou a percepção da professora sobre as principais dificuldades enfrentadas pelos alunos na aprendizagem da temática Segunda Lei de Mendel. Após a intervenção, um segundo questionário (Apêndice G) foi aplicado para avaliar a experiência da professora com o JED, com foco na eficácia da mediação, percepção de engajamento, aplicabilidade pedagógica e possibilidades de continuidade do uso.

A análise dos dados foi conduzida de forma integrada, considerando múltiplas fontes de evidência para compor uma interpretação dos efeitos da intervenção pedagógica. Serão utilizados os seguintes parâmetros:

- Comparação entre pré e pós-testes aplicados aos alunos, analisada por meio do Teste t de Student para amostras pareadas, com o objetivo de verificar a significância estatística de possíveis avanços no desempenho dos alunos após a utilização do JED;
- Desempenho dos alunos nas etapas do jogo, analisado por meio dos registros automáticos do sistema (*logs*), que permitiram observar acertos e erros em cada desafio proposto;

- Avaliação da motivação dos alunos, realizada por meio da aplicação de um questionário adaptado da *Instructional Materials Motivational Survey* (IMMS), com base no modelo ARCS (Keller, 2010);
- Percepção da professora, a partir das respostas aos questionários aplicados antes e após a intervenção, para a compreensão das dificuldades iniciais dos alunos e da eficácia percebida do jogo como ferramenta de mediação;
- Observações realizadas durante a aplicação do jogo, registradas em diário de campo. O diário de campo, como instrumento de pesquisa qualitativa, foi utilizado para registrar de forma descritiva e reflexiva os eventos observados em sala de aula. As entradas focaram em captar aspectos como o engajamento verbal e não-verbal dos alunos, as interações com o recurso (incluindo eventuais dificuldades de navegação), as estratégias de resolução de problemas utilizadas e as conversas espontâneas entre os pares que pudessem indicar a apropriação dos conceitos.

3.8 ASPECTOS ÉTICOS DA PESQUISA

Esta pesquisa atendeu às normas do Programa de Pós-graduação em Educação Tecnológica (PPGET) e esteve alinhado com a Norma Operacional no 001/2003 do Conselho Nacional de Saúde, além das Resoluções CNS no 466, de 12 de dezembro de 2012 e no 510, de 2016. Destacaram-se como práticas éticas adotadas para preservar a integridade dos participantes, garantir sua liberdade de escola e o sigilo de informações pessoais.

A pesquisa foi conduzida no CEFET-MG e, por envolver seres humanos, a etapa de coleta de dados teve início somente após a aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da instituição. O projeto foi submetido e aprovado na Plataforma Brasil, recebendo o Certificado de Apresentação para Apreciação Ética (CAAE) de número 90016125.8.0000.8507. Conforme ressaltam Freitas *et al.* (2016, p. 25), "a aprovação ética busca garantir que a pesquisa com seres humanos seja realizada com o máximo respeito aos direitos dos participantes".

Foi garantido a todos os participantes o pleno direito de: (a) serem informados sobre todos os aspectos da pesquisa; (b) desistirem da participação a qualquer

momento sem qualquer penalização; (c) terem sua privacidade respeitada; (d) contarem com a confidencialidade das informações pessoais; (e) decidirem quais informações podem ser tratadas publicamente e se desejam ter sua identidade divulgada; (f) serem indenizados por eventuais danos decorrentes da pesquisa, conforme previsto em lei; e (g) receberem ressarcimento por quaisquer despesas diretamente relacionadas à participação na pesquisa, como transporte e alimentação, caso necessário. Todos esses direitos serão claramente comunicados nos termos de consentimento e assentimento.

3.8.1 Critérios de inclusão

Foram incluídos os(as) alunos(as) regularmente matriculados(as) no 2º ano do curso Técnico em Hospedagem do CEFET-MG, turma selecionada para a pesquisa; que esteve presente em sala de aula no dia da aplicação da intervenção pedagógica; que possuiu acesso a um dispositivo com conexão à internet (*smartphone*, tablet ou *notebook*) para a realização da atividade proposta no JED; alunos(as) que entregaram o TCLE devidamente assinado pelos pais ou responsáveis, bem como aqueles que entregaram os TALE assinados.

3.8.2 Critérios de exclusão

Foram excluídos da amostra os alunos que não atenderam os critérios de inclusão listados acima, bem como aqueles que, mesmo atendendo aos critérios, optaram por não participar da atividade de pesquisa no momento da aplicação.

3.8.3 Riscos

Esta pesquisa envolveu riscos mínimos aos participantes, relacionados ao aborrecimento, vergonha ou desconforto eventual durante o preenchimento dos questionários, bem como à exposição a conteúdos no JED que poderiam não ser familiares. No entanto, esses riscos foram considerados comparáveis àqueles encontrados em atividades pedagógicas rotineiras. Para mitigar esses riscos e garantir o bem-estar dos participantes, um conjunto de medidas foi adotado.

Primeiramente, para assegurar a autonomia, os participantes foram informados de que poderiam, a qualquer momento, optar por não responder a determinadas questões ou cancelar sua participação na pesquisa, sem necessidade

de justificativa e sem qualquer prejuízo ou penalização. A adesão foi inteiramente voluntária, e não houve obrigatoriedade de conclusão das atividades propostas.

Para minimizar qualquer desconforto, os instrumentos foram elaborados com linguagem acessível, e o jogo foi estruturado de forma a respeitar a carga cognitiva dos alunos, a fim de promover uma experiência fluida e didática. Durante a aplicação, a pesquisadora esteve disponível para escuta e mediação, com o compromisso de orientar a busca por suporte pedagógico, caso algum participante manifestasse incômodo ou dificuldade.

Por fim, foi esclarecido que, embora não estivessem previstas despesas diretas, qualquer custo que eventualmente decorresse da participação na pesquisa seria devidamente ressarcido pela pesquisadora, mediante comprovação. Em suma, não foram registrados danos físicos, emocionais ou sociais decorrentes da participação no estudo.

3.8.4 Benefícios

Quanto aos benefícios, espera-se que a participação dos alunos proporcione uma aprendizagem mais engajadora sobre os conteúdos da Segunda Lei de Mendel, capaz de favorecer a compreensão de temas que tradicionalmente apresentam alto índice de dificuldade. Para a professora, a pesquisa poderá fornecer insumos práticos sobre o uso de ST em JED, com vistas a contribuir para a diversificação de metodologias no ensino de CNdNT.

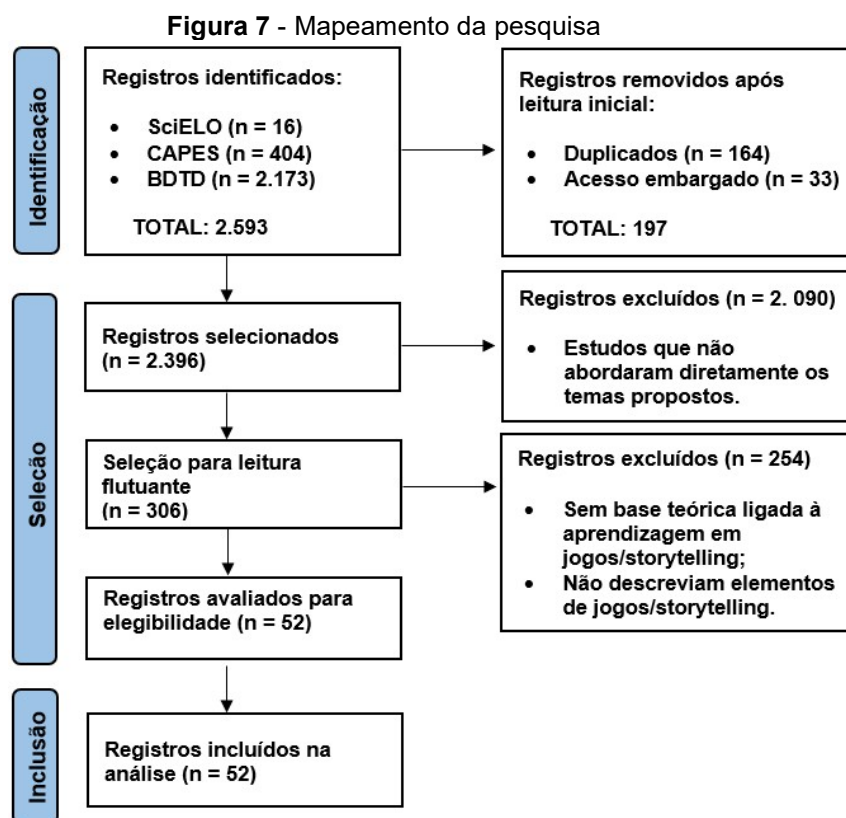
Do ponto de vista científico e educacional, os resultados poderão contribuir para a formulação de um AMP educativas, com potencial de eficácia em outras instituições e contextos da EPT.

CAPÍTULO 4: APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE DADOS

Neste capítulo apresentam-se e discutem-se os resultados obtidos ao longo da pesquisa, com base nas etapas metodológicas delineadas anteriormente. Os dados foram organizados de forma a refletir a sequência lógica do estudo, e contemplou desde a análise teórica inicial até a aplicação prática do JED, apoiado por ST. A discussão é orientada pela Matriz de Correspondência Teórica e Prática, que serviu como guia para integrar os elementos identificados nos referenciais teóricos, *frameworks* e normas educacionais com as observações empíricas realizadas.

4.1 RESULTADO DA 1ª ETAPA: PESQUISA BIBLIOGRÁFICA

O processo de levantamento e seleção dos estudos pode ser visualizado na Figura 7, que sintetiza as etapas de identificação dos registros nas bases de dados, os critérios de exclusão e o número final de publicações analisadas.



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Ao todo, foram identificados 2.593 registros, no quais 16 foram provenientes da SciELO, 404 da CAPES e 2.173 da BDTD. Após a leitura inicial, foram removidos 197 registros por duplicidade ($n = 164$) ou por estarem com acesso embargado ($n = 33$), o que resultou em 2.396 publicações que seguiram para triagem de títulos e resumos. Nessa etapa, foram excluídos 2.090 registros por não tratarem diretamente dos temas propostos. As 306 publicações remanescentes foram selecionadas para leitura flutuante. Em seguida, foram excluídas mais 254 publicações por não apresentarem fundamentação teórica vinculada à aprendizagem mediada por jogos e/ou *storytelling*, ou por não descreverem elementos estruturantes desses recursos. Ao final do processo de triagem e elegibilidade, 52 estudos foram considerados pertinentes e incluídos na análise final.

Após a análise e síntese das informações, foram identificadas as teorias, com ênfase naquelas que possuem relação com o uso de JED. Essas teorias foram agrupadas conforme concepções pedagógicas predominantes na literatura (Tabela 1).

Tabela 1 - Teorias identificadas

Concepção pedagógica	Teoria de aprendizagem	Representante	Frequência
Construtivismo	Aprendizagem cognitiva	Piaget (1970)	6
	Aprendizagem baseada em problemas	Barrows (1960)	10
	Aprendizagem por descoberta	Bruner (1960)	6
	Aprendizagem baseada em casos	Barrows (1990)	3
	Aprendizagem situada	Lave e Wenger (1990)	4
	Atividade lúdica como aprendizagem	Leont'ev (1978)	3
Humanismo	Aprendizagem experiencial	Kolb (1984)	2
Cognitivismo	Teoria do fluxo	Csikszentmihalyi (1990)	6
	Teoria da carga cognitiva	Sweller (1988)	2
	Aprendizagem significativa	Ausubel (1968)	8
Behaviorismo	Reforço e <i>feedback</i> programado	Skinner (1954)	6
	Motivação extrínseca	Deci e Ryan (1985)	5
Sociocultural	Teoria da mediação	Wertsch (1991)	8
	Teoria sociocultural	Vygotsky (1962)	12
	Teoria da atividade	Vygotsky (1998)	3
Conectivismo	Aprendizagem em rede	Siemens (2005)	2

Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Os números indicam a frequência com que cada teoria foi mencionada ou nos 52 estudos selecionados, o que evidenciou o predomínio de abordagens construtivistas e socioculturais, seguidas por teorias cognitivas e motivacionais.

Ainda, com base na análise dos estudos, também foi possível mapear os elementos mais recorrentes associados ao *design* e à aplicação pedagógica de JED e ST. A Tabela 2 apresenta a frequência (menção nos estudos) dos principais elementos identificados, organizados em quatro categorias: elementos de *storytelling*, dinâmicas do jogo, mecânicas do jogo e componentes da interface.

Tabela 2 - Frequência de elementos

Categorias	Elementos	Frequência
<i>Storytelling</i>	Persona	6
	Enredo	8
	Diálogo entre personagens	4
	Mensagem (Falas)	4
	Conteúdo	11
	Transições de cena	3
	Cenário	6
	Imagem (semiótica)	3
Dinâmicas do Jogo	Progressão	12
	Recompensas	10
	Status	7
	Emoções	9
	Constrições	3
	Layout (imersão visual)	9
Mecânicas do Jogo	<i>Feedback</i>	16
	Desafios	12
	Recompensas	13
	Ranking	10
	Dificuldade ajustável	7
	Contagem regressiva	3
	Regras	9
Componentes de Interface	Pontuação	15
	Conquistas	12
	Missões	6
	Avatares	3
	Níveis	12

Fonte: Dados da pesquisa (2025).

A integração efetiva entre JED e ST requer uma fundamentação teórica que justifique as escolhas de *design* e evidencie o potencial pedagógico dessa combinação. A partir da análise sistemática dos elementos identificados na fase anterior e das teorias de aprendizagem mapeadas na literatura, estabeleceu-se uma correlação que demonstra como cada elemento de engajamento encontra sustentação nas bases teóricas educacionais. Esta correlação permite assegurar

que o desenvolvimento do JED focado na Segunda Lei de Mendel não seja apenas tecnicamente viável, mas pedagogicamente eficaz.

A compreensão dos processos de divisão celular representa um desafio recorrente no ensino de CNdNT, devido à natureza abstrata e dinâmica desses fenômenos. A correlação apresentada no Quadro 11 buscou fundamentar a elaboração de recursos pedagógicos que traduzam essa complexidade em experiências de aprendizagem efetivas.

Quadro 11 - Correlação entre elementos de engajamento e bases teóricas

Elementos de engajamento	Teoria(s) correlacionada(s)	Fundamentação da correlação
Elementos de ST		
Persona	Teoria Sociocultural	As personas funcionam como mediadores que facilitam a interação do aprendiz com conceitos abstratos como alelos e segregação independente, criando zonas de desenvolvimento proximal.
Enredo	Aprendizagem Significativa	O enredo contextualiza os experimentos de Mendel em uma narrativa que conecta o conteúdo científico (Segunda Lei) a estruturas conceituais prévias dos alunos (Primeira Lei).
Diálogo entre personagens	Teoria da Mediação	Os diálogos entre personagens representam diferentes perspectivas sobre a hereditariedade, atuando como ferramentas mediadoras que auxiliam na compreensão dos conceitos de di-hibridismo.
Conteúdo	Aprendizagem Baseada em Problemas	O conteúdo sobre a Segunda Lei de Mendel é contextualizado em situações-problema que exigem a compreensão da segregação independente para sua resolução.
Cenário	Aprendizagem Situada	Os cenários (jardim do monastério, laboratório) situam a aprendizagem em contextos autênticos da genética clássica.
Dinâmica do jogo		
Progressão	Teoria do Fluxo	A progressão dos desafios (de cruzamentos simples a diíbridos) mantém o equilíbrio entre o desenvolvimento de habilidades e a complexidade crescente da genética mendeliana.
Recompensas	Teoria do Reforço	As recompensas oferecem <i>feedback</i> positivo ao aluno à medida que ele compreende e aplica corretamente os conceitos da Segunda Lei de Mendel.
Status	Motivação Extrínseca	Os indicadores de progresso visíveis motivam o aluno a avançar na compreensão das proporções fenotípicas esperadas.
Emoções	Aprendizagem Experiencial	As reações emocionais frente às descobertas sobre a herança de características potencializam a retenção dos conceitos de genética.

<i>Layout</i>	Teoria da Carga Cognitiva	A representação visual otimizada do Quadro de Punnett reduz a carga cognitiva extrínseca, permitindo foco no raciocínio combinatório.
Mecânicas do jogo		
<i>Feedback</i>	Teoria do Reforço	O <i>feedback</i> imediato sobre os cruzamentos genéticos orienta o aluno na construção de modelos mentais precisos sobre a hereditariedade.
Desafios	Aprendizagem por descoberta	Os desafios de prever proporções, formar gametas ou preencher o Quadro de Punnett estimulam a investigação ativa dos princípios de Mendel.
Recompensas	Motivação Extrínseca	Sistema de recompensas vinculado à compreensão correta dos mecanismos da Segunda Lei de Mendel satisfaz as necessidades de competência.
Dificuldade ajustável	Zona de Desenvolvimento Proximal	Níveis progressivos de complexidade nos conceitos de genética mendeliana mantêm o aluno em sua zona de desenvolvimento proximal.
Regras	Atividade Lúdica como Aprendizagem	As regras do jogo refletem as regras naturais dos processos biológicos, transformando a compreensão científica em atividade lúdica
Componentes de interface		
Pontuação	Teoria do Reforço	A pontuação proporciona <i>feedback</i> quantitativo sobre o domínio dos conceitos de cruzamentos diíbridos.
Conquistas	Aprendizagem Significativa	As conquistas desbloqueadas representam marcos na construção progressiva do conhecimento sobre a genética mendeliana.
Missões	Aprendizagem Baseada em Problemas	As missões contextualizam a aplicação dos conhecimentos da Segunda Lei de Mendel em problemas de genética relevantes.
Níveis	Teoria do Fluxo/ Aprendizagem Cognitiva	Os níveis estruturam a progressão do conhecimento, desde conceitos básicos da Primeira Lei até aplicações complexas da Segunda Lei de Mendel.

Fonte: Dados da pesquisa (2025).

A correlação apresentada evidencia como cada elemento de engajamento identificado na literatura possui fundamentação teórica consistente. É possível observar a predominância de teorias construtivistas e socioculturais, o que reflete a natureza interativa e social da aprendizagem mediada por tecnologia. Essa correlação foi importante para orientar as decisões de *design* na próxima etapa.

A partir da correlação estabelecida entre elementos de engajamento e bases teóricas, desenvolveu-se uma Matriz de Correspondência Estrutural inicial (Quadro 12) que incorpora *frameworks* e normas elencados nesta pesquisa.

Quadro 12 - Matriz de correspondência estrutural inicial para JED sobre a Segunda Lei de Mendel

Fundamentos teóricos ou metodológicos	Elementos	Framework/ Norma	Princípios de design	Aplicações específicas para a Segunda Lei de Mendel
Teoria Sociocultural	Persona, <i>Feedback</i> , Diálogo	LM-GM <i>Framework (Social Mechanics)</i>	Interação social como mediadora da aprendizagem	Personagens especialistas (Mendel, um geneticista) que dialogam com o usuário, explicando os conceitos de alelos, genótipos e a segregação independente.
Aprendizagem Baseada em Problemas	Conteúdo, Missões, Desafios	SGQF (<i>Instructional Content Quality</i>)	Contextualização do conhecimento em problemas autênticos	Situações-problema como: "Como prever a proporção de ervilhas amarelas e lisas na geração F2?" ou "Um agricultor quer obter uma linhagem pura, como ele deve proceder?".
Aprendizagem por descoberta	Desafios, Progressão	LM-GM <i>Framework (Exploration & Discovery)</i>	Exploração ativa e investigação	Sistema interativo (Quadro de Punnett dinâmico) que permite ao aluno cruzar diferentes genótipos parentais e observar as proporções fenotípicas resultantes.
Teoria do Fluxo	Progressão, Níveis, Dificuldade ajustável	ISO/IEC 9241-210:2019 (<i>User Experience</i>)	Equilíbrio entre desafio e habilidade	Progressão que começa com cruzamentos simples (Primeira Lei) e avança para a complexidade da Segunda Lei, com suporte ajustável (dicas sobre os gametas).
Aprendizagem Significativa	Enredo, Conquistas	GOMII (<i>Narrative Integration</i>)	Ancoragem em conhecimentos prévios	Narrativa que conecta os experimentos de Mendel com a herança de características observáveis em humanos, animais ou plantas familiares aos alunos.
Teoria do Reforço	Recompensas, Pontuação, Feedback	LM-GM <i>Framework (Assessment Mechanics)</i>	<i>Feedback</i> imediato e reforço positivo	Sistema de pontuação que recompensa a correta previsão das proporções genotípicas e fenotípicas nos cruzamentos propostos.
Aprendizagem	Cenário,	ISO/IEC	Autenticidad	Ambiente de jogo que

Situada	<i>Layout</i>	9241-210:2019 (<i>Context of Use</i>)	e contextual	simula o jardim experimental de Mendel ou um laboratório de genética, contextualizando os desafios de forma autêntica.
Teoria da Carga Cognitiva	<i>Layout, Interface</i>	ISO/IEC 25010:2023 (<i>Usability</i>)	Redução da carga cognitiva extrínseca	Interface simplificada que destaca os alelos e a formação dos gametas no Quadro de Punnett, minimizando elementos visuais distrativos.
Motivação Extrínseca	Status, Recompensas	SGQF (<i>Motivational Quality</i>)	Satisfação das necessidades psicológicas básicas	Sistema de conquistas ("Jovem Geneticista", "Mestre de Punnett") que reconhece o domínio progressivo dos conceitos da genética mendeliana.
Aprendizagem Experiencial	Emoções, Progressão	GOMII (<i>Experiential Learning Cycle</i>)	Ciclo completo de experiência-reflexão	Momentos de "descoberta" ao visualizar a segregação independente dos alelos, seguidos por uma reflexão guiada sobre o porquê da proporção 9:3:3:1.

Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Essa matriz foi empregada como um guia dinâmico em todas as fases da pesquisa, para buscar atender a coerência entre fundamentação teórica, desenvolvimento e avaliação do JED. Durante a construção do jogo, ela funcionou como um *checklist* para assegurar que cada elemento esteja alinhado tanto com as teorias de aprendizagem identificadas, quanto com os *frameworks* e normas técnicas. Na fase de aplicação, a matriz permitiu monitorar a eficácia desses fundamentos, por meio da observação das reações dos alunos e da análise de seu desempenho, para identificar se os princípios teóricos promoveram, de fato, o engajamento e a aprendizagem efetiva.

Para operacionalizar a aplicação da matriz em cada etapa do projeto, foram elaboradas recomendações específicas, conforme detalhado no Quadro 13 a seguir.

Quadro 13 - Recomendações operacionais para implementação da matriz no JED sobre a Segunda Lei de Mendel.

Fase do	<i>Frameworks/</i> Normas	Recomendações	Crítérios de avaliação
---------	------------------------------	---------------	------------------------

desenvolvimento	aplicáveis	específicas	
Análise de requisitos	ISO/IEC 9241-210:2019	Identificação das dificuldades específicas dos alunos na compreensão da Segunda Lei de Mendel (ex: raciocínio combinatório)	Clareza na definição das necessidades pedagógicas e lacunas conceituais a serem abordadas
<i>Design</i> pedagógico	LM-GM <i>Framework</i> , SGQF	Alinhamento entre mecânicas de jogo (ex: simulação de cruzamentos) e objetivos de aprendizagem sobre a segregação independente.	Coerência entre as ações do jogador e os conceitos científicos a serem aprendidos
<i>Design</i> narrativo	GOMII	Desenvolvimento de narrativa que contextualiza os experimentos de Mendel em uma história significativa.	Integração fluida entre elementos narrativos e conteúdo científico
Prototipagem	ISO/IEC 25010:2023	Criação de protótipos funcionais que representem os cruzamentos diíbridos e a formação de gametas	Fidelidade científica e usabilidade da representação dos processos celulares
Implementação	LM-GM <i>Framework</i> , ISO/IEC 25010:2023	Concepção das mecânicas de jogo e elementos visuais com precisão nos conceitos de genética mendeliana.	Operacionalização adequada das mecânicas de aprendizagem através das mecânicas de jogo
Testes de usabilidade	ISO/IEC 9241-210:2019	Avaliação da experiência do usuário com foco na compreensão dos conceitos da Segunda Lei de Mendel.	Facilidade de uso e eficácia na transmissão dos conceitos de hereditariedade.
Validação pedagógica	SGQF	Avaliação do impacto no aprendizado dos conceitos da Segunda Lei de Mendel.	Evidências de melhoria na compreensão dos processos celulares após uso do JED

Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Para maximizar a efetividade do JED no ensino da Segunda Lei de Mendel, é importante detalhar como os *frameworks* técnicos se aplicam diretamente aos aspectos críticos desse conteúdo. O Quadro 14, a seguir, apresenta essa aplicação específica.

Quadro 14 - Aplicação dos *frameworks* e normas aos conceitos da Segunda Lei de Mendel

Conceito específico	Framework/ Norma aplicável	Estratégia de implementação	Resultado esperado
Segregação Independente	<i>GOMII</i>	Visualização com narrativa explicativa da separação dos alelos para características diferentes.	Compreensão de que os fatores para duas ou mais características se separam de forma independente na formação dos gametas.
Formação de Gametas (Di-hibridismo)	<i>LM-GM Framework</i>	Mecânica de combinação interativa, onde o aluno forma os possíveis gametas de um indivíduo diíbrido.	Capacidade de identificar e formar corretamente os quatro tipos de gametas possíveis em um cruzamento diíbrido.
Quadro de Punnett (16 combinações)	<i>ISO/IEC 25010:2023</i>	Representação visual sequencial e interativa do preenchimento do quadro, reduzindo a carga cognitiva.	Habilidade de preencher o Quadro de Punnett para um cruzamento diíbrido e identificar os genótipos resultantes.
Proporção Fenotípica 9:3:3:1	<i>LM-GM Framework</i>	Mecânica de contagem e classificação com feedback imediato após o preenchimento do Quadro de Punnett.	Compreensão da origem da proporção fenotípica clássica (9:3:3:1) e capacidade de associá-la aos fenótipos correspondentes.
Relação entre Genótipo e Fenótipo	<i>GOMII</i>	Cenário narrativo que conecta os genótipos (letras) a características visíveis (cor e textura da ervilha) na história.	Entendimento de como as combinações de alelos (genótipo) determinam as características observáveis (fenótipo).
Cálculo de Probabilidades	<i>SGQF</i>	Missões contextualizadas que exigem o cálculo da probabilidade de ocorrência de um fenótipo específico.	Capacidade de aplicar o raciocínio probabilístico para prever os resultados de cruzamentos genéticos.

Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Por fim, durante a análise dos dados, cada componente teórico foi validado (✓/X) (Quadro 15) com base nas evidências empíricas coletadas, o que possibilitará tanto a confirmação de escolhas acertadas quanto o refinamento pontual dos

elementos que eventualmente não tenham alcançado os resultados esperados. Isto permitirá assegurar assim que o arcabouço final surja como uma proposta empiricamente validada.

Quadro 15 - Matriz de Correspondência Estrutural com recomendações de Boas Práticas para o JED sobre a Segunda Lei de Mendel

Fundamento Teórico, Metodológico ou Conceitual	Elemento de Engajamento	Framework/ Norma	Princípio de design aplicado	Recomendações de Boas Práticas	Critério de sucesso	Validação (✓/X)	Ajuste necessário
Teoria Sociocultural	Persona, Diálogo, <i>Feedback</i>	LM-GM	Aprendizagem mediada por interações sociais.	Utilizar a dinâmica entre Mendel, Nex e Luca para mediar o aprendizado de conceitos como di-hibridismo e segregação independente, antecipando dúvidas e guiando o raciocínio.	Interações colaborativas entre alunos observadas durante o uso do jogo		
Aprendizagem Significativa	Enredo, Conquistas	GOMII	Ancoragem do novo conhecimento ao saber prévio do aluno.	Estruturar o aprendizado em torno de um enredo de mistério, ancorando os novos conceitos (di-hibridismo) na revisão da Primeira Lei de Mendel (conhecimento prévio).	Capacidade dos alunos de conectar novos conceitos aos conhecimentos prévios		
Teoria do Reforço	<i>Feedback</i> , Pontuação, Recompensas	LM-GM	Reforço positivo para ações corretas.	Utilizar o quiz no final de cada módulo para reforçar o aprendizado de conceitos como a formação de gametas e a proporção 9:3:3:1, confirmando o conhecimento para avançar na 'investigação'	Níveis altos de concentração e engajamento reportados no questionário		
Teoria da Carga Cognitiva	<i>Layout</i> , Interface	ISO/IEC 25010:2023	Redução da carga cognitiva	Apresentar o Quadro de Punnett de 16	Desempenho progressivo nos		

			extrínseca.	combinações de forma sequencial (vazio, com gametas, preenchido) para reduzir a sobrecarga cognitiva.	módulos do jogo sem sinais de sobrecarga		
Aprendizagem Experiencial	Emoções, Progressão	GOMII	Aprender pela experiência direta e reflexão posterior.	Simular a experiência de descoberta na HQ, onde o aluno "observa" o resultado visual da proporção 9:3:3:1 e vê a reação de eureka do Luca.	Desempenho progressivo nos módulos do jogo sem sinais de sobrecarga		
Aprendizagem por descoberta	Desafios, Missões	LM-GM	Estimular a construção ativa do conhecimento.	Estruturar a narrativa para que o aluno, junto com Luca, redescubra a lógica da Segregação Independente e a proporção 9:3:3:1, em vez de apenas recebê-la pronta.	Capacidade dos alunos de conectar novos conceitos aos conhecimentos prévios		
Aprendizagem Situada	Cenário, Layout	ISO/IEC 9241-210:2019	Contextualização autêntica da aprendizagem.	Ambientar a história no laboratório de genética para contextualizar a prática científica de realizar cruzamentos diíbridos e analisar seus resultados.	Uso adequado de mídias digitais como fontes de aprendizagem durante a narrativa		
Teoria do Fluxo	Progressão, Níveis, Dificuldade	ISO/IEC 9241-210:2019	Equilíbrio entre desafio e habilidade.	Estruturar o jogo em módulos com complexidade crescente, abordando desde os conceitos básicos da 2ª Lei até o cálculo de probabilidades.	Níveis altos de concentração e engajamento reportados no questionário		

Aprendizagem Baseada em Problemas	Conteúdo, Missões	SGQF	Aplicação do conhecimento em situações reais.	Usar o <i>enigma das ervilhas</i> como o problema central que motiva a aprendizagem da Segunda Lei de Mendel para sua resolução.	Capacidade dos alunos de conectar novos conceitos aos conhecimentos prévios		
Motivação Extrínseca	Recompensas, Status	SGQF	Satisfação das necessidades psicológicas básicas.	Inserir um sistema de conquistas progressivas e indicadores de progresso pessoal.	Níveis altos de concentração e engajamento reportados no questionário		
Zona de Desenvolvimento Proximal	Dificuldade Ajustável	LM-GM	Suporte ajustável à complexidade de tarefas.	O Mendel e o Nex funcionam como andaimes (<i>scaffolding</i>), oferecendo explicações sobre a formação de gametas e a lógica do Quadro de Punnett nos momentos de maior complexidade.	Desempenho progressivo nos módulos do jogo sem sinais de sobrecarga		
Teoria da Mediação	Diálogo entre personagens	GOMII	Mediação simbólica e discursiva do conhecimento.	Promover interações discursivas entre personagens para explicar erros ou reforçar conceitos.	Interações colaborativas entre alunos observadas durante o uso do jogo		
Normas ISO							
ISO/IEC 25010:2023 (Qualidade de Software)	Interface, Layout, Usabilidade	--	Qualidade do sistema, portabilidade e segurança.	Garantir responsividade do jogo, compatibilidade com dispositivos diversos e proteção dos	Desempenho progressivo nos módulos do jogo sem sinais		

As dinâmicas do JED foram sistematizadas nesta matriz com base na literatura analisada e em diretrizes de boas práticas, compondo uma etapa preliminar de planejamento e estruturação da intervenção. A incorporação dos elementos de jogos e de ST visa alinhar o *design* do jogo às teorias da aprendizagem, conforme os *frameworks* e normas educacionais identificados na etapa teórica da pesquisa. A validação empírica dessas dinâmicas foi conduzida após a aplicação do jogo, quando os dados obtidos por meio de observação, desempenho dos alunos e respostas aos instrumentos aplicados permitirão analisar o grau de correspondência entre a proposta e os resultados alcançados. Assim, esta etapa representa um esforço de antecipação crítica, que visa propor o desenvolvimento do AMP educativas para a modelagem de JED.

4.2 RESULTADO DA 2ª ETAPA: CONCEPÇÃO DO JED

A 2ª etapa correspondeu à concepção do JED, a intervenção pedagógica desta pesquisa. Este processo foi orientado pela Matriz de Correspondência Estrutural (Quadro 15), que funcionou como guia para assegurar que cada decisão de *design* se mantivesse coerente com as teorias de aprendizagem e com as recomendações de boas práticas identificadas na etapa anterior. A seguir, detalha-se o percurso metodológico desta etapa, desde a prospecção e seleção das ferramentas de autoria até a estruturação final do artefato pedagógico.

4.2.1 Seleção das ferramentas de autoria: *Pixton* e *Quizizz*

A materialização do JED precisou da seleção de ferramentas tecnológicas que suportassem tanto a complexidade da narrativa visual quanto os requisitos de interatividade e coleta de dados da pesquisa. Foi realizada uma prospecção de diversas plataformas de autoria, como *Genially*, *Pixton*, *Quizzez*, *Kahoot!*, *Nearpod* e *Educaplay*, dos quais foram avaliados frente aos critérios do arcabouço. O resultado dessa análise levou à adoção de uma abordagem combinada, com a utilização de duas plataformas distintas e complementares: *Pixton*¹² e *Quizizz*¹³.

¹² Pixton é uma plataforma de autoria baseada na web, focada na criação de histórias em quadrinhos por meio da manipulação de personagens, cenários e objetos pré-definidos. Disponível em: <https://app.pixton.com/#/>.

¹³ Quizizz é uma plataforma online de gamificação para a educação, que permite a criação de questionários interativos (*quizzes*). A ferramenta opera em modos síncronos e assíncronos, incorpora elementos de jogo e gera relatórios de desempenho para análise do professor. Disponível em: <https://quizizz.com>.

A concepção do componente de ST do JED partiu da necessidade de uma representação visual para o roteiro *O Enigma da Receita Genética*. O formato de História em Quadrinhos (HQ) foi selecionado por sua capacidade de apresentar informações de maneira multimodal, que combinou elementos textuais e imagéticos para sequenciar os eventos e as explicações conceituais.

Para a materialização desta narrativa visual, a plataforma de autoria selecionada foi o *Pixton*. A escolha foi fundamentada em sua especialização na criação de HQ, visto que oferece uma estrutura de painéis sequenciais e elementos de interface nativos, como balões de diálogo e legendas (Figura 8).

Figura 8 - Interface de criação da HQ na plataforma Pixton



Fonte: Captura de tela da plataforma *Pixton* (2025).

A plataforma permitiu a construção dos personagens e cenários da narrativa por meio de sua biblioteca de ativos visuais, e a manipulação de suas expressões faciais e posturas foi um recurso utilizado para transmitir as reações de dúvida e descoberta definidas no roteiro. Adicionalmente, um critério de viabilidade relevante foi o modelo de acesso da ferramenta, que disponibiliza um plano gratuito para educadores, fator que reduz barreiras para a adoção e replicação da prática por outros docentes. Essa abordagem instrumental, que não exige conhecimento em programação, permitiu que o foco da pesquisadora se mantivesse no desenvolvimento do conteúdo pedagógico e do roteiro, em vez de nos desafios técnicos de *design* gráfico.

Para a implementação da camada de interatividade, gamificação e avaliação do JED, a plataforma *Quizizz* (recentemente renomeada para *Wayground*) foi selecionada por sua profunda compatibilidade com múltiplos princípios definidos no arcabouço desta pesquisa. Seus elementos de gamificação, como sistemas de pontuação, *feedback* imediato e *rankings* de desempenho, alinham-se diretamente à Teoria do Reforço e aos princípios de Motivação Extrínseca.

Contudo, a relação se estende para além da gamificação. A funcionalidade Lição da plataforma foi um recurso metodológico relevante, pois, conforme ilustrado na Figura 9, permitiu integrar o ST visual, desenvolvido no *Pixton*, com os momentos de verificação de conhecimento (pós-teste), e criar um fluxo contínuo entre a narrativa e a avaliação.

Figura 9 - Interface de edição do JED na plataforma Quizizz.



Fonte: Captura de tela da plataforma Quizizz (2025).

Por sua vez, essa estrutura modular alinhou-se diretamente aos princípios da Teoria da Carga Cognitiva, pois permitiu que o conteúdo fosse apresentado em segmentos menores e sequenciais, e evitou a sobrecarga de informação.

Ademais, as próprias questões do quiz funcionam como os *desafios* propostos pela Aprendizagem por Descoberta, que transformam o aluno de um receptor passivo da narrativa em um agente ativo que precisa aplicar o conhecimento para progredir. Essa progressão através dos módulos, com perguntas que evoluem em complexidade, também dialoga com a Teoria do Fluxo, que busca

manter um equilíbrio entre o desafio proposto e a habilidade do aluno. Portanto, a escolha da ferramenta não se deu apenas por suas funcionalidades de engajamento, mas por sua capacidade de suportar uma estrutura pedagógica multifacetada, conforme delineado no arcabouço teórico desta pesquisa.

4.2.2 Estrutura narrativa e pedagógica do ST

O planejamento do ST constituiu a etapa de tradução dos princípios do arcabouço teórico em uma prática pedagógica concreta. Para tal, a aprendizagem da Segunda Lei de Mendel foi estruturada como um processo de investigação, e não como uma mera recepção de conteúdo. O roteiro, intitulado Gregor Mendel: Viajante Genético, utiliza um enredo de mistério para contextualizar o conteúdo científico. Essa abordagem implementa preceitos da Aprendizagem Baseada em Problemas (Barrows, 1996), ao apresentar ao aluno um problema: o enigma da herança de múltiplos caracteres, que serve como fio condutor para a busca por conhecimento. A solução do enigma não é exposta, mas construída pelo aluno, o que se alinha à Aprendizagem por Descoberta (Bruner, 1966).

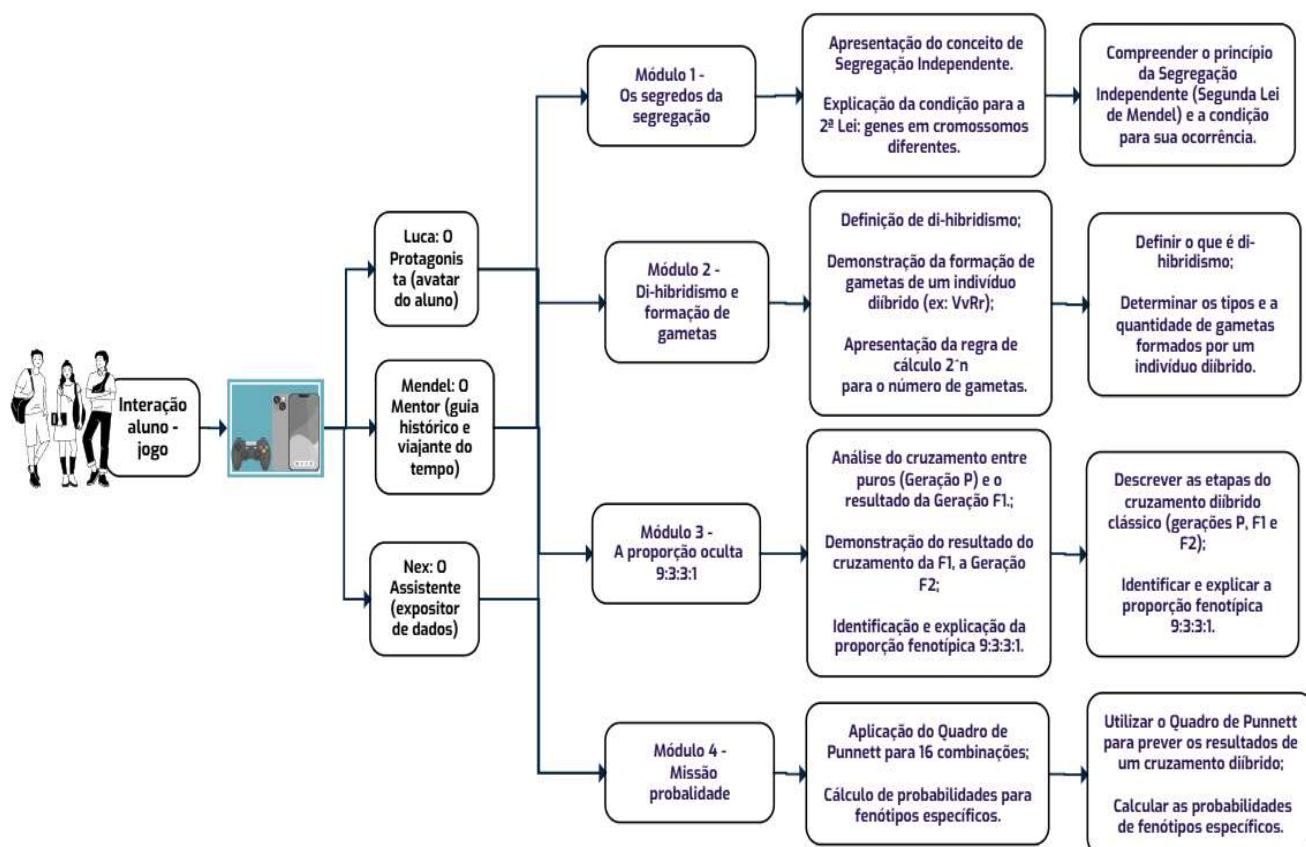
Para além da estrutura narrativa, os personagens foram desenvolvidos de forma articulada ao *design* narrativo, com cada figura que exerceu uma função pedagógica específica. O protagonista, Luca, funciona como um avatar para o aluno, cujas dúvidas e reações verbalizaram os possíveis obstáculos cognitivos do aprendiz. Gregor Mendel foi posicionado como a figura do mentor, o par mais experiente que provê os andaimes (*scaffolding*) necessários para que o aluno transite por sua ZDP (Vygotsky, 1978). As explicações e metáforas de Mendel constituem a mediação que conecta o conhecimento prévio do aluno aos novos conceitos.

O *design* da apresentação do conteúdo foi estruturado com base na Teoria da Carga Cognitiva (Sweller, 1988). A função do assistente Nex como expositor visual de dados é uma aplicação direta desta teoria. Ao externalizar informações complexas, como a formação de gametas e o preenchimento do Quadro de Punnett, em projeções claras e objetivas, o JED busca reduzir a carga cognitiva extrínseca, ou seja, o esforço mental que não está diretamente ligado ao aprendizado. Adicionalmente, o personagem funciona como um mecanismo de exemplo trabalhado (*worked example*), ao demonstrar o processo de resolução e permitir que

o aluno alocue seus recursos cognitivos para a compreensão da lógica subjacente, em vez de se sobrecarregar com o procedimento em si.

Essa mesma preocupação com a gestão cognitiva se reflete na estrutura modular da narrativa, detalhada na Figura 10.

Figura 10 - Infográfico da estrutura pedagógica e modular do ST.



Fonte: Elaborado pela autora (2025), com a utilização da ferramenta Venngage.

A segmentação do conteúdo em quatro módulos sequenciais aplica o princípio de segmentação da Teoria da Carga Cognitiva (Sweller, 1988), que recomenda a divisão de materiais complexos em partes menores para otimizar a assimilação pela memória de trabalho. Cumulativamente, a progressão da complexidade entre os módulos, partindo de conceitos (Módulo 1) para a aplicação em cálculos de probabilidade (Módulo 4), foi projetada para criar as condições para um estado de Fluxo (Csikszentmihalyi, 1990), no qual se buscou manter um equilíbrio entre o nível de desafio crescente e a habilidade em desenvolvimento do aluno.

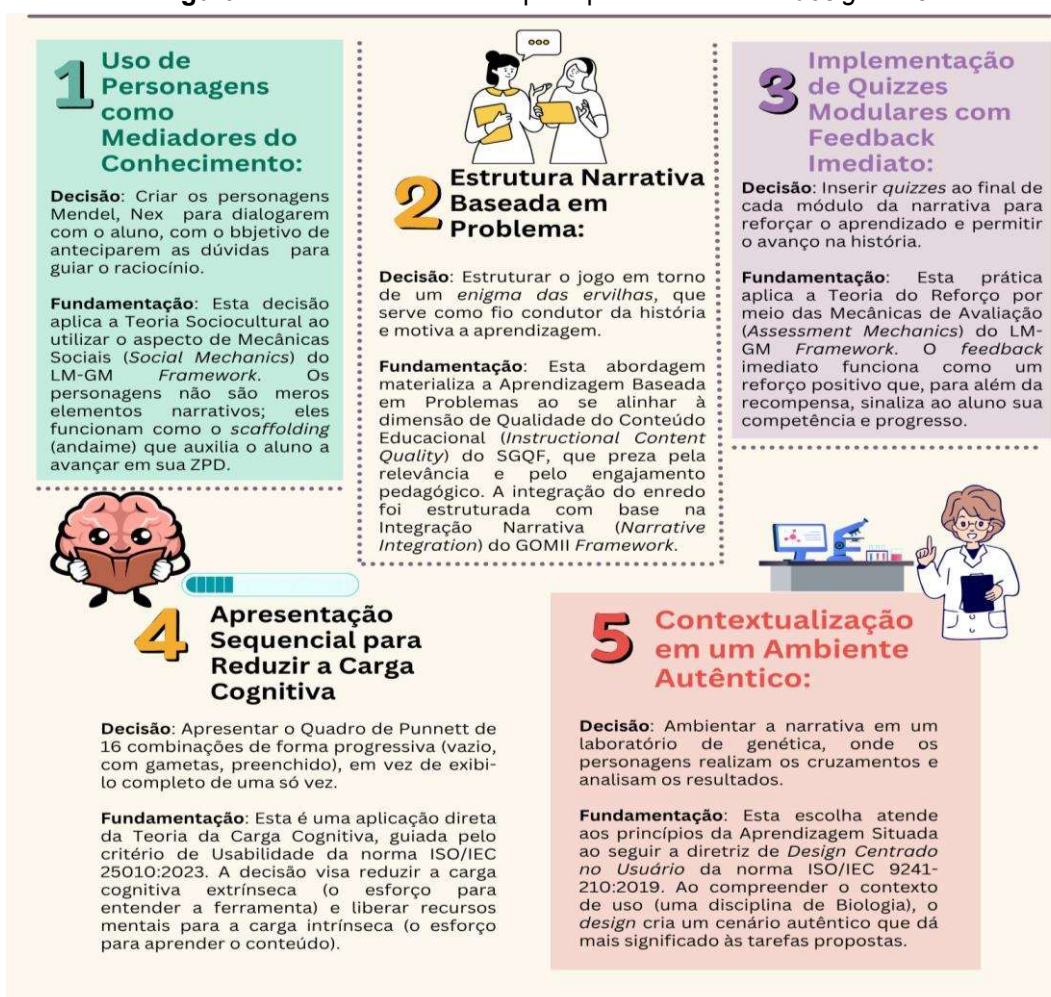
Finalmente, o tom e a linguagem do roteiro foram definidos como um recurso para gerenciar o domínio afetivo da aprendizagem. A utilização do humor visa

reduzir a ansiedade que pode estar associada aos componentes matemáticos da genética, com o objetivo de otimizar a receptividade do aluno ao conteúdo e, consequentemente, a motivação para a tarefa. O roteiro completo, com todos os diálogos e cenas, encontra-se no Apêndice H.

4.2.3 Decisões de *design* orientadas pelo AMP

Uma vez apresentada a estrutura narrativa e pedagógica do JED, faz-se necessário explicitar como sua concepção foi guiada pelo AMP. O desenvolvimento do jogo resultou de uma aplicação intencional da Matriz de Correspondência Estrutural (Quadro 15 – seção 4.1), e não de decisões arbitrárias. A Figura 11, a seguir, sintetiza as cinco principais decisões de *design*.

Figura 11 - Síntese visual das principais decisões de *design* do JED



Fonte: Elaborado pela autora (2025), com a utilização da ferramenta Canva.

A Figura 11 ilustra a funcionalidade da Matriz de Correspondência Estrutural como uma ponte metodológica capaz de traduzir referenciais teóricos em decisões

de *design* intencionais e aplicáveis. O desenvolvimento do JED resultou de um raciocínio sistemático orientado por essa matriz, que se mostrou um instrumento eficaz de apoio ao *design* educacional. Sua utilização possibilitou delinear um percurso estruturado, no qual cada escolha pedagógica e estética pôde ser justificada com base em fundamentos teóricos e técnicos, superando práticas de criação sustentadas apenas pela intuição. A partir da consolidação dessas decisões, a pesquisa avançou para a etapa de aplicação do JED e subsequente coleta de dados, culminando na validação do AMP em sua versão final.

4.3 RESULTADO DA 3ª ETAPA: APLICAÇÃO DO JED E COLETA DE DADOS

A aplicação da intervenção pedagógica e a coleta de dados ocorreram em uma turma do 2º ano do curso Técnico em Hospedagem do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG), Campus Nova Suíça. A turma era composta por 37 alunos regularmente matriculados. O processo foi executado de forma sequencial ao longo de quatro semanas, conforme detalhado a seguir.

O procedimento iniciou na primeira semana com a apresentação da pesquisa e da pesquisadora à turma. Nesta ocasião, foram distribuídos os TCLE¹⁴ aos alunos menores de idade para serem assinados pelos responsáveis, com um prazo de devolução de uma semana. Os três alunos maiores de 18 anos presentes consentiram e assinaram o termo no mesmo dia. Na mesma ocasião, a professora responsável pela turma também assinou o TCLE e respondeu ao questionário inicial da pesquisa.

Na segunda semana, foram recolhidos os TCLE assinados e aplicados os TALE aos demais participantes. A amostra total de alunos matriculados era de 37, no entanto, 33 alunos participaram integralmente da intervenção pedagógica. Os 4 alunos restantes foram excluídos da amostra por não atenderem aos critérios de inclusão (que inclui a ausência no dia da aplicação do JED). Nessa mesma semana, foi disponibilizado um questionário *online* para a coleta de dados sobre o perfil tecnológico dos alunos.

A terceira semana foi dedicada à aplicação dos instrumentos de avaliação de conteúdo. No início da aula, foi aplicado o pré-teste em formato impresso. Em seguida, os alunos realizaram a intervenção principal por meio do JED Gregor

¹⁴ Os TCLE (Responsável e Professora) e TALE (Aluno) encontram-se dispostos nos apêndices I, J e K, respectivamente.

Mendel: Viajante Genético, que continha o pós-teste integrado à sua estrutura, sendo respondido ao final de cada módulo.

É importante destacar que os 4 alunos restantes, que não integraram a amostra de pesquisa, continuaram a frequentar a aula. Para garantir o acesso ao conteúdo curricular e cumprir o rigor ético, estes alunos receberam o conteúdo da intervenção por meio de atividades didáticas convencionais, sendo excluídos apenas dos instrumentos de coleta de dados da pesquisa (pré-teste, JED, ARCS, etc.).

Por fim, na quarta semana, foram aplicados e recolhidos os instrumentos finais em formato impresso: o questionário de avaliação da experiência baseado no modelo ARCS e o questionário qualitativo com sugestões de melhorias (Apêndice K). A conclusão desta etapa marcou o encerramento da coleta de dados em campo, cujos resultados serão analisados nos tópicos subsequentes.

4.3.1 Caracterização dos participantes

A amostra final que participou de todas as etapas da intervenção pedagógica (pré-teste, uso do JED e pós-teste) foi composta por 33 alunos. A participação integral em todas as fases constituiu um critério de inclusão indispensável para a amostra de análise estatística. Este rigor metodológico foi adotado para garantir a validade do Teste t para amostras pareadas, uma vez que este método exige que haja dados completos de Pré-teste e Pós-teste do mesmo grupo de participantes.

A docente envolveu-se em duas dimensões complementares: primeiramente, atuou como mediadora, juntamente com a pesquisadora, na aplicação do jogo em sala de aula; em seguida, como avaliadora qualificada do artefato didático. Sua participação contribuiu para a obtenção de percepções acerca da aplicabilidade pedagógica do jogo e de sua consonância com os objetivos curriculares.

Do total de alunos matriculados ($n = 37$), participaram da intervenção 33, dos quais 23 se declararam do gênero feminino e 10 do gênero masculino. A idade média observada foi de 17,2 anos (desvio padrão $\sigma = 0,7$), o que denota um grupo etariamente homogêneo. Essa semelhança na amostra fortalece a validade da pesquisa, pois reduz a interferência de variáveis como a idade nos resultados de aprendizagem e permite atribuir com maior segurança os efeitos observados à intervenção realizada (Sampieri; Collado; Lucio, 2013).

4.3.2 Análise do perfil tecnológico

Nesta seção, são apresentados os dados coletados pelo *Questionário de perfil de alunos, recursos tecnológicos e frequências de uso*. O objetivo deste instrumento foi caracterizar a amostra de participantes para contextualizar a aplicação do JED e verificar a viabilidade técnica da intervenção. O questionário foi respondido por 18 dos 33 alunos participantes. É importante ressaltar que, devido ao número de respondentes, os dados a seguir fornecem um panorama do subgrupo participante, mas não podem ser generalizados para a totalidade da turma, constituindo uma limitação na caracterização da amostra.

A amostra de respondentes ($n = 18$) do primeiro questionário é composta por jovens com idades entre 16 e 18 anos. No que tange ao acesso e uso de dispositivos, os dados confirmam a alta fluência digital do grupo. Todos os 18 alunos relataram utilizar *smartphones* semanalmente, e o acesso à *internet* é predominantemente residencial. Essa percepção foi corroborada pela observação participante em sala de aula, na qual os demais alunos também demonstraram familiaridade e desenvoltura no manuseio de seus dispositivos durante a realização da atividade. Esses dados, em conjunto, validam que os participantes possuíam a competência digital e o acesso à tecnologia necessários para interagir com a intervenção proposta.

Em relação às preferências de estudo, os resultados indicam uma receptividade a formatos multimodais. Dos 18 respondentes, 15 afirmaram ter alta preferência por textos impressos, enquanto 11 também indicaram alta preferência por gravações de vídeo. É relevante observar que essas preferências não são mutuamente exclusivas: os alunos valorizam textos impressos como material de referência, mas também demonstram abertura a formatos audiovisuais. Este dado é significativo para a pesquisa, pois reforça o potencial de uma ferramenta como a HQ, que integra elementos textuais e visuais de forma complementar, de ser bem acolhida pelos alunos.

Finalmente, a análise da relação dos alunos com jogos digitais buscou justificar a abordagem pedagógica deste estudo. Dos 18 respondentes, 11 afirmaram jogar frequentemente ou todos os dias, e 15 relataram já ter tido contato anterior com jogos de objetivo educacional. De forma ainda mais contundente, 16 dos 18 alunos concordaram ou concordaram totalmente que aprender por meio de

jogos pode facilitar o entendimento de conteúdos escolares. Estes resultados indicam que o JED se alinha aos interesses e às práticas de lazer dos participantes. Mais importante, a percepção positiva sobre a aprendizagem baseada em jogos sugere que os alunos estavam cognitivamente e afetivamente receptivos à intervenção proposta, criando um contexto favorável para a pesquisa.

4.3.3 Avaliação do desempenho

Neste tópico, realiza-se uma análise do desempenho dos alunos, em função dos métodos de avaliação, em dois momentos: antes e depois da intervenção com o JED. O objetivo é, em primeiro lugar, caracterizar o conhecimento prévio da turma sobre os princípios da hereditariedade e, posteriormente, avaliar o desempenho após a aplicação do artefato pedagógico.

4.3.3.1 Diagnóstico qualitativo do conhecimento prévio (análise do Pré-teste)

A análise das questões abertas do pré-teste permitiu diagnosticar o estado inicial do conhecimento dos alunos. Os resultados evidenciaram um entendimento predominantemente intuitivo e conceitual sobre a hereditariedade, com uma base sólida da Primeira Lei de Mendel, mas com dificuldades evidentes na articulação de mecanismos genéticos formais para cenários de di-hibridismo.

Na questão sobre a independência de características (Q2), por exemplo, uma maioria de 28 dos 33 alunos (85%) hipotetizou corretamente que os traços (cor do cabelo e capacidade de enrolar a língua) seriam herdados de forma independente. Contudo, a análise das justificativas demonstrou que este acerto se baseava em observações do cotidiano, e não em um modelo genético. As respostas frequentemente mencionavam a falta de conexão lógica entre os traços, como ilustrado por um aluno: *“Acho que são transmitidas de forma independente, porque uma característica não interfere na outra, a cor do cabelo não interfere no fato da pessoa conseguir enrolar a língua”*. Outro aluno respondeu de forma similar: *“Independentemente, pois o que define a cor do cabelo não é o mesmo que define a capacidade de enrolar a língua”*. Nenhum participante mencionou cromossomos ou a segregação de alelos.

Este padrão se repetiu na questão sobre a possibilidade de novas combinações fenotípicas (Q3). Dos 33 alunos, 31 (94%) afirmaram corretamente que um cruzamento entre plantas de sementes amarelas/lisas e verdes/rugosas poderia

gerar descendentes com novas combinações. As explicações, embora corretas em sua essência, demonstravam um raciocínio conceitual amplo, como na fala de um aluno: *“Os filhos herdam características genéticas dos dois, podendo vir uma característica de um e outra de outro, formando uma terceira”*. Essas respostas permitiram verificar que os alunos possuíam uma noção correta do *resultado* final da segregação independente (a variabilidade), mas não do *processo* que a origina.

A percepção geral sobre a natureza da genética foi investigada na questão 8 (*loteria ou regras?*). Dos 33 alunos, 30 (91%) afirmaram acreditar que a herança segue *regras* previsíveis. Um aluno justificou: *“Existem regras, pois existem as probabilidades, não sendo apenas sorte”*. Isso indica que a aula anterior sobre a Primeira Lei foi eficaz em estabelecer a ideia da genética como uma ciência com princípios e viabilizou a introdução de um modelo matemático mais complexo.

Em suma, a análise qualitativa do pré-teste caracteriza uma turma que já compreendia a existência de regras na hereditariedade e intuía corretamente sobre a independência e a recombinação de características. No entanto, a base de conhecimento era conceitual e anedótica, que carecia da estrutura formal necessária para articular o mecanismo da formação de gametas e para resolver problemas de di-hibridismo. Este diagnóstico elucidou que o principal desafio pedagógico não era convencer os alunos de que a segregação independente ocorre, mas sim ensinar o *como* e o *porquê* ela ocorre.

4.3.3.2 Análise comparativa de desempenho (Pré-teste vs. Pós-teste)

Para a análise comparativa, foi realizada a pontuação das questões do Pré-teste que mensuravam o domínio de conhecimentos prévios factuais. A Tabela 3 apresenta a pontuação individual de cada um dos 33 alunos em ambos os testes, bem como o a evolução do desempenho observado.

Tabela 3 - Desempenho dos alunos no pré-teste e no pós-teste.

ID do Aluno	Desempenho Pré-teste (%)	Desempenho Pós-teste (%)	Diferença de Desempenho (%)
A1	33,3%	100,0%	+66,7%
A2	33,3%	70,0%	+36,7%
A3	33,3%	100,0%	+66,7%
A4	33,3%	80,0%	+46,7%
A5	33,3%	100,0%	+66,7%

A6	66,7%	90,0%	+23,3%
A7	33,3%	90,0%	+56,7%
A8	0,0%	70,0%	+70,0%
A9	33,3%	100,0%	+66,7%
A10	66,7%	100,0%	+33,3%
A11	33,3%	70,0%	+36,7%
A12	0,0%	80,0%	+80,0%
A13	0,0%	100,0%	+100,0%
A14	0,0%	90,0%	+90,0%
A15	66,7%	60,0%	-6,7%
A16	66,7%	100,0%	+33,3%
A17	66,7%	100,0%	+33,3%
A18	33,3%	90,0%	+56,7%
A19	33,3%	70,0%	+36,7%
A20	0,0%	100,0%	+100,0%
A21	33,3%	60,0%	+26,7%
A22	33,3%	100,0%	+66,7%
A23	33,3%	90,0%	+56,7%
A24	66,7%	100,0%	+33,3%
A25	33,3%	90,0%	+56,7%
A26	33,3%	90,0%	+56,7%
A27	66,7%	80,0%	+13,3%
A28	33,3%	80,0%	+46,7%
A29	0,0%	100,0%	+100,0%
A30	33,3%	90,0%	+56,7%
A31	33,3%	100,0%	+66,7%
A32	33,3%	100,0%	+66,7%
A33	0,0%	60,0%	+60,0%

Fonte: Dados da pesquisa (2025).

A análise individual dos dados apresentados na Tabela 3 permite observar a consistência do efeito da intervenção. Com a exceção de um único participante (A15), todos os demais 32 alunos apresentaram um desempenho positivo. Nota-se o número de alunos (12 de 33) que alcançaram a pontuação máxima no pós-teste,

bem como os casos (A13, A20, A29) que partiram de um conhecimento prévio nulo nas questões objetivas e atingiram 100% de acerto após a utilização do JED.

Os resultados quantitativos denotaram uma melhora no desempenho dos alunos após a intervenção com o JED. A média de acertos, que partiu de 36,4% no pré-teste, alcançou 87,9% no pós-teste. O desempenho no pré-teste (Média = 36,4%, desvio padrão $\sigma = 26,5$) indica um domínio parcial dos conceitos prévios necessários para o novo conteúdo. O valor elevado do desvio padrão, quando comparado à média, aponta para uma acentuada heterogeneidade no conhecimento inicial do grupo, que pode indicar que os alunos iniciaram a atividade com níveis de domínio bastante distintos entre si. Já o desempenho no pós-teste (Média = 87,9%, desvio padrão $\sigma = 14,3$) demonstra um alto índice de acertos nas questões relativas ao conteúdo abordado na intervenção. É notório a redução no valor do desvio padrão em comparação com o pré-teste, o que aponta para uma maior homogeneidade no desempenho do grupo após a utilização do JED. Portanto, os dados indicam para uma transição de um estado de desempenho inicial heterogêneo e com menor índice de acertos para um estado de desempenho final com maior consistência e alto índice de acertos entre os alunos.

A redução no desvio padrão (de 26,5 para 14,3) mostra que a intervenção contribuiu para uma maior homogeneização do aprendizado. Este efeito pode ser correlacionado a práticas do arcabouço, como a estrutura modular e as explicações visuais do personagem Nex, que aplicam a Teoria da Carga Cognitiva (Sweller, 1988) para facilitar a assimilação de informações complexas. Da mesma forma, a mediação realizada pelo personagem Mendel, conforme a Teoria Sociocultural (Vygotsky, 1978), pode ter fornecido o suporte (*Scaffolding*) necessário para que alunos com diferentes níveis de conhecimento prévio alcançassem os objetivos de aprendizagem, resultando em um desempenho mais nivelado na avaliação final.

4.3.3.3 Teste *t* de Student

Para a execução prática da análise estatística, o procedimento no Excel envolveu as seguintes etapas sequenciais:

1. Organização dos dados: As pontuações do pré-teste foram inseridas na coluna B (B2:B34) e as do pós-teste na coluna C (C2:C34), com cada linha representando um participante.

2. Aplicação da função TESTE.T: Utilizou-se o comando =TESTE.T(B2:B34; C2:C34;1;1), onde:

- B2:B34: intervalo das pontuações do pré-teste (33 participantes)
- C2:C34: intervalo das pontuações do pós-teste (33 participantes)
- 1: teste unicaudal (direcionado)
- 1: tipo 1 (amostras pareadas)

3. Resultado obtido: Consequentemente, o Excel retornou o valor 2,48239E-14, que representa a notação científica para um número extremamente pequeno.

Relativamente ao formato de apresentação dos resultados, o valor 2,48239E-14 obtido no *Excel* utiliza notação científica, onde: E-14 significa multiplicado por 10 elevado a -14 e o valor real é: 0,00000000000000248239.

Consequentemente, este número é tão próximo de zero que, para todos os efeitos práticos, pode ser considerado zero. Tal resultado indica que a probabilidade de a diferença observada ter ocorrido por mero acaso é praticamente impossível.

No contexto das práticas científicas padronizadas, conforme estabelecido pelas convenções acadêmicas internacionais, valores-p extremamente pequenos são reportados de forma padronizada para facilitar a comunicação científica (Triola, 2017). Nesse sentido, a hierarquia convencional é:

- $p < 0,05$: resultado estatisticamente significativo
- $p < 0,01$: resultado altamente significativo
- $p < 0,001$: resultado extremamente significativo

Dessa forma, quando o valor-p é menor que 0,001 (como no caso de 2,48239E-14), a convenção acadêmica estabelece que deve ser reportado como $p < 0,001$, considerando: a Precisão desnecessária: Saber se a probabilidade é 1 em trilhão ou 1 em quatrilhão não altera a conclusão científica; a Padronização: Facilita a comparação entre estudos e a compreensão pelos leitores; e a Honestidade científica: Reconhece os limites práticos da precisão estatística.

Tendo em vista a aplicação do procedimento metodológico descrito, os resultados foram:

Comando executado: =TESTE.T(B2:B34; C2:C34;1;1)
Resultado bruto: 2,48239E-14
Interpretação: $p < 0,001$ (extremamente significativo)

Ao considerar o valor-p obtido ($p < 0,001$), verifica-se que há menos de 0,1% de probabilidade de a melhoria observada no desempenho dos alunos ter ocorrido por acaso, assumindo que o JED não tivesse efeito real algum (hipótese nula). Uma vez que essa probabilidade é muito menor que o nível de significância padrão na área da educação ($\alpha = 0,05$ ou 5%), rejeita-se a hipótese nula (inexistência de efeito do JED) com elevada confiança.

Cumulativamente, o valor extremamente baixo do p-valor sugere que a diferença é estatisticamente significativa e que: a melhoria foi consistente (A maioria dos alunos apresentou ganhos de desempenho); a melhoria foi substancial (As diferenças individuais foram grandes o suficiente para superar a variabilidade natural); e o efeito é robusto (É altamente improvável que seja resultado de fatores aleatórios).

Diante dos dados estatísticos, a análise denota evidência quantitativa da eficácia da intervenção pedagógica. Assim, conclui-se, com elevado grau de confiança estatística, que a utilização do JED resultou em melhorias no desempenho dos alunos. Tal evidência reforça a relevância do experimento para a validação de tecnologias educacionais, ao demonstrar que as mudanças observadas dificilmente ocorreriam por acaso, indicando efeito real da intervenção.

Por fim, a análise através do Teste t de Student para amostras pareadas demonstrou de forma inequívoca que a implementação do JED resultou em melhoria estatisticamente significativa no desempenho dos alunos ($p < 0,001$). Portanto, o resultado fornece suporte empírico robusto para a eficácia da intervenção pedagógica, contribuindo para o corpo de evidências sobre o potencial dos jogos educacionais digitais como ferramentas de aprendizagem.

4.3.4 Análise da Experiência e Motivação: Resultados do Questionário ARCS

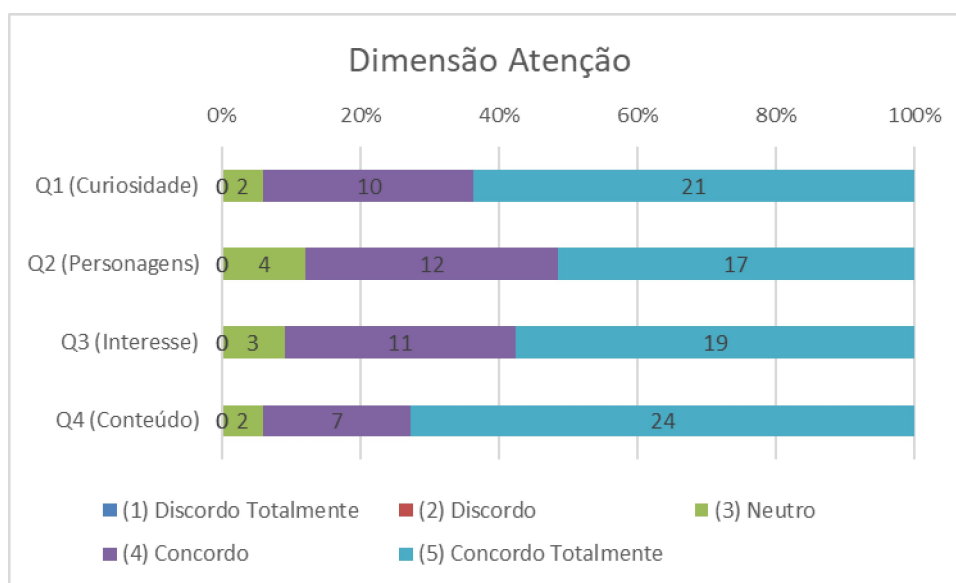
Para além da avaliação do ganho de conhecimento, esta pesquisa buscou compreender a dimensão motivacional da experiência dos alunos com o JED. Para tal, foi aplicado um questionário fundamentado no Modelo ARCS de *Design* Motivacional, proposto por Keller (2010). Este modelo postula que a motivação para a aprendizagem é influenciada por quatro Dimensões: Atenção, Relevância, Confiança e Satisfação (Keller, 2010). A análise dos dados coletados por meio deste instrumento, portanto, tem como objetivo avaliar a eficácia do JED em estabelecer e

sustentar a motivação dos alunos. Nos subtópicos a seguir, serão apresentados e discutidos os resultados para cada uma das quatro dimensões do modelo.

4.3.4.1 Análise da Dimensão Atenção

A primeira dimensão do Modelo ARCS, Atenção, refere-se à necessidade de capturar o interesse dos alunos e estimular sua curiosidade para despertar e sustentar a motivação. Segundo Keller (2010), a atenção pode ser obtida por meio da ativação perceptual (com novidade e surpresa) ou da ativação da curiosidade (com problemas e enigmas). Esta seção analisa a capacidade do JED em cumprir esses pré-requisitos com base nas respostas dos 33 participantes. Os resultados da distribuição de respostas para esta dimensão estão detalhados no Gráfico 1.

Gráfico 1 - Distribuição das respostas para a dimensão Atenção



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

A análise dos dados revela uma percepção altamente positiva dos participantes nesta dimensão, com uma média geral de 4,53 (desvio padrão $\sigma = 0,63$), indicando que as estratégias utilizadas para engajamento foram eficazes. A análise aprofundada de cada assertiva permite correlacionar este resultado a práticas específicas do arcabouço.

O ponto de maior concordância foi na afirmação Q4: *"a história (narrativa) apresentada no jogo tornou o conteúdo mais interessante e fácil de entender"* ($M=4,67$), com 31 dos 33 participantes (94%) concordando ou concordando totalmente. Este resultado é uma evidência central para a pesquisa, pois valida a

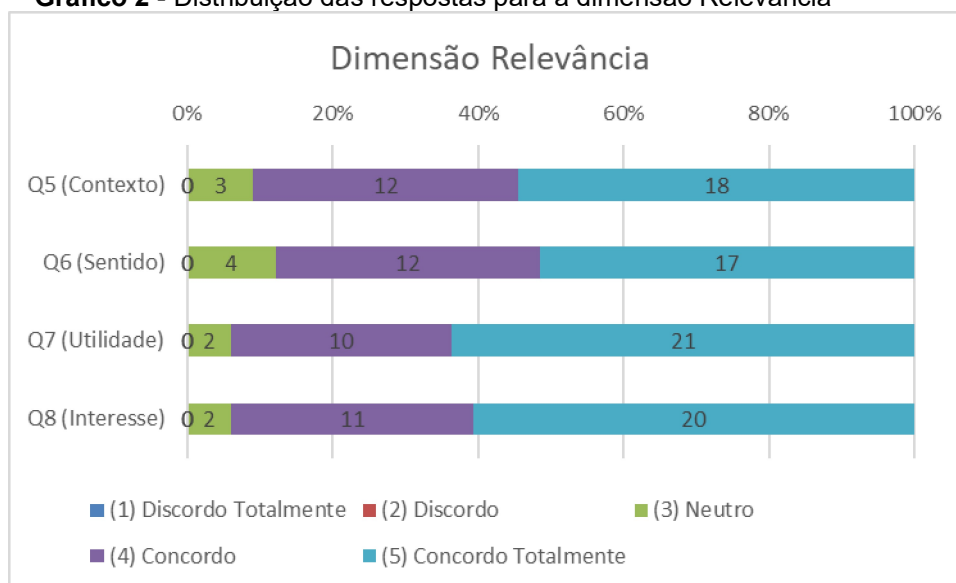
prática de que o ST pode funcionar não apenas como um elemento de entretenimento, mas como uma ferramenta que facilita a cognição, tornando o conteúdo mais acessível.

Este dado é corroborado pelos altos índices de concordância nas afirmações que medem a ativação da curiosidade (*inquiry arousal*). A assertiva Q1, que avalia o gancho inicial da história (*A narrativa... me deixou curioso para continuar explorando*), obteve uma média de 4,58. Similarmente, a Q3, que mede a capacidade da trama de manter o interesse (*As situações... me fizeram querer descobrir o que aconteceria a seguir*), alcançou uma média de 4,48. Estes resultados sugerem que a boa prática de estruturar o aprendizado como um enredo de mistério, fundamentada na Aprendizagem Baseada em Problemas (Barrows, 1996), foi bem-sucedida em engajar os alunos em uma jornada de descoberta.

Uma nuance importante surge na análise da assertiva Q2 ("Os personagens... chamaram minha atenção"), que mede a ativação perceptual (M=4,39). Embora ainda muito positiva, foi a média mais baixa da dimensão e a que apresentou o maior número de respostas neutras (4 alunos). Isso pode indicar que, para este grupo, a força da trama e a vontade de resolver o enigma (ativação da curiosidade) foram fatores de atenção ainda mais fortes do que o apelo dos personagens individualmente. Ainda assim, a média elevada valida a prática de usar personagens como mediadores do engajamento, conforme a Teoria Sociocultural (Vygotsky, 1978). Em síntese, os dados desta dimensão indicam que o JED foi altamente eficaz em capturar e sustentar a atenção, validando as práticas de uso de enredo e personagens do arcabouço.

4.3.4.2 Análise da Dimensão Relevância

A segunda dimensão do Modelo ARCS, Relevância, avalia a percepção do aprendiz sobre a importância do conteúdo e sua conexão com suas metas pessoais, interesses ou experiências prévias (Keller, 2010). Segundo o autor, para que a motivação se mantenha, o aluno precisa compreender o valor daquilo que está aprendendo. Esta seção analisa em que medida o JED conseguiu estabelecer essa percepção de relevância, com base nas afirmações 5 a 8 do questionário (N=33). Os resultados da distribuição de respostas para esta dimensão estão detalhados no Gráfico 2.

Gráfico 2 - Distribuição das respostas para a dimensão Relevância

Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Os dados demonstram uma avaliação positiva por parte dos participantes, com uma média geral para a dimensão de 4,48 (desvio padrão $\sigma = 0,61$). A afirmação de que *o conteúdo apresentado no jogo pareceu útil para a disciplina de Biologia* (Q7) obteve a maior média ($M=4,58$), com 32 dos 33 alunos (97%) concordando ou concordando totalmente. A capacidade do jogo de despertar o interesse em aprofundar os estudos sobre genética (Q8, $M=4,55$) e de fazer sentido na relação entre a história e as atividades (Q6, $M=4,45$) também receberam avaliações positivas.

Essa percepção de relevância pode ser diretamente associada a uma prática central do arcabouço: o uso do *storytelling* como um mecanismo para promover a Aprendizagem Significativa (Ausubel, 1968). A teoria de Ausubel (1968) postula que a aprendizagem se torna significativa quando o novo conteúdo consegue se ancorar em estruturas de conhecimento preexistentes. O enredo de *Gregor Mendel: Viajante Genético* atuou como essa *ponte cognitiva*, ao contextualizar os conceitos abstratos da Segunda Lei de Mendel em um problema a ser resolvido. Ao invés de apresentar fórmulas e leis de forma isolada, o JED inseriu-as em uma narrativa, conferindo-lhes propósito e, consequentemente, relevância para o aluno.

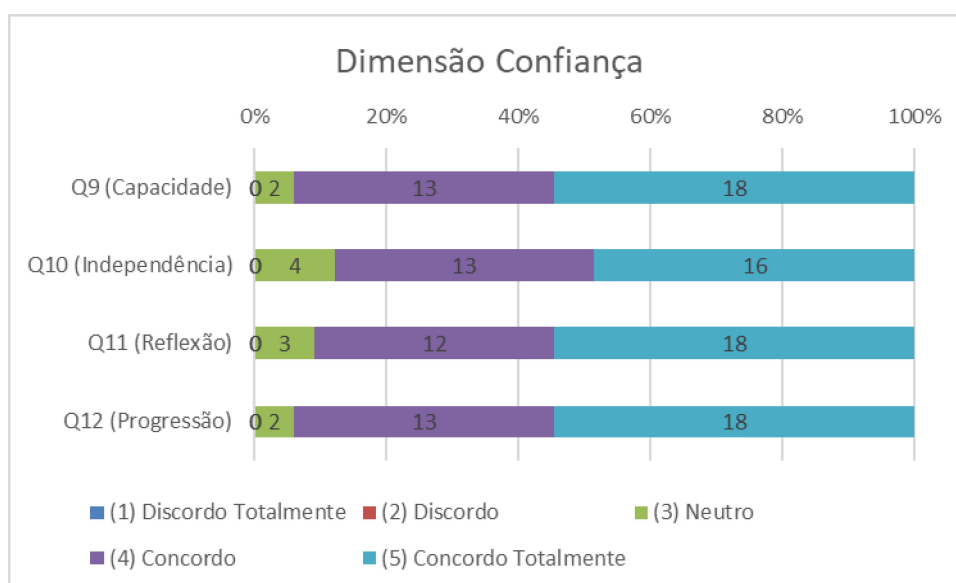
A alta concordância dos alunos de que a experiência despertou o interesse em saber mais sobre o tema (Q8) é uma evidência de que a estratégia narrativa foi bem-sucedida em conectar o conteúdo curricular com a motivação intrínseca do aluno. A narrativa tornou o conteúdo "*interessante*" e "*útil*" (Q7), validando a prática

do *storytelling* como uma ferramenta eficaz para estabelecer a relevância do material de estudo, um pré-requisito para uma aprendizagem mais efetiva.

4.3.4.3 Análise da Dimensão Confiança

Subsequentemente à análise da relevância, a terceira dimensão do Modelo ARCS, Confiança, examina a percepção do aluno sobre sua própria capacidade de ser bem-sucedido na tarefa de aprendizagem (Keller, 2010). De acordo com o autor, para que a motivação se consolide, o aluno precisa acreditar que o sucesso é possível através de seu esforço. Fatores como a clareza dos objetivos, a estrutura do desafio e o *feedback* podem contribuir para construir essa percepção. Esta seção, portanto, analisa os dados das afirmações 9 a 12 do questionário, com os resultados detalhados no Gráfico 3.

Gráfico 3 - Distribuição das respostas para a dimensão Confiança



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Os resultados desta dimensão apontam para uma percepção de confiança positiva entre os participantes, com uma média geral de 4,44 (desvio padrão $\sigma = 0,63$). A afirmação Q9, que avalia se o aluno se sentiu *capaz de entender as informações apresentadas sem precisar de explicações externas*, obteve uma das maiores médias ($M=4,48$), com 31 dos 33 alunos (94%) concordando ou concordando totalmente. A percepção de que a progressão do jogo deu confiança

para continuar explorando (Q12, $M=4,48$) também foi um dos pontos de maior concordância.

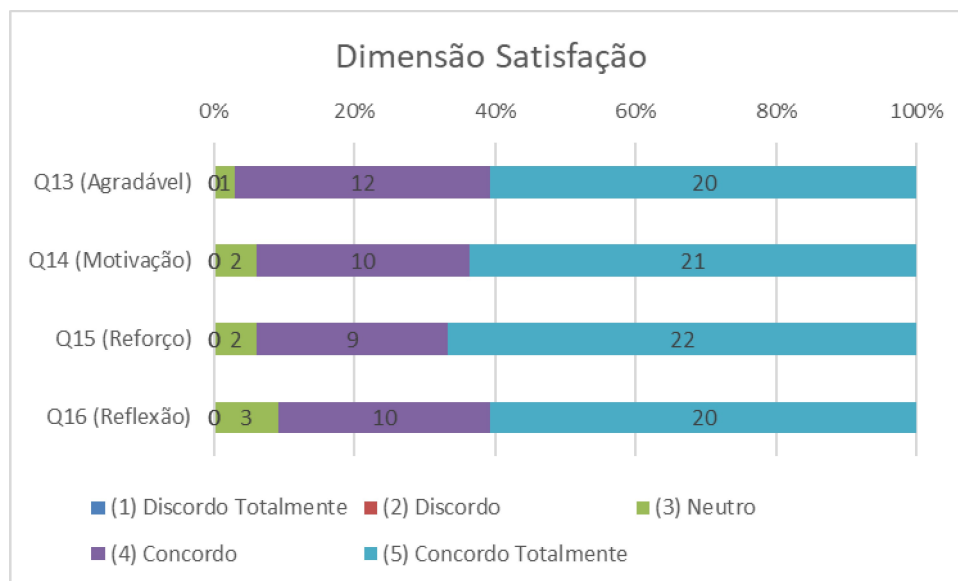
A percepção de confiança relatada pelos alunos pode ser correlacionada a duas práticas centrais do arcabouço. Primeiramente, a estrutura modular do JED, com uma progressão de dificuldade planejada, parece ter promovido um estado de Fluxo (Csikszentmihalyi, 1990). Ao apresentar os conceitos em uma ordem crescente de complexidade (dos princípios básicos da segregação até os cálculos de probabilidade), o jogo buscou manter um equilíbrio entre o desafio e a habilidade do aluno. O resultado positivo na afirmação Q12, sobre a confiança para seguir explorando, sugere que essa prática foi bem-sucedida em evitar a frustração e a ansiedade, construindo a autoconfiança do aprendiz.

Em segundo lugar, a alta concordância na afirmação Q9, sobre a capacidade de entender as informações de forma autônoma, valida a eficácia dos personagens como mediadores do conhecimento, uma aplicação da Teoria Sociocultural (Vygotsky, 1978). O suporte instrucional (*scaffolding*) oferecido pelos diálogos de Mendel e pelas projeções visuais de Nex parece ter fornecido o apoio necessário para que os alunos se sentissem seguros para construir o raciocínio por conta própria. A ferramenta não ofereceu respostas prontas, mas os *andaimes* para que os alunos pudessem chegar às suas próprias conclusões. Em suma, contribuiu para o desenvolvimento da confiança e da autonomia intelectual.

4.3.4.4 Análise da Dimensão Satisfação

Finalmente, a quarta dimensão do Modelo ARCS, Satisfação, avalia o resultado da experiência de aprendizagem (Keller, 2010). Esta dimensão refere-se ao sentimento de recompensa e de valorização que o aluno obtém ao final da atividade, seja por reforços extrínsecos (como pontuações) ou intrínsecos (como o prazer da descoberta) (Keller, 2010). Uma experiência satisfatória consolida o aprendizado e aumenta a probabilidade de o aluno se engajar em atividades similares no futuro. A análise desta dimensão, com base nas afirmações 13 a 16 do questionário, é detalhada no Gráfico 4.

Gráfico 4 - Distribuição das respostas para a dimensão Satisfação



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Os resultados desta dimensão (Média geral = 4,55; desvio padrão $\sigma = 0,61$) indicam um nível de satisfação elevado entre os participantes. A afirmação Q15, que avalia se os *desafios e a forma como o jogo progrediu me ajudaram a sentir que eu estava realmente aprendendo*, obteve a maior média ($M=4,61$), com 31 dos 33 alunos (94%) concordando ou concordando totalmente. Da mesma forma, a percepção de que a experiência de aprender por meio de uma história foi agradável (Q13, $M=4,58$) e a disposição para utilizar jogos similares em outras disciplinas (Q14, $M=4,58$) também foram avaliadas positivamente.

A alta pontuação na dimensão Satisfação, sobretudo na afirmação Q15, pode ser interpretada à luz da filosofia de Spinoza (2009). A Satisfação, conforme mensurada pelo modelo ARCS, pode ser interpretada como a evidência empírica do afeto de alegria (*laetitia*): o afeto que corresponde à passagem para um estado de maior perfeição, ou seja, a um aumento da potência de agir. Dessa forma, a satisfação reportada pelos alunos transcende a recompensa externa (pontuação) e revela-se como a percepção consciente do afeto de alegria imanente ao próprio ato de compreender e dominar um conhecimento.

Adicionalmente, os resultados positivos na Q13 (*A experiência de aprender por meio de uma história foi agradável*) e na Q16 (*A narrativa me fez refletir sobre o tema de uma forma que eu não tinha pensado antes*) validam a aplicação da Aprendizagem Experiencial (Kolb, 1984). O ST foi capaz de proporcionar uma experiência concreta e emocional, tendo em vista que os alunos não apenas viram

um conteúdo científico, mas participaram de uma *aventura* com os personagens. A reflexão gerada pela narrativa, conforme indicado pelos alunos na Q16, completa o ciclo de aprendizagem experiencial, que transformou a atividade em um evento de aprendizado memorável e satisfatório. A alta concordância na Q14, sobre o desejo de replicar a experiência, é um forte indicador do sucesso da intervenção em gerar uma atitude positiva duradoura em relação à aprendizagem baseada em jogos.

4.3.4.5 Análise de confiabilidade do instrumento (Alfa de Cronbach)

Para além da análise das percepções, a validação de um instrumento de coleta de dados exige a verificação de sua confiabilidade. A confiabilidade, neste contexto, refere-se à consistência interna da escala ARCS, ou seja, em que medida os itens que compõem cada dimensão estão correlacionados e medem o mesmo construto subjacente (motivação) (Devellis, 2021). Para esta verificação, foi empregado o coeficiente Alfa de Cronbach (Cronbach, 1951), um dos métodos mais amplamente utilizados para estimar a confiabilidade de escalas psicométricas em pesquisas nas ciências sociais e da educação.

O coeficiente é calculado através da seguinte fórmula matemática:

$$\alpha = \frac{k}{k-1} \times \left(1 - \frac{\sum \sigma_i^2}{\sigma_t^2} \right)$$

Onde:

- α = coeficiente Alfa de Cronbach
- k = número total de itens da escala
- $\sum \sigma_i^2$ = soma das variâncias individuais de todos os itens
- σ_t^2 = variância total dos escores totais dos participantes

Interpretação dos componentes da Fórmula:

1. $k/(k-1)$: Este termo é conhecido como *fator de correção de Spearman-Brown*¹⁵ e ajusta o coeficiente conforme o número de itens na escala. Quanto maior o número de itens, maior tende a ser o valor do alfa, desde que os itens sejam correlacionados (Streiner, 2003).

¹⁵ O fator de correção de Spearman-Brown, representado na fórmula do Alfa de Cronbach pelo termo $k/(k-1)$, tem a função de ajustar o coeficiente de consistência interna conforme o número de itens (k) da escala. A lógica subjacente é que, mantendo-se a correlação média entre os itens, um teste com mais itens tende a apresentar maior fidedignidade. Conforme aponta Streiner (2003), quanto maior o número de itens, maior tende a ser o valor do Alfa, desde que os itens sejam correlacionados.

2. $\Sigma\sigma^2_i$ (soma das variâncias individuais): Representa a variabilidade específica de cada item individual. Quando os itens possuem baixa variância individual (respostas muito homogêneas), este valor é menor, o que pode indicar pouca discriminação entre os respondentes (Field, 2014).

3. σ^2_t (variância total): Reflete a variabilidade total dos escores somados de todos os participantes. Uma alta variância total, combinada com baixa variância individual dos itens, resulta em maior consistência interna (Hair *et al.*, 2014).

4. $(1 - \Sigma\sigma^2_i / \sigma^2_t)$: Esta razão representa a proporção da variância total que é atribuída à variância verdadeira (não ao erro). Quando esta proporção se aproxima de 1, indica alta consistência interna (George; Mallery, 2019).

O cálculo do coeficiente Alfa de Cronbach foi realizado no *software Microsoft Excel*, seguindo procedimento sistemático. A escolha do *Excel* justifica-se por sua ampla disponibilidade, facilidade de auditoria dos cálculos e capacidade de processar adequadamente dados de escalas Likert (Pallant, 2020).

O procedimento metodológico consistiu nas seguintes etapas sequenciais:

a) Organização da matriz de dados: Os dados brutos foram organizados em uma planilha com 33 linhas (participantes) e 16 colunas (itens da escala ARCS), com vistas a garantir a integridade e completude do conjunto de dados.

b) Cálculo das variâncias individuais: Para cada um dos 16 itens da escala, foi calculada a variância amostral utilizando a fórmula $\sigma^2 = \Sigma(xi - \bar{x})^2 / (n-1)$, onde n representa o número de participantes (n=33). Esta etapa resultou em 16 valores de variância individual.

c) Soma das variâncias individuais: Os 16 valores de variância foram somados, obtendo-se $\Sigma\sigma^2_i = 13,925$. Este valor representa a variabilidade total atribuída aos itens individuais.

d) Cálculo dos escores totais: Para cada participante, foi calculada a pontuação total somando suas respostas nos 16 itens da escala. Os escores totais variaram de 123 a 159 pontos, com média de 142,06 pontos.

e) Cálculo da variância total: A partir dos escores totais dos 33 participantes, foi calculada a variância total ($\sigma^2_t = 126,76$) e utilizado o divisor n-1 para correção amostral, conforme recomendado na literatura estatística (Tabachnick; Fidell, 2019).

f) Aplicação da fórmula: Finalmente, os valores foram inseridos na fórmula do Alfa de Cronbach: $\alpha = (16/15) \times (1 - 13,925/126,76)$, resultando em $\alpha = 0,919$.

Este procedimento foi replicado de forma independente para cada uma das quatro subescalas (Atenção, Relevância, Confiança e Satisfação).

Os valores do coeficiente Alfa de Cronbach variam de 0 a 1 (Tabela 4), sendo que valores mais próximos de 1 indicam maior consistência interna. Conforme diretrizes amplamente aceitas na literatura psicométrica:

Tabela 4 - Consistência interna do questionário segundo o valor de alfa

Valor de alfa	Consistência interna
$\alpha \geq 0,90$	Excelente
$\alpha \geq 0,80$	Boa
$\alpha \geq 0,70$	Aceitável
$\alpha \geq 0,60$	Questionável
$\alpha < 0,60$	Pequeno

Fonte: Adaptado de Hair *et al.* (2014)

A Tabela 5 mostra os resultados desta análise:

Tabela 5 - Coeficientes de Alfa de Cronbach para a Escala ARCS

Escala / Subescala	Nº de Itens	Coeficiente Alfa (α)	Classificação (Hair <i>et al.</i>, 2014)
Escala Completa (ARCS Total)	16	0,919	Excelente
Dimensão Atenção	4	0,851	Boa
Dimensão Relevância	4	0,889	Boa
Dimensão Confiança	4	0,882	Boa
Dimensão Satisfação	4	0,912	Excelente

Fonte: Dados da pesquisa (2025).

O valor de alfa obtido para a escala completa foi de $\alpha = 0,919$, o que indica um nível de confiabilidade excelente segundo os critérios estabelecidos por Hair *et al.* (2014). Este resultado conferiu um alto grau de validade interna ao instrumento utilizado e evidenciou que os 16 itens do questionário funcionaram de forma coesa e convergente para mensurar o construto latente *motivação* conforme operacionalizado pelo modelo ARCS de Keller (2010).

A magnitude do coeficiente ($\alpha = 0,919$) indica que aproximadamente 91,9% da variância nos escores totais pode ser atribuída à variância verdadeira do construto, enquanto apenas 8,1% representa erro de medição (Devellis, 2021). Esta

proporção é considerada altamente satisfatória em pesquisas nas ciências sociais aplicadas (Nunnally; Bernstein, 1994).

As quatro subescalas também apresentaram índices de confiabilidade consistentemente elevados, com valores variando entre $\alpha = 0,851$ (Atenção) e $\alpha = 0,912$ (Satisfação). Todos os coeficientes situaram-se acima do limiar mínimo de 0,70 recomendado para pesquisas exploratórias e bem acima do critério mais refinado de 0,80 sugerido para pesquisas confirmatórias (Hair *et al.*, 2014).

4.4.5 Análise qualitativa das percepções dos alunos

A análise qualitativa das percepções dos alunos após a intervenção com o JED *Gregor Mendel: Viajante Genético* foi realizada através de cinco questões abertas que buscaram compreender a experiência de aprendizagem sob diferentes dimensões. Mediante análise temática das respostas (n=33), emergiram padrões que forneceram evidências empíricas para a validação do arcabouço de boas práticas proposto nesta pesquisa.

4.4.5.1 Percepção sobre a narrativa e os personagens

A percepção dos alunos sobre a narrativa e os personagens denotou recepção positiva, com evidências que corroboram os princípios da Teoria Sociocultural. Esta teoria postula que o desenvolvimento cognitivo ocorre através da interação social e da mediação simbólica, onde ferramentas culturais facilitam a internalização do conhecimento (Vygotsky, 1978). Conforme relatado por um participante (A1): *“a história e a narrativa nos prendem no jogo, deixando mais interessante e aumentando a vontade de aprender sobre a matéria”*. Esta manifestação valida o critério de sucesso relacionado aos níveis altos de concentração e engajamento, bem como demonstra que a mediação através dos personagens Mendel, Nex e Luca foi eficaz.

Outro participante (A7) destacou que *“consegui compreender melhor a matéria, de uma maneira descontraída e que chamou atenção”*, o que evidenciou a eficácia da aprendizagem mediada por interações sociais proposta pelo *framework* LM-GM. Tal percepção alinha-se com o princípio de *design* que utilizou a dinâmica entre personagens para mediar o aprendizado de conceitos como di-hibridismo e segregação independente.

Entretanto, emergiram perspectivas críticas que refletem características específicas dos participantes. Conforme registrado no diário de campo, a maioria dos alunos demonstrou baixa tolerância a atividades que exigem leitura continuada, mesmo quando os textos eram concisos. Esta observação contextualiza a percepção de um participante (A6): *"acho que a história ajudou de certa forma a tornar o conteúdo mais fácil de entender, mas ela não me prendeu nem despertou curiosidade (...) senti que o jogo ficou um pouco cansativo"*.

A observação de um participante (A19) que considerou *"a parte dos personagens desnecessária, o importante eram as informações"* conecta-se à Teoria das Inteligências Múltiplas de Gardner (1983), que propõe que indivíduos possuem diferentes capacidades cognitivas relativamente independentes. Esta teoria aponta que algumas pessoas têm maior afinidade com a inteligência lógico-matemática e preferem informações diretas e estruturadas, enquanto outras respondem melhor à inteligência linguística ou interpessoal, beneficiando-se de narrativas e interações sociais. A manifestação do participante (A19) indica possível predominância da inteligência lógico-matemática, explicando sua preferência por abordagens informacionais diretas.

4.4.5.2 Percepção sobre o visual e a clareza

No que concerne aos aspectos visuais e à clareza da apresentação dos conceitos, as respostas demonstraram a eficácia das estratégias baseadas na Teoria da Carga Cognitiva de Sweller (1988). Esta teoria estabelece que a arquitetura cognitiva humana possui capacidade limitada de processamento simultâneo, sendo necessário organizar a informação de forma a minimizar a carga cognitiva estranha e otimizar a carga cognitiva relevante (Sweller, 1988). Conforme relatado por um participante (A1): *"me ajudou a visualizar o conteúdo. Não, não teve nenhuma parte visualmente confusa"*, validando o princípio de *design* que apresenta *"o Quadro de Punnett¹⁶ de 16 combinações de forma sequencial para reduzir a sobrecarga cognitiva"*.

Outro participante (A6) observou que *"os quadrinhos estavam relativamente claros, as imagens e o passo a passo ajudaram a acompanhar o raciocínio"*, fornecendo evidência direta para o critério de sucesso relacionado ao desempenho progressivo nos módulos sem sinais de sobrecarga. Esta percepção confirma a

¹⁶ Está inserido no ST, apêndice H.

adequação da estratégia de apresentação sequencial e graduada dos conceitos complexos, na qual cada etapa é construída sobre a anterior sem sobrecarregar a memória de trabalho.

Contudo, identificaram-se outros pontos específicos de dificuldade relacionados ao contexto de aplicação. Conforme relatado por um participante (A4): *"mais ao final do jogo, fiquei um pouco perdida para entender o cálculo e a proporção"*, indicando que a progressão da complexidade conceitual, embora estruturada segundo a Teoria da Carga Cognitiva, pode ter sido comprometida pela fadiga cognitiva acumulada. Esta fadiga relaciona-se à combinação de ritmo de navegação controlado (sem possibilidade de pausas estratégicas), pressão temporal externa e demanda contínua de processamento informacional em contexto onde o aluno não controla o tempo de leitura e reflexão.

De forma complementar, o participante (A9) identificou confusão *"quando os quadros foram ficando maiores"*, ao sugerir que o aumento da densidade informacional visual pode ter exigido maior capacidade de processamento. Esta percepção, aliada às observações de campo sobre a impaciência manifestada pelos alunos diante de textos mais extensos (fenômeno já contextualizado como resultado da ausência de controle sobre o ritmo de leitura), indica a necessidade de balanceamento criterioso entre densidade informacional e o contexto específico de aplicação, especialmente quando não há autonomia do usuário sobre o tempo de processamento.

4.4.5.3 Percepção sobre o formato de jogo e o desafio

A análise das percepções sobre o formato de jogo e os desafios propostos revelou validação dos princípios da Aprendizagem Baseada em Problemas. A Aprendizagem Baseada em Problemas pressupõe que o conhecimento se constrói através da resolução de problemas autênticos e contextualização real (Barrows, 1996). Conforme relatado por um participante (A1): *"as perguntas estavam na medida certa e me ajudou a testar meu conhecimento sem consulta"*, evidenciando adequação entre o nível dos desafios propostos e as capacidades dos alunos.

Um participante (A6) observou que os desafios *"eram bons desafios, pois abordavam questões que haviam sido apresentadas durante a história"*, validando o princípio de design que utiliza *"o enigma das ervilhas como problema central que motiva a aprendizagem da Segunda Lei de Mendel"*. Esta percepção confirma a

eficácia da estratégia de contextualização através de problemas autênticos, onde o conteúdo surge como ferramenta necessária para resolver o enigma proposto.

A observação de um participante (A9), que destacou que *os quizzes faziam você prestar mais atenção para responder as perguntas corretamente*, ilustra o mecanismo pelo qual o desafio se converte em engajamento, algo que pode ser analisado pela ótica de Spinoza (2009). O ato de *prestar mais atenção*, descrito pelo aluno, pode ser compreendido como o *conatus* (o esforço de perseverar) em ação. Nessa perspectiva, o aluno se engaja cognitivamente não em troca de uma recompensa externa, mas pelo desejo imanente de arranjar um *bom encontro* (o acerto da questão) para experimentar o afeto de alegria e o consequente aumento da sua potência de agir. O desafio do *quiz*, portanto, não é visto como um obstáculo, mas como um catalisador para o esforço do aluno em expandir sua própria capacidade.

Contudo, emergiram percepções que indicam variações nas capacidades individuais. Conforme relatado por um participante (A12): *"achei as questões fáceis"*, foi demonstrado que alguns alunos possuem capacidades superiores que demandam desafios mais complexos. Esta observação conecta-se ao conceito de ZDP de Vygotsky (1978), que estabelece a distância entre o nível de desenvolvimento atual e o nível potencial sob orientação adequada.

Cabe ressaltar que a Teoria do Fluxo (Flow) não foi adequadamente validada neste contexto. A falha na manutenção do estado de imersão, característico do fluxo, pode ser atribuída a uma combinação de fatores. O primeiro foi um fator externo não controlado (a convocação inesperada dos alunos para uma palestra escolar), que gerou pressão temporal e ansiedade. O segundo foi um fator de *design* interno: a decisão metodológica de controlar centralmente o ritmo de navegação para evitar a competitividade disfuncional. Embora eficaz nesse objetivo, essa limitação gerou atrito na experiência (conforme observado no diário de campo e nas sugestões dos alunos), uma vez que anulou o equilíbrio entre desafio e habilidade para aqueles que desejavam avançar em seu próprio ritmo e, assim, prejudicou as condições para o estado de fluxo.

4.4.5.4. Comparação com métodos tradicionais de ensino

A comparação entre o JED e os métodos tradicionais de ensino indicou uma percepção distinta sobre o engajamento dos alunos. A fala de um participante (A1)

ilustra essa diferença: "mais, porque o jogo prende a minha atenção e traz a competitividade, diferente de uma aula de 2 horas". A menção à "atenção" e à "competitividade" corrobora a eficácia dos elementos de motivação extrínseca, implementados no arcabouço com base no *framework* SGQF (*Framework* de Qualidade para Jogos Sérios). Essa abordagem encontra respaldo na Teoria da Autodeterminação (Deci; Ryan, 2000), que postula que a motivação extrínseca, quando adequadamente estruturada, pode facilitar o engajamento e, eventualmente, apoiar o desenvolvimento da motivação intrínseca.

Outro participante (A10) relatou: *"acredito que mais, pois a dinâmica despertou maior interesse"*, validando o critério de sucesso relacionado aos níveis altos de concentração e engajamento. Esta percepção confirma a eficácia dos elementos de gamificação na promoção da motivação para aprendizagem.

Contudo, identificaram-se preferências individuais por abordagens tradicionais. Conforme relatado por um participante (A3): *"para mim, o melhor método de aprendizado ainda é uma aula tradicional, pois acho que consigo focar melhor no que está sendo passado e realizar minhas anotações"*. Esta manifestação sugere que, embora o JED seja eficaz para muitos alunos, existe variabilidade nas preferências individuais de processamento informacional.

A observação de um participante (A5) foi que *"comparando com uma aula tradicional, acredito que esse tipo de jogo funciona melhor como uma revisão de conteúdo do que como primeiro contato"* se conecta à Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel (1968). Esta teoria postula que a aprendizagem ocorre quando novas informações se conectam com conhecimentos prévios existentes na estrutura cognitiva. O participante sugere que o JED é mais eficaz quando os alunos já possuem subsunçores (conhecimentos âncora) estabelecidos, facilitando a ancoragem dos novos conceitos.

Um participante (A26) indicou que *"os jogos combinados com uma aula tradicional ajudariam mais do que um desses isolado"*, indicando compreensão intuitiva sobre a complementaridade metodológica. Esta perspectiva valida a abordagem de aprendizagem situada que contextualiza o uso de tecnologias educacionais dentro de práticas pedagógicas integradas.

4.4.5.5 Sugestões de melhorias e implicações para o arcabouço

As sugestões de melhoria apresentadas pelos alunos forneceram considerações para o refinamento do AMP. Contudo, é importante contextualizar essas sugestões ao considerar as características específicas dos participantes e os fatores externos que influenciaram a experiência.

Alguns participantes sugeriram a necessidade de "*diminuir os diálogos*" (A1), implementar "*textos um pouco mais objetivos*" (A8), e "*ser mais direto ao ponto e ter menos diálogo*" (A20). Estas manifestações, analisadas em conjunto com as observações registradas no diário de campo, indicam que o volume de texto apresentado foi percebido como excessivo para o contexto específico de aplicação. Durante a atividade, observou-se que mesmo textos concisos e objetivos dos balões de fala causavam impaciência em muitos participantes, característica que deve ser compreendida considerando três fatores contextuais: (1) ausência de controle individual sobre o ritmo de navegação, (2) pressão temporal externa devido à convocação não planejada para palestra escolar, e (3) expectativas diferenciadas associadas a atividades mediadas por tecnologia interativa, onde dinamismo e rapidez são culturalmente valorizados em detrimento de leitura reflexiva.

Cabe esclarecer que esta rejeição a textos no contexto do jogo não invalida a preferência declarada por textos impressos (identificada no perfil tecnológico). Tratam-se de contextos fundamentalmente distintos: no material impresso, o aluno exerce controle total sobre o ritmo de processamento informacional, podendo pausar, reler e retomar quando desejar. Na HQ interativa, por decisão metodológica intencional (para evitar competitividade disfuncional que poderia comprometer o processamento adequado dos conteúdos), esse controle foi deliberadamente limitado. A crítica aos diálogos manifestou-se, portanto, não em relação ao texto per se, mas à combinação de texto extenso com ritmo controlado e pressão temporal, condições ausentes no uso de materiais impressos convencionais.

Conforme Sweller (1988), o *design* instrucional deve minimizar a *carga cognitiva extrínseca*, ou seja, o esforço mental desnecessário imposto pela forma de apresentação, que não contribui para a aprendizagem. No contexto desta aplicação, o volume textual, ao ser combinado com a ausência de controle individual sobre o ritmo de navegação e a pressão temporal externa, parece ter elevado essa carga extrínseca. O esforço cognitivo do aluno foi, em parte, deslocado da *carga relevante*

(processar os conceitos da genética) para a *carga extrínseca* (gerenciar a impaciência e o ritmo imposto pela ferramenta). Essa inferência reforça a recomendação no AMP de que a usabilidade e o controle do ambiente não são fatores técnicos, mas pedagógicos, relevantes para a gestão da carga cognitiva.

As sugestões relacionadas ao tempo disponível *"colocar mais tempo para responder as questões"* (A6), *"ter mais tempo de ler os quadrinhos"* (A8), *"maior tempo para leitura e resposta"* (A26) devem ser interpretadas considerando a notificação não planejada que ocorreu durante a aplicação. Próximo ao término da atividade, os alunos foram convocados para uma palestra escolar obrigatória, e isso causou pressão temporal que comprometeu a experiência de fluxo e gerou ansiedade para conclusão rápida das tarefas.

A sugestão de um participante (A5) para *"transformar a atividade em um material impresso ou digital em formato de HQ, seguido de questões de múltipla escolha"* relaciona-se aos princípios de *design* centrado no usuário da norma ISO/IEC 9241-210:2019. Esta norma estabelece que sistemas devem ser projetados considerando as necessidades, características e contextos específicos dos usuários finais. A proposta do participante indica compreensão sobre a necessidade de controle individual do ritmo de processamento informacional.

Conforme mencionado anteriormente, a decisão metodológica de não permitir controle individual do ritmo de navegação foi intencional. Esta estratégia visava evitar a competitividade disfuncional que poderia comprometer o processamento adequado dos conteúdos, onde alunos em contexto competitivo tenderiam a acelerar respostas em detrimento da reflexão conceitual.

4.4.5.6 Observações do diário de campo e evidências comportamentais

As observações registradas em diário de campo durante a aplicação do JED forneceram evidências comportamentais que complementam as percepções verbalizadas pelos alunos. Inicialmente, observou-se heterogeneidade nos níveis de concentração e engajamento dos participantes, com alguns apresentando foco sustentado enquanto outros demonstraram sinais de dispersão.

O efeito da introdução do elemento competitivo através da premiação foi considerável. O anúncio de que haveria premiação para os melhores desempenhos resultou em mudança comportamental imediata: alunos previamente dispersos demonstraram aumento do engajamento, e isso permitiu validar empiricamente os

princípios da Motivação Extrínseca implementados através do *framework* SGQF. Esta observação confirma a eficácia dos sistemas de recompensas e status como elementos motivadores, alinhando-se com o critério de sucesso relacionado aos níveis altos de concentração e engajamento.

Contudo, registrou-se um fator externo que comprometeu a experiência de aprendizagem: durante o módulo final da atividade, os alunos receberam notificação oficial para participar de uma palestra escolar obrigatória. Este evento gerou pressão temporal que resultou em comportamentos contraproducentes: alguns participantes aceleraram suas respostas, enquanto outros perderam o foco na atividade. Tal situação comprometeu a Teoria do Fluxo, que pressupõe ambiente controlado e ausência de pressões externas para manutenção do estado de imersão.

A estratégia de controlar centralmente o ritmo de navegação foi eficaz em evitar a competitividade disfuncional. Durante os momentos em que alguns alunos demonstraram ansiedade para avançar, a manutenção do controle temporal preveniu comportamentos impulsivos que poderiam comprometer o processamento dos conteúdos, validando os princípios da Teoria da Carga Cognitiva na gestão da atenção dos aprendizes.

Durante a aplicação, identificou-se que a maioria dos participantes demonstrou impaciência diante de atividades que exigiam leitura continuada, mesmo quando os textos eram objetivos e concisos. Esta característica, que contextualiza várias percepções negativas relacionadas à extensão textual do JED, deve ser compreendida considerando as condições específicas da aplicação: ausência de controle sobre o ritmo de leitura (decisão metodológica para evitar competitividade disfuncional), pressão temporal crescente devido à convocação inesperada para palestra escolar, e expectativas culturais associadas a jogos digitais, onde dinamismo e interatividade rápida tendem a prevalecer sobre leitura reflexiva. Estas condições diferem substancialmente daquelas presentes no uso de materiais impressos, onde o aluno exerce controle total sobre pausas e ritmo de processamento informacional.

4.4.5.7 Análise da avaliação docente

A análise dos questionários aplicados no pré e no pós-intervenção, respondidos pela professora responsável pela turma, serve como base empírica complementar para a validação da metodologia e do AMP. Esta seção apresenta e

discute os dados, que tem como base as percepções da docente, observadas em contexto real de sala de aula, com as teorias da aprendizagem e com os *frameworks* e normas que fundamentam esta pesquisa. Inicialmente, a professora, com 1 a 5 anos de experiência, relatou nunca ter utilizado jogos digitais em sua prática, e baseia suas estratégias em aulas expositivas e debates.

A avaliação pós-intervenção demonstrou que o jogo foi eficaz em superar o principal desafio docente, a "*apatia dos alunos*", pois gerou "*melhor engajamento e participação*". Este resultado corrobora empiricamente a premissa do *framework* LM-GM (*Framework* de Mecânicas de Aprendizagem - Mecânicas de Jogo) (Werbach; Hunter, 2012), que postula que a integração coesa entre mecânicas de aprendizagem e de jogo é um motor relevante para a motivação. A eficácia dessa abordagem encontra sua explicação nos princípios da Teoria Construtivista (Piaget, 1970). A intervenção promoveu uma mudança no papel do aluno: de um receptor passivo, característico das aulas expositivas que a professora utilizava, para um agente ativo. Ao interagir com o jogo, o aluno precisou tomar decisões, responder a desafios e aplicar o conhecimento para progredir, para construir ativamente seu entendimento. É essa transição de papel, do passivo para o ativo, que justifica a melhora no engajamento e torna a aprendizagem mais efetiva.

No que tange ao desempenho, a docente observou uma melhora conceitual, ainda que moderada ("*melhoraram um pouco*") e destacou que o jogo contribuiu para "*diferenciar a Primeira da Segunda Lei de Mendel*". Esse dado, encontra respaldo direto na Teoria Cognitivista (Piaget, 1970), uma vez que a intervenção atuou diretamente na organização dos esquemas mentais dos alunos sobre o tema. A eficácia dessa abordagem pode ser explicada, mais especificamente, pelos princípios da Teoria da Carga Cognitiva (Sweller, 1988): ao segmentar um conteúdo complexo em desafios pontuais e contextualizados, o jogo reduziu a carga cognitiva estranha, o esforço mental não relacionado ao aprendido em si. Com isso, os alunos puderam direcionar seus recursos cognitivos para a tarefa essencial de comparar e consolidar os dois conceitos, o que justifica a melhora na capacidade de diferenciá-los. Essa estratégia de *design* instrucional representa uma prática de qualidade pedagógica, um dos pilares de avaliação do *framework* SGQF (*Framework* de Qualidade para Jogos) (Marsh, 2011).

Quanto ao ST, a percepção da professora de que a narrativa "*ajudou, mas não fez muita diferença*" qualifica a função deste componente. Sob a ótica da Teoria

Sociocultural (Vygotsky, 1978), a aprendizagem é mediada por ferramentas e signos. Neste caso, a análise da docente indica que a mediação principal ocorreu por meio do artefato (o jogo) e de suas mecânicas (os desafios), e não tanto pelo signo narrativo. Este resultado, em conjunto com o *framework* GOMII (Modelo de Objeto de Jogo II) (Adams; Rollings, 2007), que prega o equilíbrio entre os elementos do jogo, fundamenta uma diretriz para o AMP: a necessidade de flexibilidade. O arcabouço deve, portanto, orientar o educador a ajustar o peso entre os componentes (narrativo, social e lúdico) de acordo com os objetivos de aprendizagem, em vez de prescrever uma fórmula única.

Adicionalmente, “*a fluidez com que os alunos se apropriaram da ferramenta*”, na percepção docente, sem apresentar dificuldades com a interface ou as mecânicas, valida o *design* do jogo sob a ótica da Teoria da Carga Cognitiva (Sweller, 1988). A interface intuitiva e as regras claras resultaram em uma baixa carga irrelevante, ou seja, no esforço mental não relacionado ao conteúdo em si, mas ao uso da ferramenta. Ao minimizar essa carga, o jogo permitiu que os alunos dedicassem seus recursos cognitivos à carga intrínseca (a complexidade das Leis de Mendel) e à carga extrínseca (o processo de construção de novos esquemas mentais). Esta análise reforça a importância da usabilidade, um pilar das normas ISO e do *framework* SGQF (Marsh, 2011), e fundamenta uma recomendação central para o AMP: um *design* de experiência do usuário (UX) eficaz é um pré-requisito para a aprendizagem.

Por fim, a avaliação da professora valida a relevância do AMP. Sua transição de uma docente que nunca havia utilizado jogos para uma que “*sim, utilizaria novamente*” a ferramenta, e sua validação de um guia que “*ajudaria no desenvolvimento e no de jogos educacionais digitais*”, confirma a necessidade da pesquisa. A sugestão de um “*banco de questões*” customizável reforça o princípio de que o AMP deve ser um modelo flexível e adaptável. Essa aspiração da docente de se tornar uma autora de seus próprios recursos didáticos, adaptando-os à sua realidade, alinha-se a uma perspectiva construtivista (Piaget, 1970) de sua própria prática profissional. O AMP, portanto, não deve ser apenas um manual de instruções, mas uma ferramenta que possibilite ao professor construir ativamente suas próprias soluções pedagógicas.

4.5 VALIDAÇÃO SISTEMÁTICA DO ARCABOUÇO DE BOAS PRÁTICAS

O processo de *design* do jogo foi conduzido a partir de um quadro de planejamento (Quadro 15), apresentado anteriormente no tópico 4.1, que estabeleceu a relação entre fundamentos teóricos da aprendizagem e recomendações práticas de *design*. Esta seção apresenta a validação sistemática dessas diretrizes, que confrontaram os critérios de sucesso previamente definidos com os dados empíricos obtidos durante a intervenção.

A validação do AMP desenvolvida nesta pesquisa foi realizada por meio de uma análise integrada e triangulada, que contemplou o conjunto das evidências empíricas coletadas. Além das percepções qualitativas dos alunos e da professora, além das observações registradas em diário de campo, essa etapa agregou os resultados da análise quantitativa de desempenho (pré e pós-teste) e da análise qualitativa da experiência motivacional (questionário ARCS). A partir da convergência desses diferentes conjuntos de dados, procedeu-se à validação sistemática de cada componente do arcabouço, conforme sintetizado no Quadro 16.

Quadro 16 - Validação do AMP com base nas percepções dos alunos

EIXOS DE PRÁTICA	TEORIAS DE APRENDIZAGEM	FRAMEWORK/ NORMA	CRITÉRIOS DE SUCESSO	VALIDAÇÃO	EVIDÊNCIAS EMPÍRICA/AJUSTE NECESSÁRIO
Legenda: ✓ = Validado empiricamente; ◦ = Parcialmente validado, requer ajustes					
I. Design Pedagógico	Aprendizagem Significativa	GOMII	Capacidade de conectar novos conceitos aos prévios	✓	Eficácia como ferramenta de revisão e consolidação (A5, A22).
	Aprendizagem por descoberta	LM-GM	Capacidade de conectar conceitos	✓	Formato de "enigma" eficaz (A4, A6); redescoberta da lógica validada.
	Aprendizagem Situada	SGQF	Uso adequado de mídias digitais	✓	Contextualização no laboratório bem aceita; ambiente autêntico validado.
	Aprendizagem Baseada em Problemas	SGQF	Capacidade de conectar conceitos	✓	<i>Enigma das ervilhas</i> eficaz como motivador central (A6, A9)
	Aprendizagem Experiencial	GOMII	Desempenho progressivo nos módulos	✓	Simulação de descoberta eficaz.

II. <i>Design</i> Narrativo e Afetivo	Teoria Sociocultural	LM-GM	Interações colaborativas observadas	✓	Percepções positivas sobre mediação por personagens (A1, A7, A11).
	Zona de Desenvolvimento Proximal	LM-GM	Desempenho progressivo sem sobrecarga	✓	<i>Scaffolding</i> por personagens eficazes; suporte ajustável validado.
	Teoria da Mediação	GOMII	Interações colaborativas observadas	✓	Percepção da docente de que a mediação ocorreu mais pelas mecânicas de jogo do que pela narrativa ("ajudou, mas não fez muita diferença"). Ajuste para o AMP: O arcabouço deve prever flexibilidade no peso entre narrativa e <i>gameplay</i> .
III. <i>Game Design</i> e Experiência do Usuário	Teoria do Reforço	LM-GM	Níveis altos de concentração e engajamento	✓	Sistema de <i>quiz</i> eficaz (A1, A6, A9); efeito positivo da premiação observado.
	Motivação Extrínseca	SGQF	Níveis altos de engajamento	✓	Sistema de premiação altamente eficaz; mudança comportamental observada.
	Teoria do Fluxo	ISO/IEC 9241-210:2019	Níveis altos de concentração	✗	Comprometida por interrupções externas (notificação de palestra); necessita de um ambiente de aplicação mais controlado.
	Teoria da Carga Cognitiva	ISO/IEC 25010:2023	Desempenho progressivo sem sobrecarga	✓	Apropriação autônoma da ferramenta pelos alunos, indicando que o <i>design</i> intuitivo minimizou a carga cognitiva estranha e permitiu foco no conteúdo. Ajuste para o AMP: Enfatizar que um <i>design</i> de UX eficaz é uma condição pedagógica, e não apenas técnica.
	Construtivismo	ISO/IEC 9241-210:2019	Uso adequado de mídias digitais	o	Necessita ajustes de <i>design</i> para acomodar diferentes contextos de aplicação e garantir a acessibilidade do conteúdo, particularmente em situações onde o controle individual sobre o

					ritmo de leitura é limitado.
	Construtivismo (na prática docente)	Síntese dos referenciais	Viabilidade e relevância do AMP como ferramenta para educadores	✓	Validação direta da docente ("Com certeza [ajudaria]") e sugestão de customização ("banco de questões") que reforça a necessidade de um modelo flexível e autoral. Ajuste para o AMP: O arcabouço deve priorizar a adaptabilidade e a autoria do(a) professor(a).

Fonte: Dados da Pesquisa (2025).

A análise sistemática apresentada no quadro indica que 12 dos 14 elementos do arcabouço foram plenamente validados (✓), um foi parcialmente validado (◊) e apenas um não foi validado (X), no contexto da intervenção. As teorias de aprendizagem aplicadas ao *design* pedagógico e narrativo alcançaram seus critérios de sucesso, com destaque para a eficácia do jogo em promover uma aprendizagem ativa e contextualizada.

Os elementos que requerem ajuste e informam recomendações específicas no arcabouço são a Teoria do Fluxo, que não foi validada devido a fatores contextuais da aplicação (interrupção externa), e o princípio do Construtivismo aplicado à interface, que necessita de adaptações considerando as condições específicas de aplicação, sobretudo quando não há controle individual sobre o ritmo de navegação e o processamento informacional ocorre sob pressão temporal. Essas ressalvas não invalidam a abordagem, mas refinam as boas práticas para sua implementação, destacando a importância de adequar o volume textual e a densidade informacional às características do contexto de uso.

Dessa forma, a validação empírica fornece a base para consolidar os achados em um conjunto de recomendações práticas. O AMP final (Quadro 17), sintetiza essas recomendações:

Quadro 17 – AMP final para o desenvolvimento de jogos educacionais

EIXO DE PRÁTICA	PRINCÍPIO	RECOMENDAÇÃO PRÁTICA	JUSTIFICATIVA (BASEADO NA PESQUISA)
I. DESIGN PEDAGÓGICO	Priorizar a aprendizagem ativa e contextualizada.	Estruture o jogo em torno de um problema ou enigma autêntico do conteúdo. Utilize mecânicas que exijam a aplicação do conhecimento (resolver, descobrir, simular), em vez de apenas a memorização de fatos.	Validado empiricamente pelo alto engajamento dos alunos ao saírem de um papel passivo para um ativo, em alinhamento com a Teoria Construtivista.
II. DESIGN NARRATIVO E AFETIVO	Utilizar a narrativa como ferramenta de contexto, não como fim.	Ajuste o peso entre a história e as mecânicas de jogo. A narrativa deve dar um propósito aos desafios, mas o principal motor de engajamento pode residir nas próprias mecânicas (quiz, competição, exploração).	Validado pela percepção da docente de que a narrativa foi um coadjuvante, e não o elemento central, reforçando a necessidade de equilíbrio e flexibilidade no design.
III. GAME DESIGN E EXPERIÊNCIA DO USUÁRIO (UX)	Tratar a usabilidade como um fator pedagógico.	Desenvolva um processo de onboarding (instruções iniciais) claro e uma interface intuitiva. Um aluno que gasta esforço para entender como usar o jogo tem menos recursos cognitivos para aprender o conteúdo.	Validado pela apropriação autônoma da ferramenta pelos alunos, o que demonstra que a baixa carga cognitiva irrelevante liberou o foco para o aprendizado, conforme a Teoria da Carga Cognitiva.
	Planejar o ambiente de aplicação para proteger a imersão.	Antecipe e minimize possíveis interrupções externas durante a aplicação do jogo em sala de aula, pois elas podem quebrar o estado de fluxo e prejudicar a experiência de aprendizagem imersiva.	Não validado pois houve uma interrupção contextual no processo, e não por falha de <i>design</i> . Esse fator destaca a importância do planejamento da implementação.
IV. APLICABILIDADE E AUTORIA DOCENTE	Projetar para a adaptabilidade e a autoria do professor.	Sempre que possível, construa sistemas que permitam a customização de conteúdos (como um banco de questões ou a edição de textos) para que outros professores possam adaptar o jogo à sua realidade e aos seus objetivos.	Validado pela sugestão direta da professora e por sua validação da necessidade de um guia que apoie o desenvolvimento de jogos por docentes de diferentes áreas e contextos.

O AMP apresentado não deve ser encarado como um conjunto de regras, mas como um guia flexível e reflexivo para o processo de *design*. Sua principal contribuição reside na integração de quatro eixos que, conforme demonstrado pela pesquisa, são interdependentes: o pedagógico, o narrativo, o técnico (*game design* e UX) e o de aplicabilidade.

O AMP, aqui explicitado como em seus estágios iniciais de desenvolvimento, busca preencher a lacuna identificada (a carência de um referencial metodológico, validado empiricamente, para o desenvolvimento de JED com ST) na literatura ao oferecer uma estrutura que é, ao mesmo tempo, baseada em evidências (pesquisa empírica com os alunos) e focada na autoria do(a) professor(a). A validação

empírica mostrou que teorias clássicas da aprendizagem, quando bem aplicadas, geram resultados positivos. Contudo, também denotou que o sucesso de uma intervenção depende de fatores práticos, como a usabilidade da interface e o planejamento do ambiente de aplicação. O arcabouço sintetiza esses aprendizados.

A recomendação para a flexibilidade narrativa, por exemplo, é uma resposta direta à percepção da professora, enquanto a ênfase na usabilidade como fator pedagógico responde à necessidade de minimizar a carga cognitiva irrelevante. Por fim, o eixo de Aplicabilidade e Autoria Docente é a consolidação da principal demanda identificada: a necessidade de ferramentas que permitam ao professor adaptar e criar seus próprios recursos, democratizando o uso de tecnologias educacionais. Dessa forma, o AMP se constitui como uma ferramenta para orientar a construção de jogos que sejam não apenas tecnicamente funcionais, mas pedagogicamente relevantes e contextualmente adequados.

4.5.1 Aplicabilidade do AMP a outros contextos disciplinares

Uma vez consolidado a partir da validação empírica, a questão que emerge é sobre a aplicabilidade do AMP para além do contexto em que foi desenvolvido. A estrutura do AMP, no entanto, foi elaborada para transcender o conteúdo específico das Leis de Mendel, a fim de permitir sua adaptação a diferentes áreas do conhecimento. A análise de suas diretrizes revela três atributos centrais que facilitam essa transposição: o caráter principiológico das práticas, a fundamentação em teorias de aprendizagem transversais e a sistematização do processo de *design*.

Primeiramente, o arcabouço se estrutura a partir de princípios de design pedagógico, narrativo e de interação, e não a partir de conteúdos disciplinares específicos. As recomendações descrevem *como* estruturar experiências de aprendizagem mediadas por jogos e narrativas, sem prescrever *o que* deve ser ensinado. A título de ilustração, a Aprendizagem Baseada em Problemas, validada nesta pesquisa por meio do enigma genético (Apêndice E), poderia ser aplicada em História, ao se estruturar um problema investigativo sobre eventos históricos. Da mesma forma, a Mediação por Personagens, operacionalizada pela figura de Mendel, poderia utilizar personagens históricos em outras disciplinas. O que se mantém constante são os princípios de *design*; o que varia é sua materialização contextual.

Adicionalmente, o arcabouço articula teorias de aprendizagem com validade transversal, como o Construtivismo (Piaget, 1976), a Aprendizagem Significativa (Ausubel, 2003) e a Teoria Sociocultural (Vygotsky, 1978), a práticas concretas de *design*. Essas teorias descrevem processos cognitivos e sociais que operam independentemente de domínios disciplinares específicos. A validação empírica confirmou a eficácia dessas teorias no ensino de Genética, mas sua fundamentação indica aplicabilidade a outros domínios. Educadores que utilizarem o AMP como referencial necessitarão realizar a transposição didática adequada às especificidades de suas disciplinas, um processo já documentado na literatura sobre *design* instrucional.

Cumulativamente, o arcabouço oferece uma sistematização para o processo de *design* de jogos educacionais. Conforme discutido na justificativa desta pesquisa, a implementação de jogos em sala de aula enfrenta barreiras de planejamento e apropriação tecnológica por parte dos professores (Sena; Catapan, 2016; Bohrer *et al.*, 2023). O AMP responde a essa demanda ao especificar práticas operacionalizáveis: a Aprendizagem Baseada em Problemas orienta a definição de um enigma central; a Mediação por Personagens indica a função de agentes narrativos de suporte; e a Teoria da Carga Cognitiva (Sweller *et al.*, 2011) enfatiza o *design* de interfaces que minimizem a carga estranha. Esse conjunto constitui um referencial prático para orientar o *design* instrucional.

Contudo, embora os princípios subjacentes às práticas validadas sugiram transferibilidade, sua eficácia em contextos distintos permanece como uma questão empírica em aberto. Contextos que apresentem variações, como o Ensino Fundamental ou disciplinas de Ciências Humanas, podem requerer adaptações. Estudos futuros que apliquem o arcabouço em novos cenários poderão fornecer evidências sobre sua generalização e identificar ajustes necessários. Essa agenda de pesquisa é consistente com recomendações metodológicas para a validação de *frameworks* educacionais (McKenney; Reeves, 2012).

CAPÍTULO 5: CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta dissertação de mestrado teve como questão norteadora: Como a aplicação de um AMP, que articula teorias de aprendizagem com elementos de *design* de jogos ST, contribui para a aprendizagem de conceitos ciências da natureza (Biologia) na EPTNM? O objetivo geral consistiu em analisar a contribuição de uma proposta de um AMP para o desenvolvimento de mídias digitais interativas em formato de JED apoiados por ST, a partir da análise da eficácia de uma intervenção pedagógica concebida para a sua aplicação no ensino de Ciências da Natureza na EPTNM.

5.1 ALCANCE DOS OBJETIVOS DA PESQUISA

A dissertação foi conduzida a partir de nove objetivos específicos interligados, cujo cumprimento permitiu responder à questão norteadora e consolidar um conjunto de recomendações para o desenvolvimento de jogos educacionais digitais. Esta seção apresenta uma análise do alcance de cada objetivo e evidencia como cada etapa contribuiu para a construção da resposta final.

5.1.1 Objetivo específico 1: Levantamento das bases teóricas

O primeiro objetivo foi alcançado por meio da pesquisa bibliográfica, que identificou 2.593 registros nas bases SciELO, CAPES e BDTD. Desses, 52 estudos foram selecionados para análise final. Esse processo possibilitou mapear as teorias de aprendizagem mais associadas ao uso de jogos educacionais digitais, com destaque para abordagens construtivistas e socioculturais. Foram identificadas 16 teorias distribuídas em seis concepções pedagógicas (Tabela 1 – Seção 4.1), que serviram de base para os objetivos seguintes.

5.1.2 Objetivo específico 2: Identificação dos elementos de engajamento

A análise das 52 pesquisas acadêmicas identificadas no 1º objetivo permitiu identificar elementos de engajamento recorrentes em jogos e ST, agrupados em quatro categorias: elementos narrativos, dinâmicas, mecânicas e componentes de interface (Tabela 2 – Seção 4.1). Foram reconhecidos 23 elementos distintos, entre os quais se destacaram *feedback* (16 menções), pontuação (15) e

recompensas/desafios (13). Esse mapeamento orientou as escolhas de *design* no desenvolvimento do jogo.

5.1.3 Objetivo específico 3: Correlação entre bases teóricas e elementos de jogos

Este objetivo resultou na elaboração da Matriz de Correspondência Estrutural com recomendações de boas práticas para o desenvolvimento de JED sobre a Segunda Lei de Mendel (Quadro 15 – Seção 4.1), que relacionou cada elemento de engajamento identificado às teorias de aprendizagem mapeadas. A matriz demonstrou como práticas de *design*, como o uso de personagens mediadores ou a progressão de desafios, se apoiam em teorias como a Sociocultural (Vygotsky, 1978) e a do Fluxo (Csikszentmihalyi, 1990). Ademais, os elementos supracitados foram correlacionados a *frameworks* técnicos (LM-GM, GOMII, SGQF) e normas ISO/IEC, consolidando uma base de referência para o *design* pedagógico.

5.1.4 Objetivo específico 4: Concepção do jogo educacional digital (JED)

O desenvolvimento do jogo *Gregor Mendel: Viajante Genético* representou a aplicação dos três primeiros objetivos. As ferramentas de autoria: Pixton (ST) e Quizizz (gamificação), foram escolhidas com base em critérios técnicos e pedagógicos definidos no arcabouço. O jogo foi estruturado em quatro módulos progressivos, com integração de elementos narrativos (personagens mediadores e enredo investigativo) e mecânicas de jogo (*quiz* modular, *feedback* imediato, pontuação), conforme apresentado na Figura 10 (Subseção – 4.2.2). Cada decisão de *design* foi associada às teorias de aprendizagem correspondentes e comprometeu a aplicabilidade do modelo.

5.1.5 Objetivo específico 5: Elaboração do ST digital

A narrativa *Gregor Mendel: Viajante Genético* foi concebida como um enredo investigativo que contextualiza a Segunda Lei de Mendel por meio do *enigma das ervilhas*. O roteiro (Apêndice H) organizou três personagens com papéis pedagógicos distintos: Luca (avatar identificatório), Mendel (mediador do conhecimento) e Nex (expositor visual). A narrativa foi construída com base em princípios da Aprendizagem Baseada em Problemas e da Teoria Sociocultural, traduzindo conceitos de genética mendeliana em uma experiência narrativa

contextualizada. A versão em HQ, desenvolvida no Pixton, possibilitou a integração entre texto, imagem e sequência temporal.

5.1.6 Objetivo específico 6: Aplicação do JED em sala de aula

A aplicação ocorreu com 33 alunos do 2º ano do curso Técnico em Hospedagem do CEFET-MG, durante quatro semanas. O protocolo seguiu os preceitos éticos (TCLE e TALE) e o planejamento metodológico da pesquisa, incluindo pré-teste, intervenção com o jogo e pós-teste. A observação participante, registrada em diário de campo, complementou os dados qualiquantitativos e ofereceu um contexto para a análise.

5.1.7 Objetivo específico 7: Identificação das percepções dos participantes

As percepções dos alunos foram coletadas por meio do questionário ARCS (dimensões motivacionais), de questões abertas e da observação participante. As percepções da professora foram obtidas por meio de questionários aplicados antes e depois da intervenção. A combinação desses instrumentos permitiu compreender a experiência de aprendizagem em diferentes dimensões: cognitiva (desempenho), afetiva (motivação) e pedagógica (aplicabilidade).

5.1.8 Objetivo específico 8: Identificação de oportunidades de melhoria

A análise das percepções elucidou aspectos a serem aperfeiçoados, como: (a) ajustar a densidade textual para diferentes perfis de leitura; (b) controlar variáveis do ambiente de aplicação para manter o estado de fluxo; (c) equilibrar elementos narrativos e mecânicos conforme o contexto; e (d) incluir opções de customização para autoria docente. Essas observações foram incorporadas como recomendações no modelo final.

5.1.9 Objetivo específico 9: Integração no AMP

O último objetivo foi alcançado com a consolidação do AMP, apresentado Quadro 17 (Seção 4.5). O AMP reúne: (a) fundamentos teóricos analisados; (b) orientações de *design* pedagógico, narrativo e técnico; (c) recomendações derivadas da aplicação; e (d) diretrizes de adaptação para outros contextos disciplinares. A análise empírica mostrou que 12 dos 14 elementos previstos foram confirmados, ou seja, foi indicada

a consistência na proposta. O AMP se configura como um guia de referência para educadores interessados no desenvolvimento de JED com ST.

5.2 VALIDAÇÃO DA INTERVENÇÃO PEDAGÓGICA E RESPOSTA À QUESTÃO DE PESQUISA

Para responder à questão norteadora, foi modelado e aplicado o JED *Gregor Mendel: Viajante Genético* a uma turma de 33 alunos do curso Técnico em Hospedagem. A análise dos dados quantitativos e qualitativos coletados fornece resposta afirmativa à questão de pesquisa, visto que demonstrou que a integração sistematizada de ST e JED constitui estratégia pedagógica eficaz para o ensino de conteúdos científicos.

Os resultados quantitativos denotaram melhoria no desempenho dos alunos, com a média de acertos que aumentou de 36,4% no pré-teste para 87,9% no pós-teste. A análise estatística através do Teste t de Student para amostras pareadas confirmou a significância dessa diferença ($p < 0,001$), ao indicar que a probabilidade de a melhoria observada ter ocorrido por acaso é inferior a 0,1%. Tal evidência demonstrou que o JED foi efetivo na promoção da aprendizagem dos conceitos de genética mendeliana.

Quanto aos dados qualitativos, obtidos através do modelo ARCS de Keller, estes corroboraram os achados quantitativos ao elucidar as percepções positivas dos alunos em todas as dimensões motivacionais avaliadas. As médias obtidas foram: Atenção ($M=4,53$), Relevância ($M=4,48$), Confiança ($M=4,44$) e Satisfação ($M=4,55$), em uma escala de 1 a 5. O coeficiente Alfa de Cronbach ($\alpha=0,919$) atestou a consistência interna do instrumento, conferindo robustez aos dados coletados. Ademais, a análise das percepções dos alunos revelou que 11 dos 14 elementos teóricos do arcabouço proposto foram validados empiricamente, confirmando a adequação das escolhas metodológicas e dos fundamentos teóricos adotados.

A convergência entre as evidências quantitativas de aumento de desempenho e as evidências qualitativas de engajamento e satisfação indica que o arcabouço proposto favoreceu a aquisição de conhecimento por meio de uma experiência alinhada ao modelo ARCS, capaz de sustentar a Atenção, reforçar a Relevância, promover a Confiança e gerar Satisfação nos alunos. Dessa forma, a pesquisa responde afirmativamente à questão inicial e confirma que abordagens

sistematizadas de integração entre ST e JED contribuem efetivamente para o aprendizado no ensino de Ciências da Natureza.

5.3 PRINCIPAIS CONTRIBUIÇÕES DO ESTUDO

No âmbito teórico, a principal contribuição consiste no desenvolvimento e validação empírica de um AMP educacionais que integra teorias de aprendizagem consolidadas (Teoria Sociocultural, Aprendizagem Significativa, Teoria da Carga Cognitiva, entre outras) com *frameworks* de *design* de jogos (LM-GM, GOMII, SGQF) e normas internacionais de qualidade (ISO/IEC 25010:2023, ISO/IEC 9241-210:2019). Este arcabouço busca preencher a lacuna identificada na literatura ao fornecer diretrizes fundamentadas teoricamente para a criação de jogos educacionais com narrativas, que transcende abordagens intuitivas ou puramente técnicas.

No plano metodológico, esta dissertação documenta todo o processo de desenvolvimento e aplicação do JED. Desde a escolha e justificativa das ferramentas digitais utilizadas (Pixton para criação da HQ e Quizizz para avaliação) até os procedimentos de aplicação prática em sala de aula, incluindo os instrumentos de coleta de dados e as estratégias de análise empregadas. Este modelo de intervenção pedagógica, sistematizado e replicável, pode ser traduzido em uma referência para pesquisadores e professores que buscam desenvolver recursos educacionais similares. A transparência metodológica permite que outros contextos educacionais adaptem e implementem o arcabouço proposto, ampliando seu potencial de eficácia.

Quanto à dimensão prática, o trabalho oferece contribuição direta para professores que buscam inovar suas práticas pedagógicas. A pesquisa demonstra, através de evidências empíricas, que conteúdos complexos e abstratos, como os mecanismos de herança genética abordados na Segunda Lei de Mendel, podem ser ensinados de forma lúdica através da integração de narrativas e elementos de gamificação. O AMP não representa mera sugestão de uso de tecnologia, mas um guia estruturado que relaciona escolhas pedagógicas específicas a fundamentos teóricos consolidados, com vistas a facilitar sua adoção por educadores.

5.4 LIMITAÇÕES DA PESQUISA

A primeira limitação refere-se à generalização dos resultados. A pesquisa foi conduzida com uma única turma, com amostragem de 33 alunos do curso Técnico em Hospedagem em contexto específico da EPTNM. Ainda que os dados tenham demonstrado aumento de desempenho e alta satisfação dos participantes, esses resultados não podem ser automaticamente generalizados para outros contextos educacionais, como diferentes cursos técnicos, ensino médio regular, ou outras disciplinas. O perfil socioeconômico dos alunos, a familiaridade com tecnologias digitais, a infraestrutura escolar disponível e a cultura institucional podem influenciar os resultados positiva ou negativamente. Assim, a validação externa do arcabouço requer replicações do estudo em contextos variados.

No que concerne à perspectiva docente, a pesquisa incorporou a avaliação da professora responsável pela turma, o que permitiu validar o artefato sob a ótica da prática pedagógica e compreender desafios de implementação. Contudo, reconhece-se que esta análise se limitou à percepção de uma única docente. A inclusão das perspectivas de múltiplos professores, com diferentes níveis de experiência e de diversas instituições, poderia enriquecer a validação do arcabouço, ao revelar outros desafios práticos e de integração curricular.

Quanto aos fatores externos não controlados, o evento não planejado (participar de uma palestra escolar obrigatória) gerou pressão temporal que comprometeu o ambiente de aprendizagem e afetou a possibilidade de validar a Teoria do Fluxo de Csikszentmihalyi (1990). A impossibilidade de controlar completamente as variáveis contextuais representa limitação comum em pesquisas aplicadas em ambientes educacionais reais, mas deve ser reconhecida como fator que pode ter influenciado as percepções dos alunos sobre ritmo e tempo disponível para as atividades.

5.5 SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS

Com base nas contribuições identificadas e nas limitações reconhecidas, propõem-se direções para pesquisas futuras que podem expandir e aprofundar os conhecimentos gerados por este estudo.

A primeira sugestão consiste em replicar e comparar a aplicação do arcabouço em contextos diversificados. Estudos futuros devem investigar a efetividade do modelo proposto em diferentes cursos técnicos, em turmas com maior

número de participantes, em diferentes disciplinas das Ciências da Natureza (Física, Química, Biologia), e em contextos socioeconômicos variados. Estudos comparativos controlados, com grupos experimentais com a utilização do JED e grupos de controle com instrução tradicional sobre o mesmo conteúdo, permitiriam isolar a eficácia da metodologia proposta. Tais pesquisas contribuiriam para delimitar as condições de contorno nas quais o arcabouço se mostra mais ou menos efetivo, a fim de aumentar sua validade externa e refinar suas recomendações.

Uma segunda direção para pesquisas futuras envolve aprofundar a análise sobre a perspectiva docente na aplicação do arcabouço. Enquanto a presente pesquisa validou a metodologia com base na avaliação de uma única professora, estudos futuros devem focar nos desafios, oportunidades e percepções de um corpo docente mais amplo e diversificado que utilize os princípios do AMP para criar e implementar seus próprios jogos. Tais investigações poderiam analisar as estratégias de mediação pedagógica, o processo de autoria e adaptação do arcabouço por professores de diferentes perfis e os desafios práticos de implementação em distintas realidades escolares. Isso forneceria dados valiosos para o refinamento do AMP, tornando-o uma ferramenta ainda mais robusta e centrada nas necessidades da prática docente.

Quanto à terceira proposta, esta representa uma fronteira de pesquisa factível para a educação tecnológica contemporânea: a incorporação de agentes inteligentes para personalização adaptativa dos jogos educacionais. O fluxo de trabalho sugerido envolveria as seguintes etapas integradas:

Inicialmente, o professor utilizaria o JED desenvolvido segundo o arcabouço proposto como artefato didático em uma primeira aplicação com sua turma. Durante esta aplicação, agentes inteligentes embarcados no sistema coletariam e analisariam em tempo real os dados de interação dos alunos, e identificariam padrões de dificuldade, erros recorrentes, tempo de resposta, e indicadores de engajamento. Estes agentes poderiam ser organizados em uma arquitetura de *Multiagent Cognitive Platforms* (Plataformas Cognitivas Multiagentes - MCP), na qual agentes especializados cooperam para diferentes tarefas analíticas. Com base nessa análise multiagente, um sistema de agentes especializados (incluindo agentes de análise de texto, geração de conteúdo educacional através de *Large Language Models* (Modelos de Linguagem de Grande Escala - LLM), e modificação da estrutura narrativa e mecânicas do jogo) forneceria *feedback* imediato ao sistema. O

mais relevante, contudo, seria a capacidade de reconfiguração dinâmica do JED para aplicações subsequentes: o sistema ajustaria automaticamente a dificuldade dos desafios, ofereceria novos exemplos contextualizados às dificuldades identificadas, modificaria a abordagem narrativa para enfatizar conceitos mal compreendidos, ou inseriria *scaffolding* adicional em pontos críticos do processo de aprendizagem.

Neste modelo, o professor manteria papel de supervisor e curador do processo. O docente poderia solicitar aos agentes ajustes específicos (por exemplo, adicionar mais exemplos sobre segregação independente ou simplificar a explicação sobre gametas), aprovar ou rejeitar modificações sugeridas pelo sistema, e monitorar o desempenho através de *dashboards* analíticos. Esta abordagem preserva a autonomia pedagógica do professor enquanto potencializa sua capacidade de personalização através de Inteligência Artificial (IA).

Concretizar a proposta de adoção de Agentes Inteligentes demanda uma agenda de pesquisa focada em investigar: (a) arquiteturas de agentes mais adequadas para contextos educacionais; (b) algoritmos de análise de dados educacionais em tempo real; (c) estratégias de geração automática de conteúdo educacional que respeitem princípios pedagógicos fundamentados; (d) interfaces de interação entre professores e sistemas de agentes que sejam intuitivas e pedagogicamente relevantes; e (e) questões éticas relacionadas à coleta de dados, privacidade dos alunos, e viés algorítmico em sistemas educacionais. Esta linha de pesquisa representa convergência entre o AMP validado neste estudo e as possibilidades emergentes da IA aplicada à educação. A personalização adaptativa mediada por agentes inteligentes poderia transformar jogos educacionais de recursos estáticos em sistemas dinâmicos de aprendizagem que evoluem continuamente em resposta às necessidades específicas de cada contexto e grupo de alunos, com capacidade de ampliar o potencial da eficácia das tecnologias educacionais digitais.

Em síntese, esta pesquisa demonstrou que a integração sistematizada de Storytelling e Jogos Educacionais Digitais, fundamentada em um arcabouço teórico, constitui estratégia pedagógica efetiva para o ensino de Ciências da Natureza na EPTNM. Os resultados obtidos, ainda que contextualizados por suas limitações, podem oferecer contribuições teóricas, metodológicas e práticas relevantes para o campo educacional. As direções propostas para trabalhos futuros partem da

necessidade de expandir e refinar o próprio AMP aqui proposto. Sugere-se a aplicação do arcabouço no desenvolvimento de jogos para outras áreas do conhecimento e em diferentes níveis de ensino, a fim de testar sua universalidade e identificar novas práticas. Adicionalmente, a incorporação de tecnologias como agentes inteligentes para personalização adaptativa representa um horizonte, no qual o arcabouço poderia ser ampliado para guiar a criação de intervenções pedagógicas ainda mais dinâmicas e eficazes.

REFERÊNCIAS

ABBA, Tom. Hybrid stories: *Examining the future of transmedia narrative*. **Science Fiction Film & Television**, v. 2, n. 1, p. 59-75, 2009.

ADAMS, Ernest.; ROLLINGS, Andrew. **Fundamentals of game design**. New York: Prentice Hall, 2007.

AIRES, Samanta F.; BARBOSA, Jorge FR; MADEIRA, Charles AG. Desenvolvendo jogos educacionais digitais inovadores e instigantes com o framework playEduc. **Sociedade Brasileira de Computação**, 2020.

ALVES, Adriana Gomes; HOSTINS, Regina Célia Linhares. *Conceptual Elaboration Through the Collaborative and Collective Creation of Digital Games in the Perspective of Inclusive Education*. **Revista Brasileira de Educação Especial**, v. 25, p. 709-728, 2019.

APPOLINÁRIO, Fabio. **Dicionário de Metodologia Científica**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2011. p. 295.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO 9241-210:2019**: Ergonomia da interação humano-sistema - Parte 210: Projeto centrado no ser humano para sistemas interativos. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO/IEC 25010:2023**: Engenharia de software e sistemas — Requisitos de qualidade e avaliação de software (SQuaRE) — Modelos de qualidade de sistema e *software*. Rio de Janeiro: ABNT, 2023.

AUSUBEL, David P. **Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva**. Lisboa, 2003.

AUSUBEL, David P. *Facilitating meaningful verbal learning in the classroom*. **The Arithmetic Teacher**, v. 15, n. 2, p. 126-132, 1968.

AUSUBEL, David P. **The psychology of meaningful verbal learning**. Grune & Stratton, 1963.

BACKLUND, Per; HENDRIX, Maurice. Jogos educativos: valem a pena o esforço? Uma revisão bibliográfica sobre a eficácia de jogos sérios. In: **5ª Conferência Internacional sobre Jogos e Mundos Virtuais para Aplicações Sérias (VS-GAMES) de 2013**. IEEE, 2013. p. 1-8.

BARAB, Sasha A.; GRESALFI, Melissa; INGRAM-GOBLE, Adam. *Transformational play: Using games to position person, content, and context*. **Educational researcher**, v. 39, n. 7, p. 525-536, 2010.

BLUEMINK, Johanna. **Virtually face to face: Enriching collaborative learning through multiplayer games**. University of Oulu, 2011.

BOGOST, Ian. **Jogos persuasivos: o poder expressivo dos videogames**. mit Press,

2010.

BOHRER, Mayara Talini Pereira; FERNANDES, Allysson Barbosa; GOMES, Fabiana Fagundes Barros; RIOS, Ferdinando Sampaio; SILVA, Marcos Vinícius Malheiros da. Metodologias ativas na educação: jogos pedagógicos. **Revista Ilustração**, v. 4, n. 6, p. 3-10, 2023.

BORTOLAZZO, Sandro Faccin. **Storytelling**: entre usos, benefícios e aprendizagens¹, 2024.

BRASIL. **Decreto nº 2.208, de 17 de abril de 1997**. Regulamenta o § 2º do art. 36 e os arts. 39 a 42 da Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996, que estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. Diário Oficial da União, Brasília, 18 abr. 1997. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1997/decreto-2208-17-abril-1997-445067-norma-pe.html>. Acesso em: 11 maio 2025.

BRASIL. **Decreto nº 5.154, de 23 de julho de 2004**. Regulamenta o § 2º do art. 36 e os arts. 39 a 41 da Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996, que estabelece as diretrizes e bases da educação nacional, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, 26 jul. 2004. Disponível em: <https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?jornal=1&pagina=18&data=26/07/2004>. Acesso em: 11 maio 2025.

BRASIL. **Decreto nº 7.566, de 23 de setembro de 1909**. Cria nas capitais dos Estados as Escolas de Aprendizes Artífices, para o ensino profissional primário e gratuito. Diário Oficial da União, Rio de Janeiro, 26 set. 1909. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1900-1909/decreto-7566-23-setembro-1909-525411-publicacaooriginal-1-pe.html>. Acesso em: 11 maio 2025.

BRASIL. **Lei nº 11.892, de 29 de dezembro de 2008**. Institui a Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica, cria os Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, 30 dez. 2008. Disponível em: https://portal.ifba.edu.br/juazeiro/copy_of_documentos/lei_11892-doc_institutos_federais.pdf/@@download/file/Lei_11892.doc_INSTITUTOS_FEDERAIS.pdf. Acesso em: 11 maio 2025.

BRASIL. **Lei nº 3.552, de 16 de fevereiro de 1959**. Dispõe sobre nova organização escolar e administrativa dos estabelecimentos de ensino industrial do Ministério da Educação e Cultura, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, 17 fev. 1959. Acesso em: 17 out. 2025. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/1950-1959/lei-3552-16-fevereiro-1959-354292-publicacaooriginal-1-pl.html>. Acesso em: 11 maio 2025.

BRASIL. **Lei nº 6.545, de 30 de junho de 1978**. Dispõe sobre a transformação das Escolas Técnicas Federais de Minas Gerais, do Paraná e Celso Suckow da Fonseca em Centros Federais de Educação Tecnológica e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, 4 jul. 1978. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/1970-1979/lei-6545-30-junho-1978-366492-norma-pl.html>. Acesso em: 11 maio 2025.

BRASIL. **Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996**. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. Diário Oficial da União, Brasília, 23 dez. 1996. Disponível em: https://portal.mec.gov.br/seesp/arquivos/pdf/lei9394_ldbn1.pdf. Acesso em: 11 maio 2025.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2018. Disponível em: <https://basenacionalcomum.mec.gov.br>. Acesso em: 11 maio 2025.

BRASIL. Ministério da Educação. **Histórico da Educação Profissional e Tecnológica**. Portal MEC, 28 fev. 2011. Disponível em: <https://portal.mec.gov.br/educacao-profissional-e-tecnologica-ept/historico-da-ept>. Acesso em: 09 out. 2025.

BRASIL. Ministério da Educação. **Lei nº 11.741, de 16 de julho de 2008**. Altera dispositivos da Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996, que estabelece as diretrizes e bases da educação nacional, para redimensionar, institucionalizar e integrar as ações da educação profissional técnica de nível médio, da educação de jovens e adultos e da educação profissional e tecnológica. 2008. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2008/Lei/L11741.htm. Acesso em: 26 nov. 2024.

BRASIL. **Plano Nacional de Educação: PNE 2014-2024**. Brasília: MEC, 2014. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2014/lei/l13005.htm. Acesso em: 26 nov. 2024.

BRASIL. Senado Federal. **CAE aprova criação de programa de inclusão digital na educação básica**. Agência Senado, 14 maio 2024. Disponível em: <https://www12.senado.leg.br/noticias/materias/2024/05/14/cae-aprova-criacao-de-programa-de-inclusao-digital-na-educacao-basica>. Acesso em: 17 out. 2024.

BRASIL. Senado Federal. **Projeto de Lei nº 4.538, de 2020**. Cria o Programa Nacional de Inclusão Digital para a Educação Básica. Brasília, 2024. Disponível em: <https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/144657>. Acesso em: 11 maio 2025.

BRUNER, Jerome Seymour. **Fabricando Histórias**: Direito, Literatura, Vida. São Paulo: Letra e Voz, 2014.

BRUNER, Jerome Seymour. ***Toward a Theory of Instruction***. Cambridge: Harvard University Press, 1966.

BRUNER, Jerome Seymour. ***Toward a theory of instruction***. Harvard university press, 1974.

BRUNER, Jerome. *Culture and human development: A new look*. **Human development**, v. 33, n. 6, p. 344-355, 1990.

CAMILLO, Cíntia Moralles; MEDEIROS, Liziany Muller. **Teorias da Educação**. Santa Maria: UFSM/NTE, 2018.

CARVALHO, Julliana Pena de; MOURA, Tássia Laine Ferreira; RIOS, Kamila Gonçalves; SILVA, Miriam Batista da. Resgate histórico da educação profissional e tecnológica no Brasil. **CONTRIBUCIONES A LAS CIENCIAS SOCIALES**, v. 17, n. 12, p. e12921, 2024.

CASTRO, Lílian dos Santos; SANTOS, Rodrigo da Silva; CRUZ, Aline Helena da Silva. Da Silva. Educação e teorias da aprendizagem: um foco na teoria de Vygotsky. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, v. 11, n. 1, p. 551-559, 2013.

CEFET-MG. CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS. **Plano de Desenvolvimento Institucional (PDI) 2023–2027**. Belo Horizonte: CEFET-MG, 2022. Disponível em: https://www.dppg.cefetmg.br/wp-content/uploads/sites/164/2023/02/PDI_2023_2027.pdf. Acesso em: 11 out. 2025.

CERVO, Amado Luiz; BERVIAN, Pedro Alcino. Metodologia científica. In: **Metodologia científica**, 2002.

CIESLAK, Igor de Albuquerque; MOURÃO, Keila Renata Moreira; PAIXÃO, Antônio Jorge Paraense da. Gamificação e educação: conceituação, estado da arte e agenda de pesquisa. **Tear: Revista de Educação Ciência e Tecnologia**, v. 9, n. 1, p. 1-15, 2020.

COSTA, Jose Wilson da; GUIMARÃES, Mariana Bethonico Muniz; GROSSI, Márcia Gorett Ribeiro. Concepção construtivista permeada pelo uso de tecnologias: um estudo de caso. **Revista Ibero-Americana de Estudos em Educação**, Araraquara, v. 8, n. 2, p. 378–393, 2014.

COSTA, Sidney Moreira. **A influência dos recursos tecnológicos no processo de ensino aprendizagem**. 2014. 43f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Fundamentos da Educação: Práticas Pedagógicas Interdisciplinares) - Universidade Estadual da Paraíba, Sousa, 2014.

COWAN, Nelson. *The magical number 4 in short-term memory: A reconsideration of mental storage capacity*. **Behavioral and Brain Sciences**, v. 24, n. 1, p. 87-114, fev. 2001.

CRONBACH, Lee J. *Coefficient alpha and the internal structure of tests*. **psychometrika**, v. 16, n. 3, p. 297-334, 1951.

DEVELLIS, Robert F.; THORPE, Carolyn T. **Scale development: Theory and applications**. Sage publications, 2021.

DIFULVIO, Gloria T.; GUBRIUM, Aline C.; FIDDIAN-GREEN, Alice; LOWE, Sarah E.; DEL TORO-MEJIAS, Lizbeth Marie. *Digital storytelling as a narrative health promotion process: Evaluation of a pilot study*. **International quarterly of community health education**, v. 36, n. 3, p. 157-164, 2016.

DUARTE, Marcela. Política nacional de educação digital: propostas, desafios e estratégias para a promoção da inclusão digital e do uso da tecnologia na educação. **Revista Eletrônica Direito & TI**, v. 2, n. 18, p. 87-102, 2024.

ESPIG, Aline; DOMINGUES, Maria José Carvalho de Souza. *Kahoot! no Ensino Superior: razões para a gamificação das aulas por meio de uma ferramenta digital de quizzes*. **Informática na educação: teoria & prática**, Porto Alegre, v. 23, n. 2 Mai/Ago, 2020.

FARIA, Luiz Henrique Portela; DIETRICH, Ana Maria; GOMES, Vivilí Maria Silva. A contação de história como instrumento de mediação para o ensino de ciências a alunos do ensino fundamental. **Revista eletrônica pesquiseduca**, v. 10, n. 20, p. 230-250, 2018.

FERNANDES, Arlete Modesto Macedo; MARINHO; Gisanne de Oliveira; BATISTA, Miriam Delmonde; OLIVEIRA, Gislene Farias de. O construtivismo na educação. **ID on line. Revista de psicologia**, v. 12, n. 40, p. 138-150, 2018.

FIELD, Andy. **Discovering statistics using IBM SPSS statistics**. Sage publications limited, 2024.

FLOTTEMESCH, Kim. Aprendizagem por meio de narrativas: O impacto da narrativa digital em relacionamentos intergeracionais. **Academy of Educational Leadership Journal**, v. 17, n. 3, p. 53, 2013.

FONSECA, João José Saraiva da. **Apostila de metodologia da pesquisa científica**. João José Saraiva da Fonseca, 2002.

FREITAS, Ana Beatriz Machado. Herbart e Humanismo: Contribuições e perspectivas para a educação contemporânea. **Revista Educativa-Revista de Educação**, v. 16, n. 1, p. 65-78, jan./jun. 2013.

FREITAS, Hermínia Dias et al. Pesquisas com seres humanos: a ética e a relevância dos comitês de ética. **Revista Eletrônica Acervo Saúde-ISSN**, v. 1646, [S.n.], p. 6977, 2016.

FREITAS, Luciane; BRAGA, Adriano Honorato. **O uso de tecnologia de informação e comunicação por professores do ensino médio**. [s.l.]: [s.n.], 2021. Disponível em: <https://repositorio.ifgoiano.edu.br/handle/prefix/2048>. Acesso em: 26 nov. 2024.

FREUND, Lisa S. *Maternal regulation of children's problem-solving behavior and its impact on children's performance*. **Child development**, v. 61, n. 1, p. 113-126, 1990.

FRIGOTTO, Gaudêncio; CIAVATTA, Maria; RAMOS, Marise; BARTOLOZZI, Eliza; GARCIA, Sandra; CORREA, Vera. (Org.). **Ensino médio integrado: concepção e contradições**. São Paulo: Cortez, 2005.

GARCÍA, Iolanda González; PEÑA-LÓPEZ, Ismael; JOHNSON, Larry; SMITH, Rachel; LEVINE, Alan; HAYWOOD, Keen. **Informe Horizon: edición iberoamericana**. Austin, TX: The New Media Consortium, 2010.

GEE, James Paul. Are video games good for learning?. **Nordic Journal of Digital Literacy**, v. 1, n. 3, p. 172-183, 2006.

GEE, James Paul. **Situated Language and Learning: A Critique of Traditional**

Schooling. New York: Routledge, 2004.

GEE, James Paul. ***What Video Games Have to Teach Us About Learning and Literacy***. New York: Palgrave Macmillan, 2003.

GEORGE, Darren; MALLERY, Paul. ***IBM SPSS Statistics 26 step by step: A simple guide and reference***. 16th ed. New York: Routledge, 2019.

GERHARDT, Tatiana Engel; SILVEIRA, Denise Tolfo. **Métodos de pesquisa**. Plageder, 2009.

GOSCIOLA, Vicente. Narrativa transmídia: a presença de sistemas de narrativas integradas e complementares na comunicação e na educação. **Quaestio-Revista de Estudos em Educação**, v.13, n.2, p.117-126, 2011.

GOSCIOLA, Vicente; VERSUTI, Andrea. Narrativa transmídia e sua potencialidade na educação aberta. ***Open Educational Resources and Social Networks: Co-Learning and Professional Development***. London: Scholio Educational Research & Publishing, 2012.

GROSSI, Márcia Gorett Ribeiro. Usar tecnologias digitais nas aulas remotas durante a pandemia da COVID-19? Sim, mas quais e como usar?. **Olhar de Professor**, [S. l.], v. 24, p. 1–12, 2021.

GUZZO, Dagoberto André; PARREIRA, Fábio José; SILVEIRA, Sidnei Renato. **A utilização de jogos educacionais digitais como proposta de metodologia ativa de ensino para uma aprendizagem significativa na educação básica**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2020.

HAIR, Joseph Francis; BLACK, William Carl; BABIN, Barry J.; ANDERSON, Rolph Edward; TATHAM, Ronald L. ***Multivariate data analysis***. 7. ed. Essex: Pearson Education Limited, 2014.

HALAWA, Suarman; LIN, Tzu-Chiang; HSU, Ying-Shao. Explorando o design instrucional na educação STEM K-12: uma revisão sistemática da literatura. ***International Journal of STEM Education***, v. 11, n. 1, p. 1-15, 2024.

HAYNE, Luiz Augusto; DE SOUZA WYSE, Angela Terezinha. Análise da evolução da tecnologia: uma contribuição para o ensino da ciência e tecnologia. **Revista brasileira de ensino de ciência e tecnologia**, v. 11, n. 3 p. 37-64, 2018.

HERBART, Johann Friedrich; FRITZSCH, Theodor. ***Allgemeine Pädagogik aus dem Zweck der Erziehung abgeleitet***. Göttingen: JF Röwer, 1806.

JENKINS, Henrique. **Fãs, Bloggers e Gamers**: Explorando a Cultura Participativa. São Paulo: Editora Senac, 2006.

JENKINS, Henry. **Cultura da convergência**. 2. ed. São Paulo: Aleph, 2008.

JENKINS, Henry. **Cultura da Convergência**: Onde a Velha e a Nova Mídia Colidem. Nova York: New York University Press, 2004.

JENKINS, Henry; FORD, Sam; VERDE, Josué. **Mídia Divulgável: Criando Valor e Significado em uma Cultura em Rede**. Nova Iorque: New York University Press, 2009.

JONASSEN, David H.; HERNANDEZ-SERRANO, Julian. Raciocínio baseado em casos e design instrucional: usando histórias para dar suporte à resolução de problemas. *Educational technology research and development*, v. 50, n. 2, p. 65-77, 2002.

KAPP, Karl M. **A gamificação da aprendizagem e instrução: Métodos e Estratégias Baseados em Jogos para Treinamento e Educação**. São Francisco: John Wiley & Sons, 2012.

KELLER, J. M. *Motivational design for learning and performance: The ARCS model approach*. Boston: Springer, 2010.

KINDER, Marsha. *Playing with power in movies television, and video games: from Muppet Babies to Teenage Mutant Ninja Turtles*. Berkeley: University of California Press, 1991.

KRAUSE, Katiane Kazuza Gneipel. **A influência dos jogos educativos analógicos e digitais na aprendizagem**. In: Congresso Brasileiro de Educação e Tecnologia, 2024. Disponível em: https://educapes.capes.gov.br/bitstream/capes/585928/2/Produto%20Educativo%20PPGECMT_Katiane%20Kazuza%20Gneipel%20Krause.pdf. Acesso em: 10 out. 2025.

KRESS, Gunther. *Literacy in the New Media Age*. New York: Routledge, 2003

KUENZER, Acácia Zeneida. **Ensino médio e profissional: as políticas do Estado neoliberal**. 1997.

LÉVY, Pierre. **Cibercultura**. 1.ed. Rio de Janeiro: Editora 34, 1999.

LIMA, Bernardo Alves Villarinho; SANTOS, Michelle Regina Alves dos; ALMEIDA, Leonelo Dell Anhol; AMARAL, Marília Abrahão. Um projeto participativo para Informática na Educação orientado por discussões dos estudos em Ciência, Tecnologia e Sociedade. *Tecnologias, Sociedade e Conhecimento*, v. 7, n.1, p. 118-140, 2020.

MARAFFI, Sabina; SACERDOTI, Francesco M. *Innovative Digital Games to Improve Science Education through Storytelling, Mystery and Myth*. **British DiGRA**, 2018.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. Técnicas de pesquisa: planejamento e execução de pesquisa; amostragens e técnicas de pesquisa; elaboração, análise e interpretação de dados. In: **Técnicas de pesquisa: planejamento e execução de pesquisa; amostragens e técnicas de pesquisa; elaboração, análise e interpretação de dados**. 2012. p. 277-277.

MARCZEWSKI, Andrzej. **Gamificação: uma introdução simples**. Andrzej Marczewski, 2013.

MARSH, Tim. *Serious games and the Quality Framework (SGQF)*. In: *INTERNATIONAL CONFERENCE ON GAMES AND VIRTUAL WORLDS FOR SERIOUS APPLICATIONS*, 2011, Athens. **Anais...** Athens: IEEE, 2011. p. 1-8.

MAYER, Richard E.; MORENO, Roxana. *Nine ways to reduce cognitive load in multimedia learning*. **Educational Psychologist**, v. 38, n. 1, p. 43-52, 2003.

MEADOWS, Daniel. **Narrativa digital**: prática baseada em pesquisa em novas mídias. **Comunicação visual**, v. 2, n. 2, p. 189-193, 2003.

MILLER, Carolyn Handler. **Digital storytelling: a creator's guide to interactive entertainment**. 3. ed. New York: Routledge, 2014.

MILLER, George A. *The magical number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information*. In: **Psychology of Communication**. Penguin Books, 1967.

MILLER, George A. *The Magical Number Seven, Plus or Minus Two: Some Limits on Our Capacity for Processing Information*. **Psychological Review**, v. 63, n. 2, p. 81-97, mar. 1956.

MINODA, Dalva Souza; GROSSI, Márcia Gorett Ribeiro. Jogos digitais educacionais na EPT: um enfoque nas abordagens pedagógicas. **Revista Vértices**, [S. l.], v. 26, n. 2, p. e26223383, 2025.

MISHRA, Punya; KOEHLER, Matthew J. Technological Pedagogical Content Knowledge: A Framework for Teacher Knowledge. **Teachers College Record**, v. 108, n. 6, p. 1017–1054, 2006.

MOITA, Filomena. **Jogos digitais na educação**: pesquisa e prática. Recife: Universidade Federal de Pernambuco, 2006.

MOLEND, Michael. In Search of the Elusive ADDIE Model. **Performance Improvement**, v. 42, n. 5, p. 34–36, 2003.

MONTE, Cidália Alves do. Tecnologias digitais na Educação: Vantagens, desafios e estratégias para uma integração eficiente no contexto brasileiro. **E-Acadêmica**, v. 6, n. 1, p. e0261600, 2025.

MONTEIRO, Jean Carlos da Silva; FAÇANHA, Luciano da Silva. As TIC no centro da (re) configuração social do século XXI. **Texto Livre**, v. 18, [s.n.], p. e56501, 2025.

MORAES, Andressa Cristina Antunes. **A teoria sociocultural de Vygotsky orientando as atividades experimentais em Física**. 2013. 32 f. Trabalho de conclusão de curso (Especialização) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2013.

MOSSMANN, João B.; BARBOSA, Débora N. F.; BARROS, Paulo R.; VALADARES, Vanessa C. S.; DA SILVA, Rafael N.; FISCHER, Ricardo E. C.; BROCHETTO, Vagner; GONÇALVES, Bruno T. Evidências preliminares da Teoria da Carga Cognitiva em jogos digitais. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE JOGOS E ENTRETENIMENTO DIGITAL (SBGAMES)**, 15., 2016, São Paulo. Anais [...]. São

Paulo: Sociedade Brasileira de Computação, 2016. p. 369–376. Disponível em: feevale.br. Acesso em: 14 maio 2025

MOURA, Dante Henrique. Educação básica e educação profissional e tecnológica: dualidade histórica e perspectivas de integração. **Holos**, v. 2, [s.n], p. 4-30, 2007.

MURRAY, Janet. **Hamlet no Holodeck**: o futuro da narrativa no ciberespaço. São Paulo: Itaú Cultural UNESP, 2003.

NAIR, Viknesh; MD YUNUS, Melor. *Using Digital Storytelling to Improve Pupils' Speaking Skills in the Age of COVID 19*. **Sustainability**, v. 14, n. 15, p. 9215, 2022.

NEBEL, Steve; SCHNEIDER, Sascha; REY, Günter Daniel. *Mining learning and crafting scientific experiments: a literature review on the use of minecraft in education and research*. **Journal of Educational Technology & Society**, v. 19, n. 2, p. 355-366, 2016.

NUNES, Marcelo; GIRAFFA, Lúcia. A educação na ecologia digital. **PPGCC/FACIN, PUCRS**, 2003.

NUNNALLY, Jum C.; BERNSTEIN, Ira H. **Psychometric theory**. 3. ed. New York: McGraw-Hill, 1994.

OCDE (Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico). **The Future of Education and Skills: Education 2030**. Paris: OECD Publishing, 2018

OLIVEIRA, Camila Rezende; DE OLIVEIRA, Guilherme Saramago; SANTOS, Anderson Oramisio; FARIA BORGES, Tatiane Daby de Fatima Faria Borges de Fatima. O pensamento educacional de Johann Friedrich Herbart (1776-1841). **Revista Valore**, [S. l.], v. 8, p. e-8081, 2023.

OLIVEIRA, Daniele de Souza Lopes. **Storytelling como estratégia de ensino no contexto da educação profissional e tecnológica**. 2020. 131 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de pós-graduação em Educação Profissional e Tecnológica. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, Campus Sertão, Sertão, 2020.

OLIVEIRA, Eduardo Gomes; CLASSE, Tadeu Moreira. Investigando o Uso do Storytelling como Abordagem Educacional: Mapeamento Sistemático da Literatura. **Revista Brasileira de Informática na Educação**, [S. l.], v. 32, p. 450-479, 2024.

PACHECO, Eliezer Moreira. **Os Institutos Federais: uma revolução na educação profissional e tecnológica**. Natal: IFRN, 2010.

PALLANT, Julie. **SPSS survival manual: A step by step guide to data analysis using IBM SPSS**. Routledge, 2020.

PAPPAS, Christopher. **Vygotsky's Learning Theories in Minecraft**. *eLearning Industry*, 1 dez. 2014. Disponível em: <https://elearningindustry.com/vygotskys-learning-theories-minecraft>. Acesso em: 9 out. 2025.

PIAGET, Jean. ***Psychology and epistemology: Towards a theory of knowledge***. New York: Viking Press, 1970.

PIAGET, Jean. ***The construction of reality in the child***. New York: Basic Books, 1954.

PIOVESAN, Armando; TEMPORINI, Edméa Rita. Pesquisa exploratória: procedimento metodológico para o estudo de fatores humanos no campo da saúde pública. **Revista de Saúde Pública**, v. 29, n. 4, p. 318-25, 1995.

PLACIDES, Fernando Mariano. **John Dewey**: um caminho entre a filosofia, a tecnologia e a educação. Orientador: José Wilson da Costa. 2023. 204 f. Tese (Doutorado em Educação) - Programa de Pós-Graduação em Educação, Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2023.

RAMOS, Daniela Karine; ROCHA, Natália Lorenzetti da; RODRIGUES, Kátia.; ROISENBERG, Bruna Berger. O uso de jogos cognitivos no contexto escolar: contribuições às funções executivas. **Psicologia escolar e educacional**, v. 21, n. 2, p. 265-275, 2017.

ROCHA, Enilton Ferreira. Metodologias Ativas: um desafio além das quatro paredes da sala de aula. **Encontro Nacional de Professores em Educação a Distância-ENPED**, 2012. Disponível em: https://www.abed.org.br/arquivos/Metodologias_Ativas_alem_da_sala_de_aula_Enilton_Rocha.pdf. Acesso em: 26 nov. 2024.

ROCHA, Rafaela Vilela; BITTENCOURT, Ig Ibert; ISOTANI, Seiji. **Análise, projeto, desenvolvimento e avaliação de jogos sérios e afins**: uma revisão de desafios e oportunidades. Porto Alegre, RS: SBC, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.5753/cbie.sbie.2015.692>. Acesso em: 26 nov. 2024.

RODRIGUES, Maria Lucia; LIMENA, Maria Margarida Cavalcanti. **Metodologias multidimensionais em Ciências Humanas**. Brasília: Líber Livros Editora, 2006. 175p.

RODRIGUES, Patrícia; BIDARRA, José. *Transmedia storytelling and the creation of a converging space of educational practices*. **International Journal of Emerging Technologies in Learning-(iJET)**, v. 9, p. 42-48, 2014.

RYAN, Richard. M.; DECI, Edward. L. Motivações intrínsecas e extrínsecas: definições clássicas e novas direções. Contemporâneo. **Psicologia da Educação**, New York, v. 25, n. 1, p. 54-67, Mai/jun. 2000.

SALEN, Katie Tekinbas; TORRES, Rebecca; WATERS, Eric. **Quest to Learn: Developing the School for Digital Kids**. Cambridge, MA: MIT Press, 2011.

SALEN, Katie Tekinbas; ZIMMERMAN, Eric. **Rules of play: game design fundamentals**. Cambridge: MIT Press, 2003.

SAMPIERI, Roberto Hernández; COLLADO, Carlos Fernández; LUCIO, María del Pilar Baptista. **Metodologia de pesquisa**. 5. ed. Porto Alegre: Penso, 2013.

SANTOS, Leila Maria Araújo. **A inserção de um agente conversacional animado em um ambiente virtual de aprendizagem a partir da teoria da carga cognitiva.**

Orientadora: Roseli Aparecida de Oliveira. 2009. 228 f. Tese (Doutorado em Informática na Educação) – Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

SANTOS, Leila Maria Araújo; TAROUÇO, Liane Margarida Rockenbach. A importância do estudo da teoria da carga cognitiva em uma educação tecnológica. **Novas Tecnologias na Educação**, v. 5, n. 1, p. 1-11, 2007.

SARANGO, Yamil Edinson Lambert. *Las narrativas audiovisuales en el diseño de videojuegos, aproximaciones teóricas, un acercamiento a sus particularidades.*

Ñawi: arte diseño comunicación, v. 7, n. 1, p. 231-258, 2023.

SAVIANI, Dermeval. Trabalho e educação: fundamentos ontológicos e históricos. **Revista brasileira de educação**, v. 12, n. 34, p. 152-165, 2007.

SCOLARI, Carlos A. MASANET, M. J. GUERRERO -PICO, M. ESTABLÉS, M. J. *Transmedia literacy in the new media ecology: Teens transmedia skills and informal learning strategies.* **Profesional de la Información**, v. 27, n. 4, p. 801-812, 2018.

SEIXAS, Luma da Rocha; GOMES, Alex Sandro; FILHO, Ivanildo Junior Melo; RODRIGUES, Rodrigo Lins. Gamificação como estratégia no engajamento de alunos do ensino fundamental. In: **Brazilian Symposium on Computers in Education** (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE). 2014. p. 559.

SENA, Samara; CATAPAN, Araci Hack. Metodologias para a criação de jogos educativos: uma revisão sistemática da literatura. **Revista Novas Tecnologias na Educação**, v. 14, n. 2, p. 1-11, 2016.

SÉRIO, Tânia Maria de Azevedo Pires. *The radical behaviorism and the psychology as science.* **Revista brasileira de terapia comportamental e cognitiva**, São Paulo, v. 7, n. 2, p. 247-262, 2005

SHAFFER, David Williamson; GEE, James Paul. **Como os jogos de computador ajudam as crianças a aprender.** Nova York: Palgrave Macmillan, 2006.

SIJTSMA, Klaas. *On the use, the misuse, and the very limited usefulness of Cronbach's alpha.* In: BOYLE, G. J.; O'GORMAN, J. G.; FOGARTY, G. J. (Ed.). **Work and organisational psychology: Research methodology; Assessment and selection; Organisational change and development; Human resource and performance management; Emerging trends: Innovation/globalisation/technology.** Londres: Sage Publications, 2016. p. 253-271.

SILVA, Mateus A. Sousa; SALES, André Barros de; MENDES, Fabiana Freitas. Aspectos de qualidade em jogos sérios digitais. **RENOTE**, Porto Alegre, v. 19, n. 1, p. 207–216, 2021.

SILVEIRA, Sidnei Renato; RANGEL, Ana Cristina Souza; DE LIMA CIRÍACO, Elias. Utilização de jogos digitais para o desenvolvimento do raciocínio lógico-matemático. **# Tear: Revista de Educação, Ciência e Tecnologia**, v. 1, n. 1, p. 1-14, 2012.

SOLA, Roseli Aparecida Perina. **Jogo digital: uma possibilidade pedagógica para a alfabetização e o letramento**. 2019. 145 f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Programa de Pós-Graduação em Educação, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2019.

SOTAMAA, Olli. *When the game is not enough: Motivations and practices among computer game modding culture*. **Games and Culture**, v. 5, n. 3, p. 239-255, 2010.

SQUIRE, Kurt. From content to context: *Videogames as designed experience*. **Educational researcher**, v. 35, n. 8, p. 19-29, 2006.

STEINKUEHLER, Constance; DUNCAN, Sean. *Scientific habits of mind in virtual worlds*. **Journal of Science Education and Technology**, v. 17, p. 530-543, 2008.

STREINER, David L. *Starting at the beginning: an introduction to coefficient alpha and internal consistency*. **Journal of personality assessment**, v. 80, n. 1, p. 99-103, 2003.

SWELLER, John. *Cognitive load during problem solving: Effects on learning*. **Cognitive science**, v. 12, n. 2, p. 257-285, 1988.

SWELLER, John. *Cognitive load theory*. In: **Psychology of learning and motivation**. Academic Press, 2011. p. 37-76.

SWELLER, John. **Cognitive Load Theory: A Special Issue of educational Psychologist**. LEA, Inc, 2003.

SYLAIU, Stella; DAFIOTIS, Panagiotis. *Storytelling in virtual museums: engaging a multitude of voices*. In: **Visual computing for cultural heritage**. Springer, Cham, 2020. p. 369-388.

TABACHNICK, Barbara G.; FIDELL, Linda S.; ULLMAN, Jody B. **Using multivariate statistics**. 7. ed. New York: Pearson, 2019.

TAVAKOL, Mohsen; DENNICK, Reg. *Making sense of Cronbach's alpha*. **International journal of medical education**, v. 2, [s.n], p. 53, 2011.

TEIXEIRA, Deglaucy J.; CRUZ, Márcia D.; GONÇALVES, Berenice S. Uma proposta de roteiro para game educativo com base no design de narrativa digital interativa. **Revista metamorfose**. v.2, n.1 p.252-275, 2017.

THIOLLENT, Michel. **Metodologia da pesquisa-ação**. Cortez editora, 2025.

TRIOLA, Mario. F. **Introdução à estatística**. 12. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2017.

TRIVISIOS, Augusto NS. **Introdução à pesquisa em ciências sociais**. São Paulo: Atlas, 1987.

UNESCO. **The Futures of Education: Learning to Become**. Paris: UNESCO, 2019.

VAN MERRIENBOER, Jeroen JG; SWELLER, John. *Cognitive load theory and complex learning: Recent developments and future directions*. **Educational Psychology Review**, v. 17, n. 2, p. 147-177, 2005.

VIEIRA, Alboni Marisa Dudeque Pianovski; MUNARO, Ana Cristina. A narrativa transmídia no processo de ensino e aprendizagem de adolescentes. **EccoS Revista Científica**, [S. l.], n. 48, p. 317-337, 2019.

VYGOTSKY, Lev Semenovich. **Desenvolvimento da percepção e da atenção**. 6. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2003.

VYGOTSKY, Lev Semenovich. **Mind in Society: The Development of Higher Psychological Processes**. Cambridge: Harvard University Press, 1978.

WANG, Chin-Chiang; KU, Heng-Yu. A case study of an affective education course in Taiwan. **Educational Technology Research and Development**, v. 58, n. 5, p. 613-628, 2010.

WERBACH, Kevin; HUNTER, Dan. **For the win: How game thinking can revolutionize your business**. Philadelphia: Wharton Digital Press, 2012.

WOOD, David; BRUNER, Jerome S.; ROSS, Gail. The role of tutoring in problem solving. **Journal of child psychology and psychiatry**, v. 17, n. 2, p. 89-100, 1976.

WOOD, Pamela J. Imaginação histórica, aprendizagem narrativa e prática de enfermagem: respostas de leitores de alunos de pós-graduação em enfermagem à narrativa de uma enfermeira do passado. **Nurse Education in Practice**, v. 14, n. 5, p. 473-478, 2014.

ZAREI, Abbas Ali; RAMEZANKHANI, Zeinalabedin. The comparative effects of mnemonic keyword method, storytelling, and semantic organization on L2 idiom learning. **Teaching English Language**, v. 12, n. 1, p. 31-60, 2018.

APÊNDICE A – PERFIL DE ALUNOS, RECURSOS TECNOLÓGICOS E AS FREQUÊNCIAS DE USO

Seção 1: Informações Básicas

1. Informe o seu nome:
 Por favor, forneça o seu e-mail:
 Qual a sua idade?
 Por favor, indique o seu gênero:
 - ☐ Masculino
 - ☐ Feminino
 - ☐ Outro: ____
2. Em qual curso você está matriculado(a)?

Seção 2: Uso de Dispositivos Tecnológicos

3. Por favor, assinale quais dos dispositivos tecnológicos listados abaixo você utiliza semanalmente:
(Múltiplas opções permitidas)
 - ☐ Computador de mesa
 - ☐ Notebook
 - ☐ Smartphone
 - ☐ Tablet
 - ☐ Smart TV
 - ☐ Consoles de jogos (Xbox, PlayStation, Nintendo, etc.)
 - ☐ Não utilizo nenhum dos dispositivos acima
 - ☐ Outros: ____
4. Há quanto tempo você utiliza computadores ou dispositivos com acesso à internet?
(Apenas uma opção pode ser selecionada)
 - ☐ Menos de 1 ano
 - ☐ Entre 1 e 3 anos
 - ☐ Entre 3 e 5 anos
 - ☐ Mais de 5 anos
 - ☐ Não utilizo
5. Por favor, assinale de onde costuma acessar a internet com mais frequência:
(Múltiplas opções permitidas)
 - ☐ Em casa
 - ☐ No trabalho
 - ☐ Em um estabelecimento de ensino
 - ☐ Em um ambiente público de acesso grátis
 - ☐ Em uma Lan House
 - ☐ Serviço móvel de telefonia celular 3G ou 4G
 - ☐ Não acesso nunca
 - ☐ Outros: ____

**6. Quantas horas semanais você dedica ao uso dos seguintes dispositivos?
(Apenas uma opção por dispositivo)**

Computador de mesa:

- Menos de 1 hora
- Entre 1 e 3 horas
- Entre 3 e 5 horas
- Entre 5 e 10 horas
- Entre 10 e 20 horas
- Mais de 20 horas
- Não utilizo

Notebook: (mesmas opções acima)
Smartphone ou **Tablet:** (mesmas opções acima)
Smart TV: (mesmas opções acima)
Outro dispositivo citado: (mesmas opções acima)

**7. Assinale os programas/ferramentas que você utiliza com frequência nas suas atividades semanais:
(Múltiplas opções permitidas)**

- Editor de textos (MS Word ou similar)
- Editor de planilhas (MS Excel ou similar)
- Editor de apresentações (MS PowerPoint ou similar)
- Navegador de páginas Web (Chrome, Firefox, Safari, etc.)
- Jogos em geral
- Redes sociais (Facebook, LinkedIn, etc.)
- Comunicação instantânea (WhatsApp, Skype, etc.)
- Não utilizo nenhuma das ferramentas acima
- Outros: ____

Seção 3: Preferências de Estudo

**8. Indique o seu grau de concordância em relação às seguintes afirmações:
(Escala de 1 a 5, onde 1 = Baixo e 5 = Alto)**

- Prefiro TEXTOS DIGITAIS (computador, tablets, smartphones) como forma de obter informações durante meus estudos.
- Prefiro TEXTOS IMPRESSOS como forma de obter informações durante meus estudos.
- Prefiro GRAVAÇÕES DE VÍDEO como forma de obter informações durante meus estudos.
- Prefiro GRAVAÇÕES DE ÁUDIO como forma de obter informações durante meus estudos.
- Prefiro AULAS PRESENCIAIS como forma de obter informações durante meus estudos.
- Gosto de trabalhos em grupos, pois posso ajudar, ouvir e dar opiniões, além de me sentir confortável com outras pessoas ao meu redor.

Seção 4: Uso de jogos digitais

9. Com que frequência você joga jogos digitais (em celular, computador, console etc.)?

☐ Nunca ☐ Raramente ☐ Às vezes ☐ Frequentemente ☐ Todos os dias

10. **Que tipo de jogos você costuma jogar com mais frequência?**

☐ Aventura/RPG ☐ Estratégia ☐ Corrida ☐ Simulação ☐ Jogos educativos ☐ Outros: _____

11. **Você já teve contato com algum jogo que ensinava conteúdos escolares ou científicos?**

(☐) Sim (☐) Não
Se sim, qual(is)? _____

12. **Como você avalia sua experiência com jogos que tinham objetivo de ensinar algum conteúdo?**

☐ Muito positiva ☐ Positiva ☐ Neutra ☐ Negativa ☐ Muito negativa

13. **Você considera que aprender por meio de jogos pode facilitar o entendimento de conteúdos escolares?**

☐ Concordo totalmente ☐ Concordo ☐ Neutro ☐ Discordo ☐ Discordo totalmente

APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO PRÉ-TESTE

ATIVIDADE DIAGNÓSTICA SOBRE HERANÇA GENÉTICA

Caro (a) participante,

Este questionário tem como objetivo conhecer o que você já sabe sobre como as características são herdadas. As respostas serão utilizadas apenas para fins de pesquisa e não terão impacto em suas notas ou avaliações escolares.

Não se preocupe se não souber alguma resposta. O mais importante é que você responda com sinceridade, de acordo com o que já conhece ou imagina sobre o assunto. Tente responder sem pesquisar ou perguntar a outras pessoas. Seu tempo de resposta não será cronometrado, então leia cada questão com atenção antes de responder.

Informações pessoais

Nome	
Idade	
Turma/Série	
Curso	

1. O que você entende por herança genética? Como você acha que características como a cor dos olhos ou o tipo de cabelo são passadas de pais para filhos?
2. Imagine que a cor do cabelo de uma pessoa é uma característica e o fato de ela conseguir ou não enrolar a língua é outra. Você acha que a herança dessas duas características acontece de forma conjunta ou elas são transmitidas de forma independente uma da outra? Por quê?
3. Se uma planta de ervilha que produz sementes amarelas e lisas cruza com outra que produz sementes verdes e rugosas, você acha que os descendentes poderiam ter uma combinação nova, como sementes amarelas e rugosas? Explique seu raciocínio.
4. Por que é comum que irmãos (que não são gêmeos idênticos) sejam diferentes uns dos outros, mesmo tendo os mesmos pais?
5. A palavra dominante em genética significa que uma característica é melhor ou mais forte que uma recessiva? Ou o significado é outro? Explique o que você pensa.
6. Se um casal tem um filho com cabelos loiros (característica recessiva), qual a chance de o próximo filho também ser loiro? A chance aumenta, diminui ou permanece a mesma a cada nova gestação? Justifique.

7. Se um pai tem olhos castanhos (dominante) e cabelo loiro (recessivo), e uma mãe tem olhos azuis (recessivo) e cabelo castanho (dominante), é possível que eles tenham um filho(a) com olhos castanhos e cabelo castanho (as duas características dominantes)? Como você imagina que isso poderia acontecer?
8. Você acredita que a genética é como uma loteria (pura sorte) ou existem 'regras' que permitem prever as características dos descendentes com alguma certeza? Justifique.
9. (Múltipla escolha) Imagine um animal que tem duas características: cor do pelo (preto ou branco) e comprimento da cauda (longa ou curta). Se um animal possui os genes para todas as quatro variações, que tipo de características ele pode passar para a sua descendência?
 - () Apenas as características que ele mesmo demonstra.
 - () Apenas as combinações que ele herdou de seus pais.
 - () Todas as combinações possíveis de cor e comprimento de cauda.
 - () Não é possível prever.
10. Você já ouviu falar sobre as Leis de Mendel? Se sim, o que você sabe a respeito?

APÊNDICE C – PÓS-TESTE – SEGUNDA LEI DE MENDEL

Módulo 1 – Fundamentos da Segunda Lei de Mendel

1. (Múltipla escolha) A Segunda Lei de Mendel, ou Lei da Segregação Independente, afirma que:
 - a) Um alelo dominante sempre mascara o efeito de um alelo recessivo.
 - b) Os fatores para duas ou mais características se separam de forma independente durante a formação dos gametas.
 - c) Apenas uma característica pode ser analisada de cada vez em um cruzamento.
 - d) Pais puros sempre geram descendentes híbridos.
2. (Verdadeiro ou Falso) A Segregação Independente ocorre porque os genes para as características analisadas estão localizados em pares de cromossomos homólogos diferentes.

Módulo 2 – Di-hibridismo e Formação de Gametas

3. (Múltipla escolha) A análise de duas ou mais características simultaneamente em um cruzamento, como cor e textura da semente, é um exemplo de:
 - a) Monoibridismo
 - b) Di-hibridismo
 - c) Dominância Incompleta
 - d) Alelos Múltiplos
4. (Múltipla escolha) Um indivíduo com o genótipo AaBbCc pode formar quantos tipos de gametas diferentes?
 - a) 2
 - b) 4
 - c) 6
 - d) 8
5. (Múltipla escolha) Em ervilhas, a cor amarela (V) é dominante sobre a verde (v) e a textura lisa (R) é dominante sobre a rugosa (r). Quais gametas um indivíduo de genótipo VvRr pode produzir?
 - a) Apenas Vv e Rr.
 - b) Apenas VR e vr.
 - c) VR, Vr, vR e vr.
 - d) VV, Rr, Vv, RR.

Módulo 3 – Cruzamento Diíbrido e a Proporção 9:3:3:1

6. (Verdadeiro ou Falso) No cruzamento entre plantas puras VVRR (amarela e lisa) e vvrr (verde e rugosa), a geração F1 será composta 100% por indivíduos de genótipo VvRr, com fenótipo amarelo e liso.
7. (Múltipla escolha) Na autofecundação da geração F1 (VvRr x VvRr), a proporção fenotípica esperada na geração F2 é:
 - a) 3:1
 - b) 1:2:1
 - c) 9:3:3:1
 - d) 1:1:1:1
8. (Múltipla escolha) Na proporção 9:3:3:1, o número "9" representa a probabilidade de ocorrência de descendentes com:
 - a) Os dois fenótipos dominantes.
 - b) Um fenótipo dominante e um recessivo.
 - c) Os dois fenótipos recessivos.

d) Pelo menos um fenótipo dominante.

Módulo 4 – Aplicação e Probabilidade

9. (Múltipla escolha) No cruzamento de duas ervilhas diíbridas ($VvRr \times VvRr$), qual a probabilidade de nascer uma semente verde e lisa ($vvRr$ ou $vvRR$)?

- a) 9/16
- b) 3/16
- c) 1/16
- d) 4/16

10. (Múltipla escolha) No mesmo cruzamento ($VvRr \times VvRr$), qual a probabilidade de nascer uma semente verde e rugosa ($vvrr$)?

- a) 9/16
- b) 3/16
- c) 1/16
- d) 1/4

APÊNDICE D - QUESTIONÁRIO MODELO ARCS - AVALIAÇÃO DA MOTIVAÇÃO NO JOGO EDUCACIONAL DIGITAL

Dimensões	N °	Assertivas	Escala likert
Atenção (engajamento e interesse pelo jogo e pela narrativa)	1	A narrativa do jogo me deixou curioso para continuar explorando.	1 – 2 – 3 – 4 – 5
	2	Os personagens ou elementos da narrativa chamaram minha atenção ao longo do jogo.	1 – 2 – 3 – 4 – 5
	3	As situações apresentadas na narrativa fizeram com que eu quisesse descobrir o que aconteceria a seguir.	1 – 2 – 3 – 4 – 5
	4	A história (narrativa) apresentada no jogo tornou o conteúdo mais interessante e fácil de entender.	1 – 2 – 3 – 4 – 5
Relevância (conexão entre a narrativa e o aprendizado)	5	A narrativa do jogo me ajudou a compreender melhor o contexto do que estava sendo apresentado	1 – 2 – 3 – 4 – 5
	6	A relação entre a narrativa e as atividades do jogo fez sentido para mim.	1 – 2 – 3 – 4 – 5
	7	O conteúdo apresentado no jogo pareceu útil para a disciplina de Biologia.	1 – 2 – 3 – 4 – 5
	8	A experiência do jogo despertou meu interesse em saber mais sobre genética.	1 – 2 – 3 – 4 – 5
Confiança (autonomia e percepção de capacidade)	9	Durante o jogo, me senti capaz de entender as informações apresentadas sem precisar de explicações externas.	1 – 2 – 3 – 4 – 5
	10	A narrativa do jogo me ajudou a pensar sobre as questões apresentadas de forma independente.	1 – 2 – 3 – 4 – 5
	11	Senti que a narrativa e os desafios do jogo me ajudaram a refletir, mesmo sem conhecer totalmente o tema.	1 – 2 – 3 – 4 – 5
	12	A progressão do jogo me deu confiança para seguir explorando e descobrindo novas informações.	1 – 2 – 3 – 4 – 5
Satisfação (experiência de aprendizagem e conexão emocional)	13	A experiência de aprender por meio de uma história interativa foi agradável para mim.	1 – 2 – 3 – 4 – 5
	14	Se outras disciplinas usassem um jogo parecido, eu me sentiria mais motivado(a) a aprender.	1 – 2 – 3 – 4 – 5
	15	Os desafios e a forma como o jogo progrediu me ajudaram a sentir que eu estava realmente aprendendo e reforçando o conteúdo.	1 – 2 – 3 – 4 – 5
	16	A narrativa do jogo me fez refletir sobre o tema de uma forma que eu não tinha pensado antes.	1 – 2 – 3 – 4 – 5

APÊNDICE E - SUAS IDEIAS E SUGESTÕES (ALUNOS)

Instruções: Suas opiniões sinceras nesta parte são essenciais para a pesquisa. Por favor, responda com o máximo de detalhes que puder.

1. **A História e os Personagens:** Pensando na história de "Gregor Mendel: Viajante Genético", o que você achou da ideia de resolver um enigma com a ajuda do Mendel, do Theo e do Nex? Os personagens e a narrativa ajudaram a tornar o conteúdo de genética mais interessante e fácil de entender? Por quê?
2. **O Visual e a Clareza:** Sobre a parte visual (os quadrinhos), as imagens, os diálogos e a forma como o Quadro de Punnett foi mostrado passo a passo ajudaram você a entender o cálculo? Houve alguma parte da HQ que você achou visualmente confusa?
3. **O Jogo e o Desafio:** Sobre os quizzes no final de cada módulo: você sentiu que eles eram um bom desafio para testar o que aprendeu? A dificuldade das perguntas estava na medida certa, fácil demais ou difícil demais para você?
4. **O Aprendizado:** Comparando com uma aula tradicional sobre um tema de Biologia, você acha que aprendeu mais, menos ou a mesma coisa com este formato de jogo? Por favor, explique sua resposta.
5. **A Sugestão Final:** Se você pudesse dar uma sugestão para a próxima versão deste jogo, qual seria a sua principal ideia para melhorá-lo?

APÊNDICE F – QUESTIONÁRIO PRÉ-EXPERIMENTO (PROFESSORA)

Prezada Professora,

Este questionário visa compreender sua percepção sobre o ensino do conteúdo de Genética antes da aplicação da intervenção pedagógica com o Jogo Educacional Digital. Sua participação é muito valiosa.

1. Há quanto tempo você leciona a disciplina de Biologia?
☐ Menos de 1 ano
☐ Entre 1 e 5 anos
☐ Entre 6 e 10 anos
☐ Mais de 10 anos
2. Em uma escala de 1 a 5, sendo 1 "muito fácil" e 5 "muito difícil", como você avalia o nível de dificuldade geral dos alunos na compreensão da Segunda Lei de Mendel?
☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5
3. Quais são as principais dificuldades conceituais que você observa em seus alunos ao ensinar a Segunda Lei de Mendel? (Pode marcar mais de uma opção)
☐ Entender o conceito de segregação independente.
☐ Determinar os tipos de gametas de um indivíduo diíbrido.
☐ Montar e interpretar o Quadro de Punnett para cruzamentos diíbridos.
☐ Realizar os cálculos de proporção fenotípica (9:3:3:1).
☐ Diferenciar os cruzamentos da Primeira e da Segunda Lei de Mendel.
☐ Outra. Qual? _____
4. Você já utilizou algum recurso digital ou jogo para ensinar Genética? Se sim, qual foi o impacto percebido?
5. Quais estratégias didáticas você considera mais eficazes para ensinar este tema?
6. Qual a sua expectativa sobre o uso de um Jogo Educacional com Storytelling (narrativa em quadrinhos) para auxiliar os alunos na compreensão da Segunda Lei de Mendel?

APÊNDICE G – QUESTIONÁRIO PÓS-EXPERIMENTO (PROFESSORA)

Prezada Professora,

Este questionário busca coletar sua percepção sobre a efetividade do Jogo Educacional Digital Gregor Mendel: Viajante Genético após sua aplicação em sala de aula.

1. Em uma escala de 1 a 5, sendo 1 "muito baixo" e 5 "muito alto", como você avalia o nível de engajamento e interesse dos alunos durante o uso do jogo?

☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5

2. Após a intervenção, você percebeu alguma mudança na compreensão dos alunos sobre a Segunda Lei de Mendel?

- ☐ Sim, uma melhora significativa.
- ☐ Sim, uma pequena melhora.
- ☐ Nenhuma mudança aparente.
- ☐ Não sei avaliar.

3. Em sua opinião, em quais dos seguintes aspectos o jogo mais contribuiu para o aprendizado dos alunos? (Pode marcar mais de uma opção)

- ☐ Na motivação para aprender o conteúdo.
- ☐ Na compreensão do conceito de segregação independente.
- ☐ Na habilidade de determinar os gametas de um indivíduo diíbrido.
- ☐ Na montagem e interpretação do Quadro de Punnett.
- ☐ Na compreensão da proporção fenotípica (9:3:3:1).
- ☐ Outro. Qual? _____

4. Você percebeu alguma dificuldade técnica ou de compreensão por parte dos alunos ao utilizarem o jogo? Se sim, qual?

5. Você acredita que o formato de *Storytelling* (narrativa em quadrinhos) ajudou os alunos a se conectarem com o conteúdo e a compreenderem melhor os conceitos?

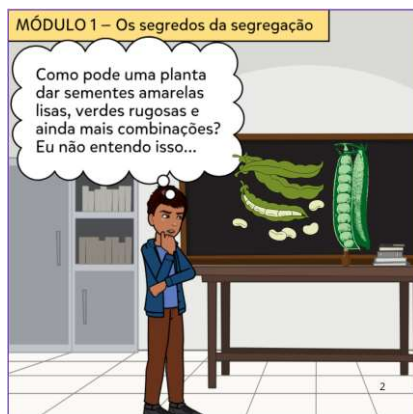
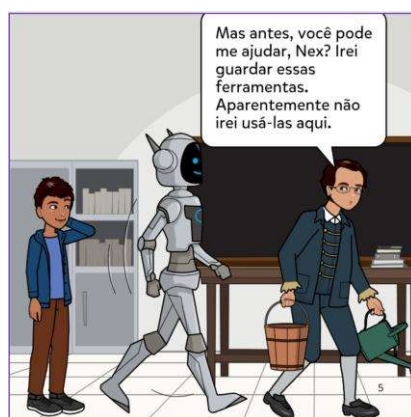
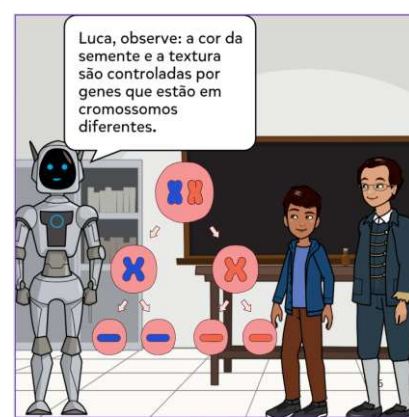
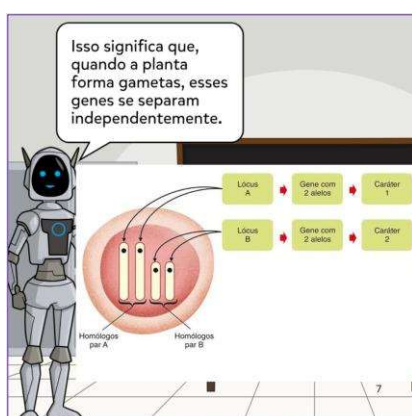
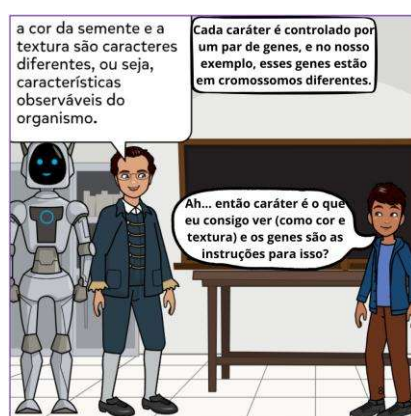
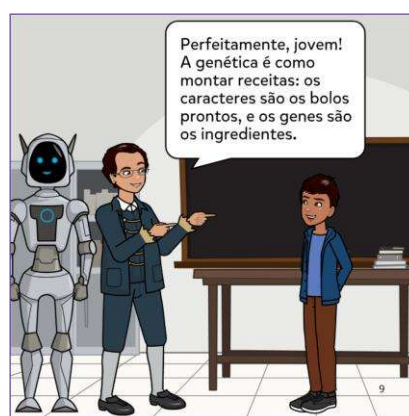
- ☐ Sim, claramente.
- ☐ Em parte.
- ☐ Não fez diferença.
- ☐ Atrapalhou.

6. Você utilizaria esta ferramenta (o jogo "Gregor Mendel: Viajante Genético") novamente em suas aulas?

() Sim () Talvez () Não

7. Na sua opinião, o jogo poderia ser melhorado de alguma forma? Se sim, como?

APÊNDICE H – STORYTELLING DO JOGO GREGOR MENDEL: VIAJANTE GENÉTICO



MÓDULO 2 – Di-hibridismo e formação de gametas

Dois problemas de uma vez? Isso parece... matemática disfarçada!

TESTURA COR

Luca, analisar uma característica por vez é fácil demais. O verdadeiro desafio é estudar duas ao mesmo tempo. Isso chamamos de di-hibridismo!

Para uma ervilha $VvRr$, existem quatro gametas possíveis: VR , Vr , vR , vr .

	R	r
V	VR	Vr
v	vR	vr

Gametas: $VR - Vr - vR - vr$

Indivíduo duplamente heterozigoto pode produzir 4 gametas diferentes

Use a regra 2^n , onde n é o número de pares heterozigotos.

$AaBbCc \rightarrow 2^3 = 8$ gametas diferentes.

Para descobrir quantos gametas são produzidos

2^n Onde n é o número de alelos heterozigoto

$VvRr - n = 2$, logo $2^2 = 4$

$VVRr - n = 0$, logo $2^0 = 1$

Notável... Eu precisei de anos de paciência no meu jardim para sequer começar a entender essa lógica. E vocês... vocês a demonstram em um instante. A ciência realmente floresceu.

YEAH!

MÓDULO 3 – A proporção oculta 9:3:3:1

Muito bem! Agora, o meu grande experimento:

Primeiro, cruzaremos uma planta de linhagem pura, que só produz sementes VERDES e rugosas ($vvrr$).

...com outra de linhagem pura, que só produz sementes AMARELAS e lisas ($VVRR$)...

Geração Parental (P) ervilhas puras

$vvrr \times VVRR$

O que seu instinto de cientista diz que acontecerá com os filhos deste cruzamento?

Hmm... talvez uma mistura? Metade de cada tipo?

$vvrr \times VVRR$

Uma ótima hipótese! Mas na ciência, precisamos observar. Veja com seus próprios olhos o resultado... a nossa Geração F1!

	VR	VR
VR	$VvRr$	$VvRr$
vR	$VvRr$	$VvRr$

Uai! Todas elas são amarelas e lisas! Onde foram parar as características verde e rugosa? Elas simplesmente sumiram?

	VR	VR
VR	$VvRr$	$VvRr$
vR	$VvRr$	$VvRr$

Na aparência, sim. O genótipo de todas elas é 100% $VvRr$, e apenas o dominante se manifesta. Mas sumir não é o termo correto, jovem...

Eu diria que os traços recessivos estão apenas adormecidos, esperando o momento certo para reaparecer. É isso que veremos na próxima geração.

Agora, o grande momento! Vamos cruzar duas de nossas linhagens da Geração F1: um $VvRr$ com outro $VvRr$.

Ok, mas... como organizamos isso? São quatro tipos de gametas de cada lado, as combinações parecem infinitas!

$VvRr + VvRr$

Não se preocupe, Luca. Usaremos o Quadro de Punnett. Primeiro, distribuímos os quatro tipos de gametas de um dos pais no topo...

	VR	Vr	vR	vr
VR				
Vr				
vR				
vr				

$VvRr$

...e os quatro tipos de gametas do outro pai na lateral.

	VR	Vr	vR	vr
VR				
Vr				
vR				
vr				

$VvRr$

Perfeito! Agora, para preencher cada um dos 16 quadrados, basta unir o gameta da linha com o da coluna.

	VR	Vr	vR	vr
VR	VVRR			
Vr				
vR				
vr				

Aplicando essa lógica a todos os 16 quadrados, obtemos todas as combinações de genótipos possíveis.

	VR	Vr	vR	vr
VR	VVRR	VVRr	VvRR	VvRr
Vr	VVRr	VVrr	VvRr	Vvrr
vR	VvRR	VvRr	vvRR	vvRr
vr	VvRr	Vvrr	vvRr	vvrr

Agora, o passo final, Luca. Vamos contar os resultados.

Contagem finalizada:

- 9 sementes amarelas e lisas.
- 3 sementes amarelas e rugosas.
- 3 sementes verdes e lisas.
- E apenas 1 semente verde e rugosa.

	VR	Vr	vR	vr
VR	VVRR	VVRr	VvRR	VvRr
Vr	VVRr	VVrr	VvRr	Vvrr
vR	VvRR	VvRr	vvRR	vvRr
vr	VvRr	Vvrr	vvRr	vvrr

Uau! Então é daí que vem a famosa proporção... 9:3:3:1!

Exatamente. A vida parece caótica, mas, como pode ver, ela segue regras matemáticas elegantes!

MÓDULO 4 – Missão Probabilidade

Tã... e se eu quiser saber a chance de nascer uma semente verde e lisa?

Ótima pergunta. O processo é simples: primeiro, identifique todos os genótipos que produzem o fenótipo verde e liso. Quais são eles?

	VR	Vr	vR	vr
VR	VVRR	VVRr	VvRR	VvRr
Vr	VVRr	VVrr	VvRr	Vvrr
vR	VvRR	VvRr	vvRR	vvRr
vr	VvRr	Vvrr	vvRr	vvrr

Verde é recessivo, então precisa ser vv. Liso é dominante, então pode ser RR ou Rr. Então, estou procurando por vvRR e vvRr!

	VR	Vr	vR	vr
VR	VVRR	VVRr	VvRR	VvRr
Vr	VVRr	VVrr	VvRr	Vvrr
vR	VvRR	VvRr	vvRR	vvRr
vr	VvRr	Vvrr	vvRr	vvrr

Exato. Agora, conte quantos quadrados no total correspondem a esses genótipos.

	VR	Vr	vR	vr
VR	VVRR	VVRr	VvRR	VvRr
Vr	VVRr	VVrr	VvRr	Vvrr
vR	VvRR	VvRr	vvRR	vvRr
vr	VvRr	Vvrr	vvRr	vvrr

Um... dois... três! São 3 quadrados!

Perfeito. Se são 3 quadrados em um total de 16 possibilidades, a probabilidade é... 3/16.

	VR	Vr	vR	vr
VR	VVRR	VVRr	VvRR	VvRr
Vr	VVRr	VVrr	VvRr	Vvrr
vR	VvRR	VvRr	vvRR	vvRr
vr	VvRr	Vvrr	vvRr	vvrr

Agora é com você, jovem cientista. Qual o genótipo para verde e rugoso?

Essa é fácil! Os dois são recessivos, então só pode ser vvrr!

	VR	Vr	vR	vr
VR	VVRR	VVRr	VvRR	VvRr
Vr	VVRr	VVrr	VvRr	Vvrr
vR	VvRR	VvRr	vvRR	vvRr
vr	VvRr	Vvrr	vvRr	vvrr

Correto. E a probabilidade, portanto, é... 1/16. Difícil, mas não impossível.

Desculpe interromper a comemoração, mas um novo caso acaba de chegar para o IMGA.

Parece... uma árvore genealógica de uma família antiga, com uma característica genética misteriosa que aparece e desaparece entre as gerações.

Árvores genealógicas! Uma forma maravilhosa de rastrear a herança em famílias! Prepare-se, Luca... nossa próxima investigação será no passado de alguém.



APÊNDICE I – TCLE RESPONSÁVEL

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

Projeto CAAE: 90016125.8.0000.8507, aprovado pelo Sistema CEP/CONEP, em 08 de julho de 2025.

Prezado(a) responsável,

Você está sendo convidado(a) a autorizar a participação de seu(sua) filho(a) ou dependente legal na pesquisa intitulada: "Storytelling e Jogo Educacional Digital no Ensino de Ciências da Natureza na Educação Profissional e Tecnológica: Proposição de um Arcabouço de Melhores Práticas Educativas". Este convite se deve ao fato de seu(sua) filho(a) estar regularmente matriculado(a) na instituição de ensino onde a pesquisa será conduzida, e sua participação pode contribuir significativamente para o desenvolvimento da investigação.

A pesquisadora responsável pela pesquisa é Jociele de Abreu da Silva, RG 050127932023-4, mestranda do Programa de Pós-Graduação em Educação Tecnológica do CEFET-MG. O objetivo da pesquisa é analisar a contribuição da proposta de um AMP para o desenvolvimento de mídias digitais interativas em formato de JED apoiados por ST, a partir da análise da eficácia de uma intervenção pedagógica concebida para a sua aplicação no ensino de Ciências da Natureza na EPTNM. A justificativa para este estudo baseia-se no potencial dos JED para promover o engajamento e a aprendizagem, sobretudo quando combinados com estratégias narrativas que favorecem a contextualização dos conteúdos.

A relevância da pesquisa reside na necessidade de aprimorar metodologias de ensino que tornem o aprendizado mais dinâmico e eficaz, considerando o perfil dos alunos da EPT e as demandas contemporâneas por inovação pedagógica. Ao integrar storytelling em jogos educacionais, espera-se explorar novas formas de estimular o interesse dos alunos e facilitar a compreensão dos conceitos científicos.

A metodologia adotada será qualitativa, que envolverá análise das percepções dos alunos e professores sobre a experiência. A coleta de dados incluirá questionários e observação não participativa, garantindo uma abordagem abrangente na avaliação da efetividade da proposta.

Os resultados obtidos contribuirão para a construção de um arcabouço de melhores práticas educativas, fornecendo subsídios para professores e pesquisadores que desejam implementar storytelling em jogos educacionais digitais no contexto da EPT.

Para a coleta de dados desta pesquisa, será utilizado um questionário online, disponibilizado por meio da plataforma *Google Forms*. Esse instrumento permitirá obter informações relevantes sobre a experiência dos participantes com o JED, além de coletar percepções sobre a metodologia aplicada.

O questionário será estruturado com perguntas objetivas e descritivas, possibilitando tanto a análise estatística dos dados quanto a interpretação qualitativa das respostas. As questões abordarão aspectos como:

- Grau de engajamento e interesse dos alunos durante a interação com o JED;
- Compreensão dos conceitos científicos trabalhados no jogo;
- Facilidade de uso e navegação dentro do ambiente digital;
- Percepção sobre a influência do storytelling na experiência de aprendizagem.

A aplicação online do questionário traz diversas vantagens, como a facilidade de acesso, permitindo que os participantes respondam no momento mais conveniente, e a agilidade na tabulação dos dados, viabilizando um tratamento mais eficiente das informações coletadas. Além disso, a plataforma garante o anonimato das respostas, incentivando os participantes a expressarem suas opiniões de forma sincera e sem receios.

O presente projeto de pesquisa segue as orientações do Programa de Pós-graduação em Educação Tecnológica (PPGET) e a Norma Operacional nº 001/2003 do Conselho Nacional de Saúde nº 466, de 12 de dezembro de 2012. Salienta-se que serão utilizados códigos para registrar os dados sem a identificação do participante, em respeito aos direitos garantidos pela legislação brasileira e prevista nas Resoluções CNS nº 466 de 2012 e 510 de 2016. A escolha da ferramenta para a pesquisa em ambiente virtual foi selecionada pensando na garantia de maior segurança dos dados, mesmo reconhecendo que existam limitações para assegurar total confidencialidade e potencial risco de sua violação no sistema escolhido.

Nesta etapa os participantes serão convidados de maneira individualizada, apresentar-se-á o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) para a sua aprovação. Sendo assim, o participante terá acesso ao TCLE antes de responder o questionário. Ainda nessa etapa, o participante terá a possibilidade de tirar dúvidas com a pesquisadora, a respeito do

TCLE, sendo o seu acesso de forma livre e esclarecida. O tempo estimado para a assinatura do TCLE é de 1, pelo menos, uma semana. O TCLE será entregue impresso e o participante terá acesso a uma cópia do TCLE.

Ao participante, será apresentado a possibilidade de não responder o questionário sem a necessidade de explicação, como também a possibilidade de retirar seu consentimento a qualquer momento.

De forma geral, a pesquisa apresenta riscos mínimos, sendo os principais relacionados ao desconforto em responder questionários ou participar da metodologia. Para mitigar esses riscos:

- A participação é voluntária, podendo ser interrompida a qualquer momento, sem necessidade de justificativa.
- Todas as respostas serão confidenciais e tratadas de forma anônima.
- O jogo utilizado é desenvolvido com diretrizes pedagógicas e sem conteúdo inapropriado.

Os benefícios potenciais incluem o aprimoramento da experiência educacional dos alunos e a geração de conhecimentos que podem contribuir para futuras estratégias de ensino. Como participante de uma pesquisa e de acordo com a legislação brasileira, seu (a) filho (a) é portador (a) de diversos direitos, além do anonimato, da confidencialidade, do sigilo e da privacidade, mesmo após o término ou interrupção da pesquisa. Assim, lhe é garantido:

- A observância das práticas determinadas pela legislação aplicável, incluindo as Resoluções 466 (e, em especial, seu item IV.3) e 510 do Conselho Nacional de Saúde, que disciplinam a ética em pesquisa e este Termo;
- A plena liberdade para decidir sobre sua participação sem prejuízo ou represália alguma, de qualquer natureza;
- O acompanhamento e a assistência, mesmo que posteriores ao encerramento ou interrupção da pesquisa, de forma gratuita, integral e imediata, pelo tempo necessário, sempre que requerido e relacionado a sua participação na pesquisa, mediante solicitação ao pesquisador responsável;
- O acesso aos resultados da pesquisa;
- O ressarcimento de qualquer despesa relativa à participação na pesquisa, mediante solicitação ao pesquisador responsável;
- A indenização diante de eventuais danos decorrentes da pesquisa;
- O acesso a este Termo.

Há uma pequena possibilidade de perda do anonimato. Essa possibilidade tem um componente que foge ao controle direto do pesquisador responsável: a pesquisa recorre ao ambiente virtual para a coleta de dados ao usar a plataforma GOOGLE FORMS, da empresa Google, cuja política de confidencialidade você pode encontrar em: <https://policies.google.com/privacy?hl=pt-BR>. Se você não estiver ou ficar satisfeito com a forma com que o Google lida com dados de quando se usa seus sistemas, é recomendável que não aceite participar da pesquisa. Por qualquer motivo, uma vez que se perca o anonimato, qualquer que seja o motivo, você poderá sofrer algum constrangimento frente aos seus pares e/ou perda de reputação.

Há uma pequena possibilidade que uma ou mais questão atue como gatilho, trazendo-lhe a memória alguma situação desconfortável, embaraçosa ou constrangedora. Supõe-se que, em consequência, o dano mais provável seria um desconforto momentâneo de pequena magnitude.

Há uma possibilidade que pesquisa online possa servir de veículo de vírus ou outras ameaças, com terceiros invadindo a sua privacidade. Esse eventual custo de passar o antivírus é motivo para ressarcimento, bem como qualquer indenização decorrente do evento. Como prevenção complementar para eventual perda do anonimato, afianço-lhe que apenas o pesquisador responsável terá acesso autorizado a seu questionário (a menos da empresa Google). Assevero também que, encerrada a fase de coleta de dados, os dados da sua participação serão removidos do *Google Forms*, criptografados por senha e guardados em meio eletrônico próprio do pesquisador responsável em um armário de acesso restrito, por um período legal mínimo de cinco anos. Nesse meio, a sua identificação será substituída por um código. Depois de cinco anos, o arquivo será deletado; com o objetivo de preservar a sua privacidade, você evite usar computador de acesso coletivo, que evite deixar o computador aberto enquanto preenche o formulário e que use uma rede protegida. Se isso não lhe for possível, peço que desista da participação

Qualquer dúvida ou necessidade – nesse momento, no decorrer da sua participação ou após o encerramento ou eventual interrupção da pesquisa – pode ser dirigida ao pesquisador, por Email: jocieleSilva0@gmail.com, Telefone: +55 (98) 98452-2263, pessoalmente na Rua. Rosinha Sigaud, 1163, ap 201, Bairro Alto Caiçaras, Belo Horizonte - MG.

Se preferir, ou em caso de reclamação ou denúncia de descumprimento de qualquer aspecto ético relacionado à pesquisa, você poderá recorrer ao Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG), vinculado à CONEP (Comissão Nacional de Ética em Pesquisa), comissões colegiadas, que têm a atribuição legal de defender os direitos e interesses dos participantes de pesquisa em sua integridade e dignidade, e para contribuir com o desenvolvimento das pesquisas dentro dos padrões éticos.

Você poderá acessar a página do CEP, disponível em: ou contatá-lo pelo endereço: Av. Amazonas, nº 5855 - Campus Gameleira; E-mail: cep@cefetmg.br; Telefone: +55 (31) 3379-3004 ou presencialmente, no horário de atendimento ao público: às terças-feiras das 12h às 16h e às quintas - feiras das 12h às 16h. Se optar por participar da pesquisa, você concorda com o consentimento apresentado neste Termo de forma livre e esclarecida e, neste caso, será considerada anuência quando responder o questionário.

Se optar por participar da pesquisa, peço-lhe que escolha a opção aceitar ao final deste Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Eu, _____, na qualidade de pai/mãe ou responsável legal do(a) menor _____, declaro que fui informado(a) sobre a pesquisa e autorizo a sua participação.

Assinatura do Responsável: _____

Assinatura do Pesquisador: _____

Belo Horizonte, _____ de _____ de 20__

Se desejar receber uma cópia do TCLE ou os resultados da pesquisa, indique seu e-mail ou endereço postal:

☐ RESULTADO DA PESQUISA

☐ TCLE IMPRESSO

E-mail/Endereço: _____

APÊNDICE J – TCLE PROFESSOR (A)

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

Projeto CAAE: 90016125.8.0000.8507, aprovado pelo Sistema CEP/CONEP, em 08 de julho de 2025.

Presado (a),

Você está sendo convidado(a) a participar pesquisa intitulada: Storytelling e Jogo Educacional Digital no Ensino de Ciências da Natureza na Educação Profissional e Tecnológica: Proposição de um Arcabouço de Melhores Práticas Educativas. Sua participação é essencial, pois você é responsável pela disciplina na qual o estudo será conduzido. Sua experiência e percepção sobre o ensino da Segunda Lei de Mendel podem contribuir significativamente para a investigação, auxiliando na análise da eficácia do Jogo Educacional Digital como ferramenta pedagógica.

A pesquisadora responsável pela pesquisa é Jocielle de Abreu da Silva, RG 050127932023-4, mestranda do Programa de Pós-Graduação em Educação Tecnológica do CEFET-MG. O objetivo da pesquisa é O objetivo da pesquisa é analisar a contribuição da proposta de um AMP para o desenvolvimento de mídias digitais interativas em formato de JED apoiados por ST, a partir da análise da eficácia de uma intervenção pedagógica concebida para a sua aplicação no ensino de Ciências da Natureza na EPTNM. A justificativa para este estudo baseia-se no potencial dos JED para promover o engajamento e a aprendizagem, sobretudo quando combinados com estratégias narrativas que favorecem a contextualização dos conteúdos. A relevância da pesquisa reside na necessidade de aprimorar metodologias de ensino que tornem o aprendizado mais dinâmico e eficaz, considerando o perfil dos alunos da EPT e as demandas contemporâneas por inovação pedagógica. Ao integrar storytelling em jogos educacionais, espera-se explorar novas formas de estimular o interesse dos alunos e facilitar a compreensão dos conceitos científicos.

A metodologia adotada será qualitativa, envolvendo levantamento teórico, desenvolvimento e aplicação de um JED baseado em storytelling em ambiente escolar, seguido pela análise das percepções dos alunos e professores sobre a experiência. A coleta de dados incluirá questionários e observação não participativa, na qual a pesquisadora fará um relatório das suas observações, por escrito, garantindo uma abordagem abrangente na avaliação da efetividade da proposta.

Os resultados obtidos contribuirão para a construção de um arcabouço de melhores práticas educativas, fornecendo subsídios para professores e pesquisadores que desejam implementar ST em JED no contexto da EPT.

Os resultados desta pesquisa contribuirão para a construção de um arcabouço de melhores práticas educativas, oferecendo subsídios a professores e pesquisadores interessados na implementação do storytelling em jogos educacionais digitais no contexto da Educação Profissional e Tecnológica (EPT).

Para a coleta de dados, será utilizado um questionário online, disponibilizado por meio da plataforma Google Forms. Esse instrumento permitirá levantar informações relevantes sobre a experiência dos participantes com o JED e coletar percepções sobre a metodologia aplicada.

Além do questionário aplicado aos alunos, a professora responsável pela disciplina também responderá dois questionários específicos. O primeiro será realizado antes da implementação do JED para identificar suas expectativas, percepções iniciais sobre a metodologia e eventuais desafios previstos. O segundo será aplicado após a utilização do JED em sala de aula, permitindo avaliar sua experiência, identificar possíveis impactos na aprendizagem dos alunos e coletar sugestões para aprimoramento da abordagem. A aplicação online do questionário apresenta diversas vantagens, como o fácil acesso, permitindo que os participantes respondam no momento mais conveniente, e a rapidez na organização dos dados, facilitando a análise e interpretação das informações coletadas. Além disso, a plataforma utilizada assegura o anonimato das respostas, criando um ambiente propício para que os participantes expressem suas opiniões de forma genuína e sem receios.

O presente projeto de pesquisa segue as orientações do Programa de Pós-graduação em Educação Tecnológica (PPGET) e a Norma Operacional nº 001/2003 do Conselho Nacional de Saúde nº 466, de 12 de dezembro de 2012. Salienta-se que serão utilizados códigos para registrar os dados sem a identificação do participante, em respeito aos direitos garantidos pela legislação brasileira e prevista nas Resoluções CNS nº 466 de 2012 e 510 de 2016. A escolha da ferramenta para a pesquisa em ambiente virtual foi selecionada pensando na garantia de maior segurança dos dados, mesmo reconhecendo que existam limitações para assegurar total confidencialidade e potencial risco de sua violação no sistema escolhido.

A etapa da pesquisa, que envolve a participação de seres humanos, terá início somente após a aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa do CEFET-MG. Nesta etapa os participantes serão convidados de maneira individualizada, apresentar-se-á o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) para a sua aprovação. Sendo assim, o participante terá acesso ao TCLE antes de responder o questionário. Ainda nessa etapa, o participante terá a possibilidade de tirar dúvidas com direto com o pesquisador, a respeito do TCLE, sendo o seu acesso de forma livre e esclarecida. O TCLE será entregue impresso e o participante terá acesso a uma cópia do TCLE.

Ao participante, será apresentado a possibilidade de não responder o questionário sem a necessidade de explicação, como também a possibilidade de retirar seu consentimento a qualquer momento

De forma geral, a pesquisa apresenta riscos mínimos, sendo os principais relacionados ao desconforto em responder questionários ou participar da metodologia. Para mitigar esses riscos:

- A participação é voluntária, podendo ser interrompida a qualquer momento, sem necessidade de justificativa.
- Todas as respostas serão confidenciais e tratadas de forma anônima.
- O jogo utilizado é desenvolvido com diretrizes pedagógicas e sem conteúdo inapropriado.

Os benefícios potenciais incluem o aprimoramento da experiência educacional dos alunos e a geração de conhecimentos que podem contribuir para futuras estratégias de ensino. Como participante de uma pesquisa e de acordo com a legislação brasileira, seu (a) filho (a) é portador (a) de diversos direitos, além do anonimato, da confidencialidade, do sigilo e da privacidade, mesmo após o término ou interrupção da pesquisa. Assim, lhe é garantido:

- A observância das práticas determinadas pela legislação aplicável, incluindo as Resoluções 466 (e, em especial, seu item IV.3) e 510 do Conselho Nacional de Saúde, que disciplinam a ética em pesquisa e este Termo;
- A plena liberdade para decidir sobre sua participação sem prejuízo ou represália alguma, de qualquer natureza;
- O acompanhamento e a assistência, mesmo que posteriores ao encerramento ou interrupção da pesquisa, de forma gratuita, integral e imediata, pelo tempo necessário, sempre que requerido e relacionado a sua participação na pesquisa, mediante solicitação ao pesquisador responsável;
- O acesso aos resultados da pesquisa;
- O ressarcimento de qualquer despesa relativa à participação na pesquisa, mediante solicitação ao pesquisador responsável;
- A indenização diante de eventuais danos decorrentes da pesquisa;

O acesso a este Termo. Este documento é aceito por você antes de iniciar a resposta do questionário, sendo que ao final, você receberá uma cópia deste TCLE juntamente com o resumo das respostas. Faz-se importante armazenar o e-mail que receberá e se perdê-lo, poderá ainda solicitar uma cópia ao pesquisador responsável.

Há uma pequena possibilidade de perda do anonimato. Essa possibilidade tem um componente que foge ao controle direto do pesquisador responsável: a pesquisa recorre ao ambiente virtual para a coleta de dados ao usar a plataforma GOOGLE FORMS, da empresa Google, cuja política de confidencialidade você pode encontrar em: <https://policies.google.com/privacy?hl=pt-BR>. Se você não estiver ou ficar satisfeito com a forma com que o Google lida com dados de quando se usa seus sistemas, é recomendável que não aceite participar da pesquisa. Destaca-se que, caso concorde em participar, será considerado anuência se você enviar o questionário da pesquisa. Por qualquer motivo, uma vez que se perca o anonimato, qualquer que seja o motivo, você poderá sofrer algum constrangimento frente aos seus pares e/ou perda de reputação.

Há uma pequena possibilidade que uma ou mais questão atue como gatilho, trazendo-lhe a memória alguma situação desconfortável, embaraçosa ou constrangedora. Supõe-se que, em consequência, o dano mais provável seria um desconforto momentâneo de pequena magnitude.

Há uma possibilidade que pesquisa online possa servir de veículo de vírus ou outras ameaças, com terceiros invadindo a sua privacidade. Como medida preventiva, escolheu-se uma Plataforma da empresa Google, de boa reputação de segurança. Avalia-se que, em decorrência da opção pela Google, essa possibilidade é pequena. Mas se seu computador for invadido, há possibilidade de consideráveis perdas financeiras, de dados e de privacidade. Se você tiver alguma suspeita de invasão ou outra situação adversa, recomenda-se "passar" um antivírus. Esse eventual custo de passar o antivírus é motivo para ressarcimento, bem como qualquer indenização decorrente do evento. Como prevenção complementar para eventual perda do anonimato, afianço-lhe que apenas o pesquisador responsável terá acesso autorizado a seu questionário (a menos da empresa Google). Assevero também que, encerrada a fase de coleta de dados, os dados da sua participação serão removidos do GOOGLE FORMS, criptografados por senha e guardados em meio eletrônico próprio do pesquisador responsável em um armário de acesso restrito, por um período legal mínimo de cinco anos. Nesse meio, a sua identificação será substituída por um código. Depois de cinco anos, o arquivo será deletado; com o objetivo de preservar a sua

privacidade, você evite usar computador de acesso coletivo, que evite deixar o computador aberto enquanto preenche o formulário e que use uma rede protegida. Se isso não lhe for possível, peço que desista da participação

Qualquer dúvida ou necessidade – nesse momento, no decorrer da sua participação ou após o encerramento ou eventual interrupção da pesquisa – pode ser dirigida ao pesquisador, por Email: jocielesilva0@gmail.com, Telefone: +55 (98) 98452-2263, pessoalmente na Rua. Rosinha Sigaud, 1163, ap 201, Bairro Alto Caiçaras, Belo Horizonte - MG.

Se preferir, ou em caso de reclamação ou denúncia de descumprimento de qualquer aspecto ético relacionado à pesquisa, você poderá recorrer ao Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG), vinculado à CONEP (Comissão Nacional de Ética em Pesquisa), comissões colegiadas, que têm a atribuição legal de defender os direitos e interesses dos participantes de pesquisa em sua integridade e dignidade, e para contribuir com o desenvolvimento das pesquisas dentro dos padrões éticos.

Você poderá acessar a página do CEP, disponível em: ou contatá-lo pelo endereço: Av. Amazonas, nº 5855 - Campus Gameleira; E-mail: cep@cefetmg.br; Telefone: +55 (31) 3379-3004 ou presencialmente, no horário de atendimento ao público: às terças-feiras das 12h às 16h e às quintas - feiras das 12h às 16h. Se optar por participar da pesquisa, você concorda com o consentimento apresentado neste Termo de forma livre e esclarecida e, neste caso, será considerada anuência quando responder o questionário.

Se optar por participar da pesquisa, peço-lhe que escolha a opção aceitar ao final deste Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Eu, _____, professor (a) do curso _____, declaro que fui informado(a) sobre a pesquisa, compreendi seus objetivos e concordo em participar.

Assinatura _____ do(a) _____ professor _____ (a): _____
Assinatura do(a) Pesquisador(a): _____

Belo Horizonte, _____ de _____ de 20__

Se desejar receber uma cópia do TCLE ou os resultados da pesquisa, indique seu e-mail ou endereço postal:

☐ RESULTADO DA PESQUISA

☐ TCLE IMPRESSO

E-mail/Endereço: _____

APÊNDICE K – TALE ALUNO

TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TALE)

Projeto CAAE: 90016125.8.0000.8507, aprovado pelo Sistema CEP/CONEP, em 08 de julho de 2025.

Prezado(a),

Você está sendo convidado(a) a participar de uma pesquisa intitulada: Storytelling e Jogo Educacional Digital no Ensino de Ciências da Natureza na Educação Profissional e Tecnológica: Proposição de um Arcabouço de Melhores Práticas Educativas.

O(A) pesquisador(a) responsável pela pesquisa é Jocielle de Abreu da Silva, RG 050127932023-4, mestranda do Programa de Pós-Graduação em Educação Tecnológica do CEFET-MG. O objetivo da pesquisa é analisar a efetividade da integração entre Jogos Educacionais Digitais e Storytelling como recurso pedagógico no ensino de Ciências da Natureza e Suas Tecnologias, em cursos técnicos do CEFET-MG, visando à construção de um arcabouço de melhores práticas educativas. A presente pesquisa tem como objetivo investigar a integração entre storytelling (ST) e jogos educacionais digitais (JED) no ensino de Ciências da Natureza na Educação Profissional e Tecnológica (EPT), visando à construção de um arcabouço de melhores práticas educativas. A justificativa para este estudo baseia-se no potencial dos JED para promover o engajamento e a aprendizagem, sobretudo quando combinados com estratégias narrativas que favorecem a contextualização dos conteúdos.

A relevância da pesquisa reside na necessidade de aprimorar metodologias de ensino que tornem o aprendizado mais dinâmico e eficaz, considerando o perfil dos alunos da EPT e as demandas contemporâneas por inovação pedagógica. Ao integrar storytelling em jogos educacionais, espera-se explorar novas formas de estimular o interesse dos alunos e facilitar a compreensão dos conceitos científicos.

A metodologia adotada será qualitativa, envolvendo levantamento teórico, desenvolvimento e aplicação de um JED baseado em storytelling em ambiente escolar, seguido pela análise das percepções dos alunos e professores sobre a experiência. A coleta de dados incluirá questionários e observação não participativa, garantindo uma abordagem abrangente na avaliação da efetividade da proposta.

Os resultados obtidos contribuirão para a construção de um arcabouço de melhores práticas educativas, fornecendo subsídios para professores e pesquisadores que desejam implementar storytelling em jogos educacionais digitais no contexto da EPT.

Como parte do processo de coleta de dados desta pesquisa, será utilizado um questionário online, disponibilizado por meio da plataforma Google Forms. Esse instrumento permitirá obter informações relevantes sobre a experiência dos participantes com o JED, além de captar percepções sobre a metodologia aplicada.

O questionário será estruturado com perguntas objetivas e descritivas, possibilitando tanto a análise estatística dos dados quanto a interpretação qualitativa das respostas. As questões abordarão aspectos como:

- Grau de engajamento e interesse dos alunos durante a interação com o JED;
- Compreensão dos conceitos científicos trabalhados no jogo;
- Facilidade de uso e navegação dentro do ambiente digital;
- Percepção sobre a influência do storytelling na experiência de aprendizagem.

A aplicação online do questionário traz diversas vantagens, como a facilidade de acesso, permitindo que os participantes respondam no momento mais conveniente, e a agilidade na tabulação dos dados, viabilizando um tratamento mais eficiente das informações coletadas. Além disso, a plataforma garante o anonimato das respostas, incentivando os participantes a expressarem suas opiniões de forma sincera e sem receios.

Os riscos dessa pesquisa são mínimos, similares aos que você tem ao participar de uma atividade escolar comum. Algumas pessoas podem se sentir desconfortáveis ao responder questionários ou ao serem entrevistadas, mas, se isso acontecer, você pode parar de participar a qualquer momento, sem precisar justificar sua decisão.

Além de poder aprender de uma maneira diferente e interativa, sua participação ajudará a aprimorar os métodos de ensino, contribuindo para que mais alunos tenham experiências educacionais melhores no futuro.

Sua participação é voluntária, ou seja, você pode escolher se deseja participar ou não. Se decidir participar e depois mudar de ideia, pode sair da pesquisa a qualquer momento, sem prejuízo algum para você. Todas as informações coletadas serão mantidas em sigilo e utilizadas apenas para fins acadêmicos. Nenhuma informação será divulgada de forma que possa identificar você.

Se tiver alguma dúvida sobre a pesquisa, você pode falar com o(a) pesquisador(a) responsável pelo e-mail: jocielesilva0@gmail.com.

Se você leu e entendeu as informações acima e deseja participar, assine abaixo.

ASSENTIMENTO

Eu, _____, aluno(a) do curso _____, declaro que fui informado(a) sobre a pesquisa, compreendi seus objetivos e concordo em participar.

Assinatura do(a) aluno(a): _____

Assinatura do(a) Pesquisador(a): _____

Belo Horizonte, _____ de _____ de 20__

Caso queira receber mais informações ou os resultados da pesquisa, você pode indicar seu e-mail abaixo:

E-mail: _____

ANEXO I – DECLARAÇÃO DE ANUÊNCIA



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS
GERAIS
COORDENAÇÃO DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA - NG



DECLARAÇÃO DE ANUÊNCIA (BCE) Nº 2 / 2025 - PPGET (11.52.05)

Nº do Protocolo: 23062.021793/2025-38

Belo Horizonte-MG, 24 de abril de 2025.

DECLARAÇÃO DE ANUÊNCIA

Eu, Cláudia Gomes França, Diretora do Campus Nova Suíça do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, CEFET-MG, declaro estar ciente e de acordo com a realização da pesquisa intitulada Storytelling e Jogo Educacional Digital no ensino de Ciências Da Natureza na EPT: proposta de um arcabouço de melhores práticas educativas, sob responsabilidade da pesquisadora Jociele de Abreu da Silva, nas dependências deste Campus, o qual possui a infraestrutura necessária e apta ao desenvolvimento da pesquisa e para atender eventuais problemas dela resultantes.

Esta anuência não inclui a autorização para acessar ou para coletar dados individuais de pessoas vinculadas ao CEFET-MG, protegidos pela Lei Geral de Proteção de Dados – LGPD, Lei nº 13.709, de 14 de agosto de 2018. Para esta finalidade, o(a) pesquisador(a) responsável deverá, oportunamente, providenciar o Termo de Compromisso de Utilização de Dados junto ao(a) representante legal do CEFET-MG.

(Assinado digitalmente em 25/04/2025 15:02)

CLAUDIA GOMES FRANÇA
DIRETOR • TITULAR
DCNS (11.55)
Matrícula: 2281592

Visualize o documento original em <https://sig.cefetmg.br/public/documentos/index.jsp> informando seu número: 2, ano: 2025, tipo: **DECLARAÇÃO DE ANUÊNCIA (BCE)**, data de emissão: 24/04/2025 e o código de verificação: e19f224907