

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE COMPUTAÇÃO  
CURSO DE BACHARELADO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

GABRIEL AUREO DE OLIVEIRA CAMPOS

ElementAR

Desenvolvimento de um jogo educacional como método de apoio ao ensino de  
Pensamento Computacional utilizando Realidade Aumentada

RIO DE JANEIRO  
2024

GABRIEL AUREO DE OLIVEIRA CAMPOS

ElementAR

Desenvolvimento de um jogo educacional como método de apoio ao ensino de  
Pensamento Computacional utilizando Realidade Aumentada

Trabalho de conclusão de curso de graduação  
apresentado ao Instituto de Computação da  
Universidade Federal do Rio de Janeiro como  
parte dos requisitos para obtenção do grau de  
Bacharel em Ciência da Computação.

Orientador: Prof. Geraldo Bonorino Xexéo  
Co-orientador: Profa. Claudia Susie Camargo Rodrigues

RIO DE JANEIRO

2024

## CIP - Catalogação na Publicação

C198d Campos, Gabriel Aureo de Oliveira  
Desenvolvimento de um jogo educacional como  
método de apoio ao ensino de Pensamento  
Computacional utilizando Realidade Aumentada /  
Gabriel Aureo de Oliveira Campos. -- Rio de  
Janeiro, 2024.  
67 f.

Orientador: Geraldo Bonorino Xexéo.  
Coorientadora: Claudia Susie Camargo Rodrigues.  
Trabalho de conclusão de curso (graduação) -  
Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto  
de Computação, Bacharel em Ciência da Computação,  
2024.

1. Realidade Aumentada. 2. Pensamento  
Computacional. 3. Jogos Endógenos. I. Xexéo, Geraldo  
Bonorino, orient. II. Rodrigues, Claudia Susie  
Camargo, coorient. III. Título.

GABRIEL AUREO DE OLIVEIRA CAMPOS


ElementAR

Desenvolvimento de um jogo educacional como método de apoio ao ensino de  
Pensamento Computacional utilizando Realidade Aumentada

Trabalho de conclusão de curso de graduação  
apresentado ao Instituto de Computação da  
Universidade Federal do Rio de Janeiro como  
parte dos requisitos para obtenção do grau de  
Bacharel em Ciência da Computação.


Aprovado em \_11\_ de \_Abril\_ de \_2025\_

BANCA EXAMINADORA:

Documento assinado digitalmente  
 GERALDO BONORINO XEXEO  
Data: 24/05/2025 18:16:49-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>


---

Geraldo Bonorino Xexéo  
Orientador, D.Sc (UFRJ)

Documento assinado digitalmente  
 CLAUDIA SUSIE CAMARGO RODRIGUES  
Data: 21/05/2025 14:17:55-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>


---

Claudia Susie Camargo Rodrigues  
Co-Orientadora, D.Sc (UFRJ)

Documento assinado digitalmente  
 CLAUDIA MARIA LIMA WERNER  
Data: 21/05/2025 16:19:25-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Claudia Maria Lima Werner, D.Sc (UFRJ)

Documento assinado digitalmente  
 ELDANAE NOGUEIRA TEIXEIRA  
Data: 22/05/2025 08:32:31-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Eldanae Nogueira Teixeira, D.Sc (UFRJ)

Dedico esse trabalho a todos que me ajudaram durante a minha jornada de graduação, especialmente à minha esposa, Fernanda, que esteve ao meu lado nos momentos altos e baixos, me incentivando e ajudando para que eu pudesse chegar até aqui. Agradeço também à minha avó, Dona Luzia, e aos meus tios, Elisia e Jairo, que foram meus pilares desde o início, transmitindo-me valores essenciais para a vida.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a toda a equipe do Lab3D (COPPE - UFRJ), em especial a Claudia Werner e à minha coorientadora, Claudia Susie, por me proporcionarem a oportunidade de me aprofundar e trabalhar com Realidade Aumentada em minha primeira experiência de Iniciação Científica, bem como por todo o apoio durante o desenvolvimento deste trabalho.

## RESUMO

Este trabalho apresenta o ElementAR, um jogo educacional em realidade aumentada (RA) desenvolvido para apoiar o ensino de conceitos introdutórios de Pensamento Computacional. Com a crescente importância das habilidades de Pensamento Computacional em diversas áreas, especialmente na resolução de problemas e adaptação criativa, este projeto busca utilizar a RA para aumentar o engajamento e a compreensão dos alunos. Combinando conteúdo educacional com jogabilidade interativa, o ElementAR introduz aos jogadores conceitos computacionais fundamentais—como algoritmos, condicionais e laços—por meio de mecânicas de jogo projetadas para auxiliar a compreensão. O desenvolvimento do ElementAR foi orientado pelo modelo Endo-GDC, que oferece um framework para equilibrar objetivos educacionais com uma experiência de jogo envolvente. O jogo foi avaliado pelo modelo MEEGA+, com foco em aspectos como desafio, usabilidade e aprendizado percebido. Os resultados indicam que o jogo cativa os usuários de forma eficaz, facilitando o aprendizado por meio da resolução de problemas interativos e de exercícios baseados em cenários. Embora a integração com RA aumente a imersão, o feedback dos usuários sugere que os resultados educacionais poderiam ser similares em um formato digital tradicional, destacando áreas para melhorias futuras em acessibilidade e clareza instrucional. No geral, o ElementAR demonstra potencial como ferramenta complementar para o ensino de Pensamento Computacional, oferecendo aos alunos uma abordagem inovadora e interativa para dominar conceitos fundamentais.

**Palavras-chave:** pensamento computacional; jogos educacionais; jogos endógenos; realidade aumentada.

## ABSTRACT

This work presents ElementAR, an educational augmented reality (AR) game developed to support the teaching of introductory Computational Thinking concepts. With the growing importance of Computational Thinking skills across various fields, particularly in problem-solving and creative adaptation, this project seeks to leverage AR to enhance student engagement and comprehension. By blending educational content with interactive gameplay, ElementAR introduces players to key computational concepts—such as algorithms, conditionals, and loops—through game mechanics designed specifically to aid understanding. The development of ElementAR was guided by the Endo-GDC model, which provides a framework for balancing educational objectives with engaging game experiences. The game was evaluated using the MEEGA+ model, focusing on aspects such as challenge, usability, and perceived learning. Results indicate that the game effectively captivates users, facilitating learning through interactive problem-solving and scenario-based exercises. While the AR integration enhances immersion, user feedback suggests that learning outcomes could be similar in a traditional digital format, highlighting areas for future enhancement in accessibility and instructional clarity. Overall, ElementAR demonstrates potential as a supplementary tool for Computational Thinking education, providing students with an innovative, interactive approach to mastering foundational concepts.

**Keywords:** computational thinking; educational games; endogenous games; augmented reality.



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Representação simplificada de um contínuo Realidade-Virtualidade . . .	21
Figura 2 – Marcador e o jogo Rua das Graviolas sendo executado sobre o marcador. . .	22
Figura 3 – Capturas de tela do jogo <i>Pokémon Go</i> . . . . .	23
Figura 4 – Canvas Endo-GDC (XEXÉO; TAUCEI, 2021) . . . . .	24
Figura 5 – Canvas Endo-GDC do ElementAR . . . . .	25
Figura 6 – Cartas das dimensões do conhecimento (TAUCEI, 2019) . . . . .	28
Figura 7 – Cartas do tipo dos processos cognitivos (TAUCEI, 2019) . . . . .	30
Figura 8 – Interface de usuário do Scratch . . . . .	31
Figura 9 – Fase de The Incredible Machine (GOG.COM, 2001) . . . . .	32
Figura 10 – Fase de RoboTIC em RA . . . . .	33
Figura 11 – Tela inicial . . . . .	37
Figura 12 – Seleção de Fases . . . . .	38
Figura 13 – Diagrama de fase do ElementAR . . . . .	39
Figura 14 – Exemplos de menus de ação de diferentes nós . . . . .	39
Figura 15 – Fase do ElementAR em um estado válido e o botão de iniciar . . . . .	40
Figura 16 – Jogador com elemento de pedra . . . . .	41
Figura 17 – Ícones dos elementos do ElementAR . . . . .	41
Figura 18 – Alvo com elemento de gelo . . . . .	42
Figura 19 – Jogador conectado a um nó condicional . . . . .	43
Figura 20 – Nó de laço com duas cargas . . . . .	44
Figura 21 – Nó de laço com ciclo fechado com um nó condicional . . . . .	45
Figura 22 – Nó de laço com ciclo fechado com um nó condicional e conexões com jogador e alvo . . . . .	45
Figura 23 – Diagrama da Fase 1 . . . . .	46
Figura 24 – Diagrama da Fase 2 . . . . .	46
Figura 25 – Diagrama da Fase 3 . . . . .	47
Figura 26 – Diagrama da Fase 4 . . . . .	47

## LISTA DE CÓDIGOS

Código 1	Pseudocódigo - Nó Condicional . . . . .	43
----------	---	----

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Médias, Modas e Medianas das Dimensões . . . . .	49
---	----

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

RA	Realidade Aumentada
RV	Realidade Virtual
HMD	Head Mounted Display
PC	Pensamento Computacional
IDE	<i>Integrated Development Environment</i> (Ambiente de Desenvolvimento Integrado)
PBR	<i>Physically Based Rendering</i> (Renderização baseada em física)
SDK	<i>Software Development Kit</i> (Kit de Desenvolvimento de Software)
POO	Programação Orientada a Objetos
BNCC	Base Nacional Comum Curricular

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO . . . . .</b>	<b>14</b>
1.1	MOTIVAÇÃO . . . . .	14
1.2	OBJETIVO . . . . .	15
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA . . . . .</b>	<b>17</b>
2.1	PENSAMENTO COMPUTACIONAL . . . . .	17
2.1.1	Decomposição . . . . .	17
2.1.2	Reconhecimento de Padrões . . . . .	17
2.1.3	Abstração . . . . .	18
2.1.4	Algoritmos . . . . .	18
2.2	DEFINIÇÃO DE JOGO . . . . .	19
2.3	REALIDADE VIRTUAL . . . . .	20
2.4	REALIDADE AUMENTADA . . . . .	20
2.5	ENDO-GDC . . . . .	23
<b>3</b>	<b>ESTRUTURA E DESENVOLVIMENTO DO JOGO . . . . .</b>	<b>25</b>
3.1	ENDO-GDC . . . . .	25
3.1.1	Jogador/Aluno . . . . .	26
3.1.2	Problema . . . . .	26
3.1.3	Conteúdo Pedagógico . . . . .	26
3.1.4	Objetivos de Aprendizado . . . . .	27
3.1.4.1	Cartas dos Objetivos de aprendizado . . . . .	27
3.1.5	Inspirações . . . . .	29
3.1.5.1	Scratch (MIT, 2003) . . . . .	30
3.1.5.2	The Incredible Machine (Dynamix, 1993) . . . . .	31
3.1.5.3	RoboTIC (SCHEZ-SOBRINO et al., 2020) . . . . .	32
3.1.6	História . . . . .	33
3.1.7	Objetivos do Jogo . . . . .	34
3.1.8	Mecânicas . . . . .	34
3.1.9	Dinâmicas . . . . .	35
3.1.10	Estética . . . . .	35
3.1.11	<i>Feedbacks</i> Educativos . . . . .	35
3.1.12	Restrições . . . . .	36
3.2	MVP - PRODUTO MÍNIMO VIÁVEL . . . . .	37
3.2.1	Tela Inicial . . . . .	37
3.2.1.1	Selecionar Fase . . . . .	37

3.2.1.2	Como Jogar . . . . .	37
3.2.1.3	Avaliar . . . . .	38
<b>3.2.2</b>	<b>Fases . . . . .</b>	<b>38</b>
<b>3.2.3</b>	<b>Jogador . . . . .</b>	<b>40</b>
<b>3.2.4</b>	<b>Elementos . . . . .</b>	<b>41</b>
<b>3.2.5</b>	<b>Alvo . . . . .</b>	<b>41</b>
<b>3.2.6</b>	<b>Nós de comandos . . . . .</b>	<b>42</b>
3.2.6.1	Nós condicionais . . . . .	42
3.2.6.2	Nó de laço . . . . .	44
<b>3.2.7</b>	<b>Lista de Fases . . . . .</b>	<b>45</b>
3.2.7.1	Fase 1 . . . . .	45
3.2.7.2	Fase 2 . . . . .	46
3.2.7.3	Fase 3 . . . . .	47
3.2.7.4	Fase 4 . . . . .	47
<b>4</b>	<b>AVALIAÇÃO . . . . .</b>	<b>48</b>
4.1	RESULTADOS . . . . .	49
4.1.1	Estética . . . . .	49
4.1.2	Aprendizibilidade . . . . .	50
4.1.3	Operabilidade . . . . .	50
4.1.4	Acessibilidade . . . . .	50
4.1.5	Proteção contra erros do usuário . . . . .	50
4.1.6	Confiança . . . . .	51
4.1.7	Desafio . . . . .	51
4.1.8	Satisfação . . . . .	51
4.1.9	Diversão . . . . .	51
4.1.10	Atenção focada . . . . .	51
4.1.11	Relevância . . . . .	52
4.1.12	Aprendizagem Percebida . . . . .	52
4.2	AMEAÇAS À VALIDADE . . . . .	53
4.3	FEEDBACKS PONTUAIS . . . . .	54
4.3.1	UI/UX . . . . .	54
4.3.2	Acessibilidade . . . . .	54
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO . . . . .</b>	<b>55</b>
	<b>REFERÊNCIAS . . . . .</b>	<b>57</b>
	<b>APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DO ELEMEN-</b>	
	<b>TAR . . . . .</b>	<b>60</b>

APÊNDICE B – TERMO DE COMPROMISSO DA AVALIAÇÃO DO ELEMENTAR . . . . .	65
--	----

# 1 INTRODUÇÃO

Este trabalho de conclusão de curso tem como objetivo a apresentação de um jogo educacional em Realidade Aumentada dedicado ao apoio ao ensino de conceitos introdutórios de Pensamento Computacional.

O trabalho está estruturado em capítulos que abordam, inicialmente, a **Introdução**, com a motivação e os objetivos do projeto. Em seguida, a **Fundamentação Teórica** explora os conceitos centrais que nortearam a elaboração do ElementAR. O capítulo de **Estrutura e Desenvolvimento do Jogo** detalha o uso do canvas ENDO-GDC para a definição das mecânicas, design geral e desenvolvimento do MVP. O capítulo de **Avaliação** apresenta os resultados da análise qualitativa realizada com base no modelo MEEGA+. Por fim, a **Conclusão** reúne as considerações finais e propõe encaminhamentos futuros para o projeto.

## 1.1 MOTIVAÇÃO

O PC é um conjunto de habilidades essenciais não apenas para profissionais da área da computação, mas também para a resolução de problemas complexos (WING, 2006). Wing propõe a definição a seguir:

O pensamento computacional é o processo de raciocínio envolvido em formular um problema e expressar sua(s) solução(ões) de uma maneira que um computador — humano ou máquina — possa executar de forma eficaz. (WING, 2014)

Em uma economia cada vez mais diversa, na qual se torna cada vez mais necessário que os futuros estudantes sejam capazes de lidar e se adaptar a situações desconhecidas e solucionar problemas de forma criativa (SOCIETY; OECD, 2018), o PC se mostra uma habilidade essencial para o trabalhador do século XXI não apenas se manter relevante, mas também se destacar.

Wing também considera o termo PC como uma abreviação para "pensar como um cientista da computação" (WING, 2014), evidenciando sua forte presença na indústria de tecnologia, uma das que mais cresceram na última década. Em 2021, a projeção era de 797 mil vagas novas no mercado de tecnologia brasileiro entre aquele ano e 2025 (BRASSCOM, 2022). A realidade é que o mercado passou por diversas transformações após a pandemia de COVID-19, com uma redução drástica do ritmo de contratações de novos engenheiros de software (FRED, 2025). Essa maior seletividade praticada pelos empregadores demonstra a necessidade de uma maior qualificação dos futuros profissionais.



Com a crescimento da indústria tecnológica, houve também a modernização e popularização dos *smartphones* na sociedade. A adesão cada vez maior de jovens da Geração Z a esses aparelhos revelou um problema de analfabetismo digital nos espaços de trabalho e ensino. Existem diversos relatos de funcionários com dificuldade em manusear sistemas de arquivos tradicionais (CHIN, 2021). Um estudo realizado pela Dell mostrou que 56% dos entrevistados afirmaram terem recebido nenhum ou um nível insuficiente de treinamento tecnológico na escola para seguir no mercado de trabalho (DELL Technologies, 2018). Então, torna-se necessário a revisão de como as escolas integram essas novas tecnologias nas salas de aula.

No livro *Digital Game-Based Learning*, Prensky discute as evidências de que os cérebros dos nativos digitais estão mudando para acomodar as tecnologias com as quais estão inseridos. Com isso, cada vez mais pesquisadores estão focando nos efeitos positivos do uso de jogos para o ensino (PRENSKY, 2003). Van Eck cita o princípio da cognição situada, que diz que os aprendizados que ocorrem em contextos relevantes e significativos são mais efetivos do que aqueles que ocorrem fora desses contextos. Esse é um princípio que está presente em jogos, de forma que o que é aprendido dentro do jogo, não é apenas relevante mas também aplicado ao longo do mesmo (ECK, 2006).

A forma em que os jogos são jogados também sofreu alteração como consequência da ascensão dos *smartphones*, estes se tornando cada vez mais populares como plataforma de jogos. Em 2022, a indústria de jogos *mobile* movimentou 91.8 bilhões de dólares, cerca de 50% da receita do mercado de jogos inteiro (Newzoo, 2023). Em 2016, houve o lançamento do aclamado *Pokémon Go*, um jogo *mobile* que permite que os jogadores capturem *pokémons* enquanto navegam no mundo real. Uma das principais funcionalidades foi a integração com RA, uma característica inovadora na época.

Essa integração da RA com jogos não apenas mostrou seu valor como forma de entretenimento, mas também revelou seu potencial educacional. A RA se mostrou uma grande aliada do aprendizado ativo, com potencial de apoiar o ensino, tornando a transmissão de conteúdo mais compreensível e proporcionando a sensação de imediatismo (JESION-KOWSKA; WILD; DEVAL, 2020). Estudos em salas de aula mostram que atividades em que a RA é utilizada possuem uma maior participação dos alunos e promovem atitudes positivas em relação a disciplina ensinada (FURIÓ et al., 2015), além de promover uma maior comunicação entre os alunos, o que facilita a metodologia “aprender fazendo” (AKÇAYIR; AKÇAYIR, 2017).

## 1.2 OBJETIVO

Considerando a importância de PC como habilidade para futuros e atuais profissionais dentro e fora da área de TI, surgiu a ideia de desenvolver uma solução de apoio para o ensino. Somado a efetividade da RA como forma de aprendizado ativo, optou-se pela

definição deste trabalho como um jogo educacional em RA, dando origem ao ElementAR.

A proposta principal do ElementAR como jogo educacional não é a ensinar propriamente conceitos de PC, mas sim atuar como forma de apoiar o ensino dessa área do conhecimento. Com a integração com RA, espera-se obter uma experiência superior às formas tradicionais de ensino e abordagens lúdicas sem integração com RA. Neste trabalho, será descrito o processo de concepção e desenvolvimento do projeto, além da fundamentação teórica dos principais conceitos.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo, serão explorados os conceitos fundamentais que desempenharam um papel central na compreensão do projeto.

### 2.1 PENSAMENTO COMPUTACIONAL

No início dos anos 80, Ken Wilson, Prêmio Nobel de Física de 1982, se juntou a diversos outros cientistas para defender que a computação seria o avanço que resolveria os maiores desafios da ciência. Eles argumentavam que a computação havia se tornado um dos pilares da ciência, ao lado da teoria e da experimentação, dando origem ao termo “pensamento computacional” em suas conversas (DENNING, 2009).

O termo “pensamento computacional” se popularizou mais tarde por Wing, em seu primeiro artigo sobre o tema, que a descreve como “a habilidade de utilizar conceitos fundamentais da Ciência da Computação para a resolução de problemas, *design* de sistemas e a compreensão do comportamento humano”. (WING, 2006)

O PC pode ser dividido em 4 pilares: Decomposição, Reconhecimento de Padrões, Abstração de Informações e Formulação de Algoritmos. (BBC Education, 2015)

#### 2.1.1 Decomposição

A decomposição é o processo no qual problemas complexos são quebrados em partes menores, de mais fácil entendimento. A decomposição pode ser observada na programação como uma forma de dividir um algoritmo ou um programa em partes menores, como funções, métodos, objetos, módulos, entre outros. É uma técnica necessária para que programadores possam projetar sistemas de grande porte (BRACKMANN, 2017).

#### 2.1.2 Reconhecimento de Padrões

Padrões são características comuns que um ou mais problemas apresentam e que podem ser explorados para uma solução eficiente. O Reconhecimento de Padrões é uma forma de resolver problemas rapidamente fazendo uso de soluções previamente definidas em outros problemas e com base em experiências anteriores (BRACKMANN, 2017).

Uma situação do mundo real que envolve o reconhecimento de padrões é a leitura de textos manuscritos de um mesmo alfabeto. Cada pessoa tem uma caligrafia única, com variações na forma que os caracteres são escritos. No entanto, em uma caligrafia legível, há semelhanças suficientes que permitem ao leitor identificar padrões comuns de letras e palavras. Outro exemplo de reconhecimento de padrões é a sequência de Fibonacci, onde

a relação entre os números segue um padrão fixo, no qual cada termo é a soma de seus dois antecessores.

### 2.1.3 Abstração

A abstração é o processo de filtrar detalhes não necessários para que seja possível criar uma representação composta apenas pelos elementos relevantes (BRACKMANN, 2017). Um exemplo de abstração no mundo real é a régua. Para realizar a medição de algo cotidiano, normalmente não é necessária a unidade menores que centímetros ou milímetros. A régua permite abstração do espaço em unidades de medida maiores que sejam relevantes para a tarefa em questão.

Fundamentalmente, Ciência da Computação é uma ciência de abstração, cria o modelo certo para pensar sobre um problema e elaborar as técnicas mecanizáveis adequadas para resolvê-lo (AHO; ULLMAN, 1992). Quando um programador escreve um programa em uma linguagem de programação em alto nível, o mesmo está construindo em cima de camadas menores de abstrações, confiando, inclusive, que o compilador irá implementar as semânticas da linguagem corretamente. Não é necessário se preocupar com especificidades do hardware sendo utilizado, nem sistema operacional ou rede (WING, 2014).

### 2.1.4 Algoritmos

O algoritmo é o elemento que agrega todos os demais. Em um algoritmo, as instruções são descritas e ordenadas a fim de alcançar um objetivo e podem ser escritas em formatos de diagrama ou linguagem humana, para enfim serem transformados em linguagem de programação (BRACKMANN, 2017)

Um exemplo de algoritmo na vida real é a conta armada, ensinada nos primeiros anos de matemática nas escolas. Trata-se de uma sequência de passos que recebe como entradas dois ou mais valores numéricos e uma operação (soma, subtração, multiplicação ou divisão), que ao ser seguida corretamente pelo aluno resultará em uma saída para o cálculo. Podemos também identificar todos os outros elementos do Pensamento Computacional no algoritmo da conta armada:

- **Decomposição** Em cálculos mais complexos, realizar a operação mentalmente se torna uma tarefa mais desafiadora. A decomposição facilita esse processo ao dividir a operação em partes menores, trabalhando em cada casa decimal por vez.
- **Reconhecimento de Padrões** Ao resolver uma conta armada entre dois ou mais números, o aluno desenvolve a habilidade de aplicar o mesmo raciocínio a diferentes combinações de valores para uma mesma operação.
- **Abstração** A abstração na conta armada pode ser compreendida considerando a multiplicação entre dois números. Pode-se definir esse tipo de operação como a

soma repetida do primeiro número por um número de vezes igual ao segundo. Para valores maiores, essa se torna uma tarefa monótona. A conta armada proporciona uma forma mais simples de realizar o cálculo, abstraindo a necessidade de realizar múltiplas somas.

## 2.2 DEFINIÇÃO DE JOGO

Na literatura, não existe uma única definição precisa sobre o que é um jogo, mas sim várias definições em diferentes níveis de aceitação (XEXÉO et al., 2017). Huizinga argumenta que o ato de jogar se apresenta nas mais distintas formas, presente inclusive entre os animais. Assim, propondo a seguinte definição, se adequando o máximo possível às diferentes categorias.

O jogo é uma atividade ou ocupação voluntária, exercida dentro de certos e determinados limites de tempo e de espaço, segundo regras livremente consentidas, mas absolutamente obrigatórias, dotado de um fim em si mesmo, acompanhado de um sentimento de tensão e de alegria e de uma consciência de ser diferente da “vida quotidiana” (HUIZINGA, 1955).

Uma outra definição é dada por Jesper Juul em seu livro *Half-Real*. Juul considera que jogos podem ser interpretados como um conjunto de regras. Regras estas que se apresentam ao jogador como um desafio a ser superado, transformando o ato de jogar em uma experiência de aprendizado (JUUL, 2005). Esta é uma definição que mais se aproxima do entendimento de jogo considerado neste trabalho.

Jogos educacionais (também chamados de jogos sérios) são uma categoria de jogos cujo objeto principal não é o entretenimento, mas sim transmitir mensagens, ensinar lições e fornecer experiências para o jogador (MICHAEL; CHEN, 2006). Em relação a conteúdo e teorias que são aprendidas ao jogar, os jogos educativos podem ser categorizados em **endógenos** ou **exógenos** (XEXÉO; TAUCEI, 2021).

Jogos **exógenos** são aqueles em que o conteúdo de aprendizado é inserido em uma estrutura e regras de um jogo pré-existente. Um exemplo de jogo exógeno são os jogos de perguntas e respostas (ou trivia) adaptados para alguma área do conhecimento. Apesar de jogos desse tipo comumente apresentarem resultados positivos, estes costumam ser limitados e memorização ou recordação de algum conhecimento. Já os jogos **endógenos**, possuem objetivos de aprendizado mais complexos, indo além da memorização. Assim, as mecânicas do jogo são modeladas de acordo com o conteúdo que se deseja ensinar (XEXÉO; TAUCEI, 2021).

Para o apoio do ensino de PC, é desejado que os alunos não apenas memorizem conceitos, mas compreendam e apliquem estratégias de resolução de problemas. Assim, o desenvolvimento do ElementAR como um jogo educacional endógeno se torna mais atrativo.

## 2.3 REALIDADE VIRTUAL

Antes de seguir para a definição de RA, é interessante relacioná-la a outra tecnologia, chamada Realidade Virtual (RV). Existem muitas definições para o que é a RV, alguns autores a definem como um meio dependente de algum equipamento de visualização e interação, como um HMD e luvas sensoriais (*motion controllers*). Essa definição, porém, falha ao que esses equipamentos podem ser facilmente substituídos por alternativas, mantendo a integridade da experiência em RV (BURDEA; COIFFET, 2003).

A RV pode ser definida por 3 palavras-chaves, os 3 Is: Imersividade, Interatividade e Imaginação (BURDEA; COIFFET, 2003).

**Imersividade** A RV é uma simulação em Computação Gráfica e em tempo real que se propõe a apresentar um mundo virtual realista e interativo.

**Interatividade** A RV se destaca de meios tradicionais por proporcionar a integração com múltiplos canais sensoriais simultaneamente. Apesar de menos comuns, paladar e olfato também podem ser abordados em uma experiência em RV.

**Imaginação** O menos técnico dos 3 Is. Imaginação se refere a capacidade da mente humana de perceber coisas que não existem. A RV permite uma forma inovadora de apoiar a imaginação humana, possibilitando o desenvolvimento de aplicações limitadas menos pelo meio em que ela existe, mas principalmente pela imaginação do desenvolvedor.

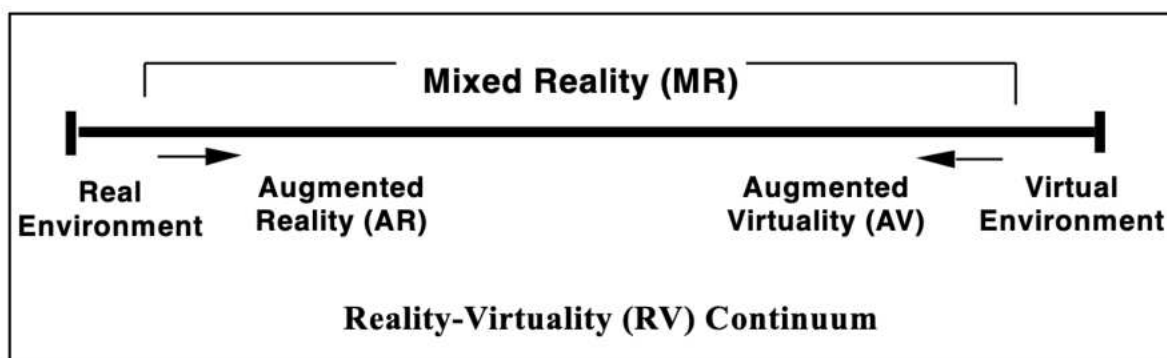
Um exemplo de aplicação em RV é o jogo *Half-Life: Alyx*, que utiliza a tecnologia de RV com controles compostos por um HMD e *motion controllers*. Neste jogo, o jogador é transportado para um universo detalhado e interativo, onde os movimentos são integrados nas mecânicas do jogo, permitindo que o jogador possa manipular objetos virtuais em tempo real. *Half-Life: Alyx* explora ao máximo os 3 Is da RV. A imersividade é elevada, pois o jogador se sente parte de um mundo convincente e coeso; a interatividade permite que o usuário interaja com o ambiente de maneira realista e responsiva; e a imaginação do jogador é estimulada pela narrativa e pelos elementos de *design*.

## 2.4 REALIDADE AUMENTADA

Enquanto a RV imerge o usuário completamente em um ambiente sintético, tecnologias em RA se propõe a suplementar a realidade, de forma que o conteúdo virtual pareça o mais fielmente possível coexistir com os elementos reais (AZUMA, 1997). Outra forma de definir a relação entre essas tecnologias é através de um contínuo Realidade-Virtualidade.

À esquerda do contínuo representado na Figura 1, estão representados os casos em que todos os elementos são reais, sejam eles vistos pessoalmente ou através de um intermediário, como um *display* de vídeo. Já o extremo direito define ambientes que consistem

Figura 1 – Representação simplificada de um contínuo Realidade-Virtualidade



Fonte: (MILGRAM et al., 1994)

apenas de elementos virtuais, que incluem simulações em computação gráficas. Assim, a RA se encontra mais à esquerda do contínuo, enquanto a RV se encontra mais próxima à direita.

As seguintes características são intrínsecas à RA (AZUMA, 1997):

1. Combina conteúdo real com virtual
2. Conteúdo predominantemente real
3. Interativo em tempo real
4. Ancoragem espacial de objetos virtuais no ambiente real

A RA é categorizada de acordo com técnica de ativação dos conteúdos superimpostos com o ambiente real. Estes são: Baseada em marcadores, sem marcadores (ou baseada em planos) (MAAS; HUGHES, 2020).

A RA baseada em marcadores utiliza imagens do mundo real para ativar conteúdos virtuais. Esses marcadores podem incluir tanto imagens artificiais, como *QR codes*, quanto elementos de mídia impressa, como pôsteres de filmes, anúncios ou ilustrações artísticas (MAAS; HUGHES, 2020). Na Figura 2, é possível ver um exemplo de marcador artificial, criado exclusivamente para o jogo Rua das Graviolas. Já a RA sem marcadores, também chamada de RA baseada em planos, é mais complexa e utiliza algoritmos para detecção de características naturais no ambiente como referencial para determinar a posição do conteúdo virtual (UFKES; FIALA, 2013). Um exemplo famoso de RA sem marcador, é o jogo *Pokémon Go*, que será abordado mais adiante nesse capítulo.

Considerando apenas as duas principais, cada uma das estratégias de integração de RA possui vantagens e desvantagens. A RA baseada em marcadores possui uma confiabilidade maior, pois os sistemas conseguem identificar de forma precisa a posição e orientação dos marcadores para sobreposição dos elementos virtuais. Porém, exige uma representação

física dos marcadores, o que pode limitar a mobilidade e a aplicação em determinados contextos. Um exemplo de aplicação em RA com marcadores é mostrado na Figura 2. No lado esquerdo, uma visualização virtual do marcador é disposta, enquanto no lado oposto, é possível ver uma imagem da aplicação com a versão física do marcador e seu conteúdo virtual ativado, permitindo a visualização de um personagem tridimensional e uma caixa de texto.



Figura 2 – Marcador e o jogo Rua das Graviolas sendo executado sobre o marcador.

Fonte: Própria Autoria

Já a RA sem marcadores não possui a limitação dos marcadores, permitindo uma maior liberdade de movimento e aplicação em espaços mais amplos e variados; porém, exige condições apropriadas de iluminação e refletividade para cálculo correto das características do ambiente, o que pode impactar a precisão e a estabilidade da experiência. Na Figura 3, é possível ver um exemplo de integração da RA sem marcadores no jogo *Pokémon Go*. No lado esquerdo, é possível alguns elementos virtuais, semelhantes à grama, posicionados relativo ao chão de uma sala, com a legenda “Toque para encontrar o Pokémon”, instruindo o jogador a posicionar a criatura virtual a ser capturada. Na tela direita, é mostrado o resultado após o toque em uma das gramas. O *pokémon* é ancorado no chão do ambiente, próximo da posição do toque. Além disso, outros elementos da *interface* de usuário



também são revelados.

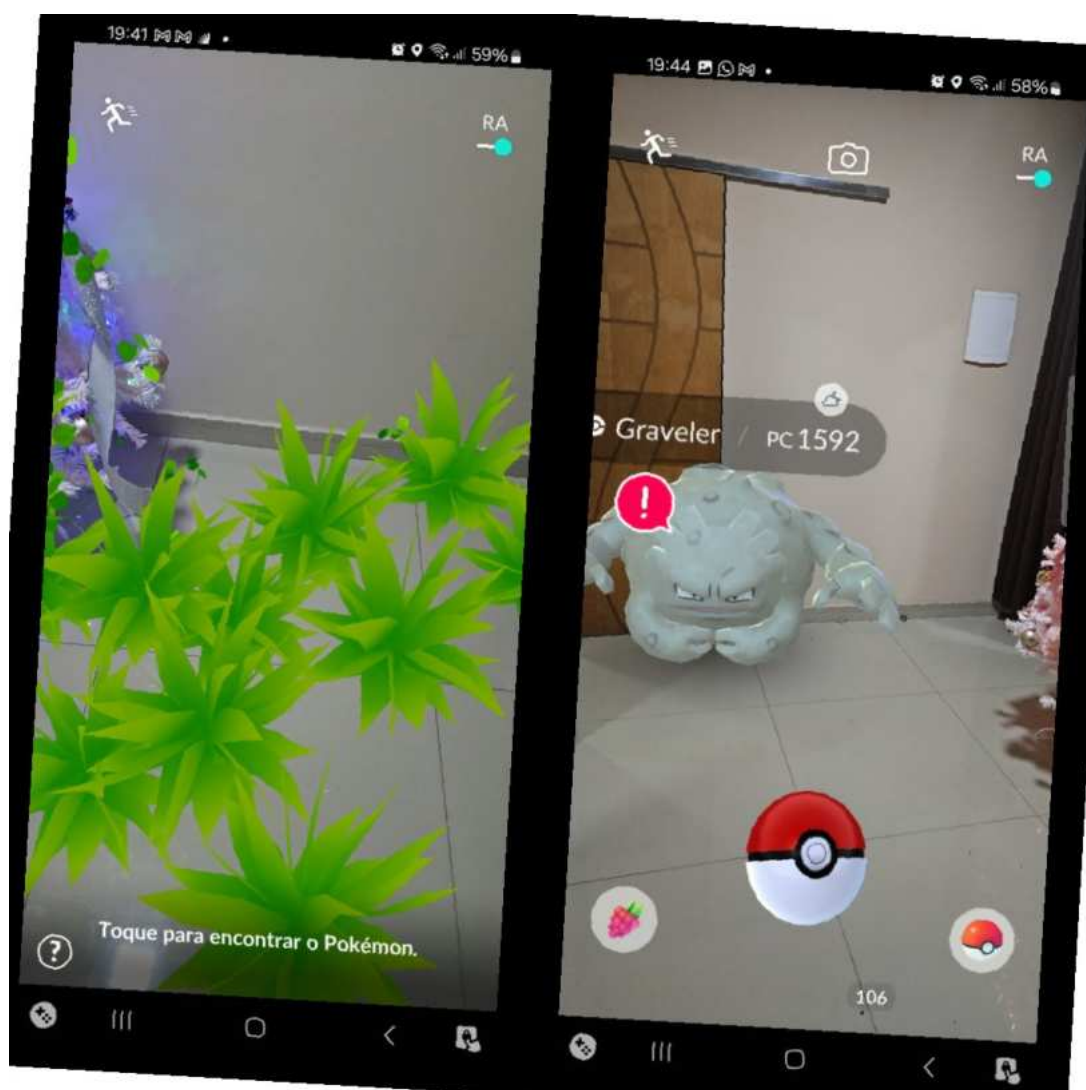


Figura 3 – Capturas de tela do jogo *Pokémon Go*.

Fonte: Própria Autoria

No desenvolvimento do ElementAR, a RA sem marcadores revelou-se uma opção mais atrativa, pois possibilita um aproveitamento otimizado do espaço e elimina a necessidade de criar marcadores físicos associados aos elementos do jogo. Essa abordagem torna a experiência mais flexível e imersiva, permitindo que o usuário interaja com o ambiente de forma mais natural e sem restrições impostas por objetos físicos.

## 2.5 ENDO-GDC

Um *canvas* é uma ferramenta que permite reunir em um único painel as principais informações sobre o artefato que se deseja desenvolver. O seu objetivo é facilitar a

concepção desses artefatos, fornecendo uma visão do todo da ideia (XEXÉO; TAUCEI, 2021).

O desenvolvimento de um jogo sério envolve profissionais de múltiplas áreas, assim, uma mesma palavra pode ter significados diferentes para pessoas distintas (XEXÉO; TAUCEI, 2021). O Endo-GDC é um modelo de *canvas* voltado para o desenvolvimento de jogos educacionais endógenos. Cada seção tem uma definição atômica e, portanto, trata somente de um assunto por vez, facilitando a discussão (XEXÉO; TAUCEI, 2021).

Na Figura 4, é mostrado o *canvas* do Endo-GDC. Este é formado por 6 blocos compostos por múltiplas seções: contexto (em cinza), aprendizado (em laranja), *gameplay* (em amarelo), narrativa (em rosa), experiência do usuário (em verde) e restrições (em azul). Cada bloco está ligado a uma das camadas que compõe um jogo educacional segundo definido por Winn [2009] (XEXÉO; TAUCEI, 2021).



Figura 4 – Canvas Endo-GDC (XEXÉO; TAUCEI, 2021)

### 3 ESTRUTURA E DESENVOLVIMENTO DO JOGO

Este capítulo apresenta o processo de desenvolvimento do ElementAR em seus principais aspectos estruturais e técnicos. Serão abordadas a definição do MVP (Produto Mínimo Viável) e o *canvas* Endo-GDC, utilizado para modelar o funcionamento básico do ElementAR, desde a definição de mecânicas até elementos visuais que formam o jogo a ser experienciado pelo jogador.

#### 3.1 ENDO-GDC

Durante a fase de concepção do ElementAR, foi utilizado o modelo de *canvas* Endo-GDC. Na Figura 5, é apresentado o *canvas* do ElementAR preenchido. Esse capítulo será disposto a definir as seções do Endo-GDC e explicitar a versão preenchida.

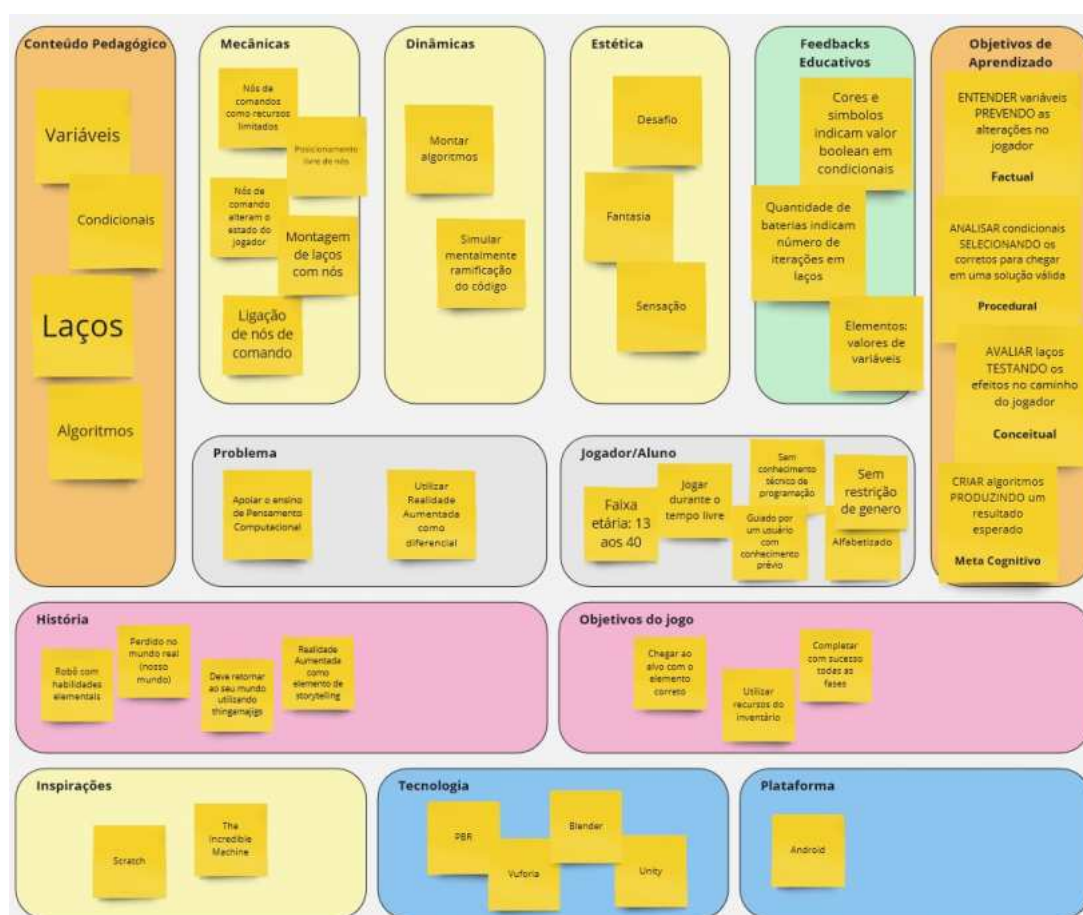


Figura 5 – Canvas Endo-GDC do ElementAR

Fonte: Própria Autoria

### 3.1.1 Jogador/Aluno

Os Jogadores são o público-alvo e o motivo do jogo existir. Nessa seção, é descrito quem é o público-alvo do jogo, ou seja, o conjunto de pessoas que irão jogar e aprender através da *gameplay*. Essa seção não busca definir pessoas, mas sim arquétipos e grupos típicos, assim, busca-se definir características como: faixa etária, profissão, nível escolar e cenários de uso (XEXÉO; TAUCEI, 2021).

O ElementAR busca apoiar o ensino de jovens e adultos, da faixa etária de 11 aos 40 anos, alfabetizados, sem restrição de gênero. Não é necessário ter conhecimento prévio de programação. Um dos casos de uso é uma sessão de jogo em um tempo livre, fora de um espaço exclusivamente de ensino.

O outro caso de uso aborda um cenário em que a sessão de jogo é guiada por um usuário com conhecimento prévio. A sessão pode ser, por exemplo, uma atividade em sala de aula em que um professor recita instruções enquanto um ou mais alunos operam os controles do jogo.

O limite inferior da faixa etária foi estabelecido em 11 anos para incluir alunos do 6º ano do Ensino Fundamental II, em conformidade com as diretrizes da BNCC. Já o limite superior, de 40 anos, foi definido com o objetivo de abranger a maior parte dos ingressantes em cursos de ensino superior. Em 2022, observou-se um aumento no número de ingressantes com mais de 40 anos, conforme apontado pelo relatório do INEP (INEP, 2023).

### 3.1.2 Problema

Essa seção descreve o problema que se espera solucionar ao desenvolver o jogo. Problemas podem surgir de problemas de aprendizado que possam existir em um área do conhecimento ou relativos a falta de motivação (TAUCEI, 2019).

O principal problema a ser resolvido pelo ElementAR é a desmotivação enfrentada por alunos que ingressam em cursos superiores e técnicos da área da Computação ao terem o primeiro contato com Pensamento Computacional em matérias introdutórias de Programação, responsáveis por alto índices de reprovações (OLIVEIRA, 2015).

### 3.1.3 Conteúdo Pedagógico

O conteúdo pedagógico do ElementAR foi inicialmente baseado na ementa da disciplina Computação 1 do curso de Ciência da Computação da Universidade Federal do Rio de Janeiro. O escopo do conteúdo pedagógico inclui os conceitos inicial de Algoritmos, Variáveis, Comandos de Teste ("if-else") e Comandos de Repetição ("for") (DCC - UFRJ, 2023).

Então, eles foram modificados para se adequar ao Complemento de Computação a BNCC. Apesar de Pensamento Computacional estar presente desde o Ensino Básico nas

diretrizes do BNCC, foi optado por utilizar o conteúdo definido para o 6º ano do Ensino Fundamental II, devido ao ser teor mais técnico. (INEP, 2022)

Desejava-se que a parte de funções e estrutura de dados fossem consideradas também como parte do escopo do conteúdo pedagógico. Porém, devido a dificuldade de modelar e desenvolver as mecânicas relativas a esses conteúdos para um jogo endógeno, foi optado pela exclusão as mesmas.

### 3.1.4 Objetivos de Aprendizado

Nesta seção é descrito o que se espera que o jogador/aluno aprenda ao jogar o jogo. Esta seção é importante para saber se o jogo sério atingiu o seu propósito, que deve ir além do puro entretenimento do jogador (TAUCEI, 2019)

O processo de definição do conteúdo pedagógico utiliza a Taxonomia Revisada de Bloom. TAUCEI define um conjunto de cartas divididas de acordo com as dimensões da versão revisada da taxonomia: de conhecimento e de processos cognitivos. Ambas serão abordadas na seção a seguir.

#### 3.1.4.1 Cartas dos Objetivos de aprendizagem

A dimensão de conhecimento possui quatro cartas baseadas organizadas de acordo com o nível de abstração do conhecimento (Figura 6), do mais concreto ‘A’ ao mais abstrato ‘D’: (XEXÉO; TAUCEI, 2021)

- **Factual:** os elementos básicos que um estudante deve saber para se familiarizar com uma disciplina ou resolver problemas nela. Fatos que não precisam ser entendidos ou combinados, apenas reproduzidos como apresentados.
- **Conceitual:** conhecimento das inter-relações entre os elementos básicos dentro de uma estrutura maior que permitem que eles funcionem juntos.
- **Procedural:** conhecimento de "como fazer algo", métodos de investigação e critérios para usar habilidades, algoritmos, técnicas e métodos.
- **Metacognitivo:** relacionado ao reconhecimento da cognição em geral e da consciência da amplitude e profundidade de conhecimento adquirido de um determinado conteúdo.

Cada uma das cartas da dimensão do conhecimento (Figura 6) apresentam a definição do tipo de conhecimento; o tipo de conhecimento do qual se refere (na parte mais inferior da carta) e o formato da sentença a ser formada para construção do objetivo de aprendizagem. A última carta apresenta a sentença a ser formada para definir o objetivo de aprendizagem. Sua estrutura é: verbo no infinitivo, que define a categoria cognitiva (cartas do processo

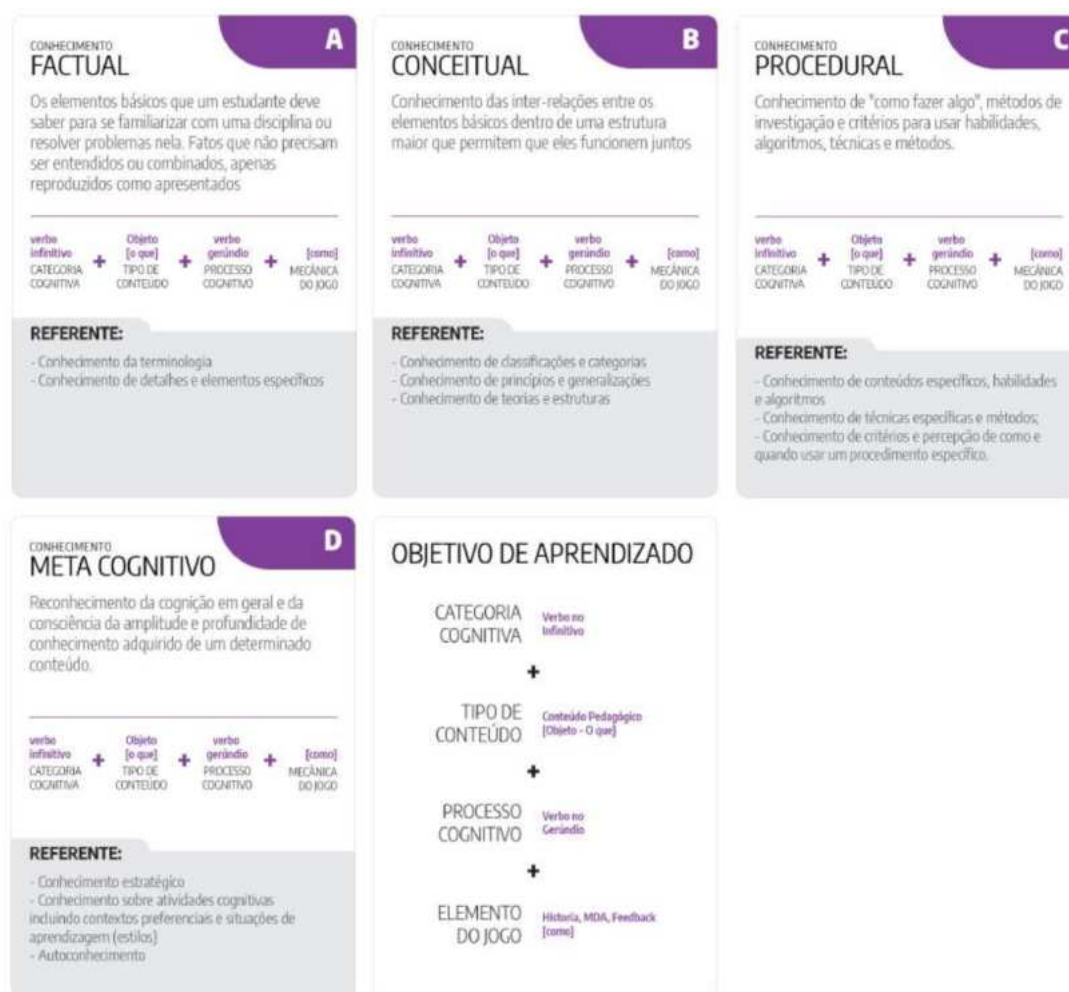


Figura 6 – Cartas das dimensões do conhecimento (TAUCEI, 2019)

cognitivo na Figura 7); o tipo de conteúdo, relacionado ao conteúdo pedagógico definido na Seção 3.1.3; processo cognitivo, que é o verbo no gerúndio, listados na parte inferior das cartas de processo cognitivo (Figura 7); e finalmente a mecânica ou elemento do jogo, que vai dizer como esse conteúdo será apresentado ou como se dará a interação com o mesmo. (XEXÉO; TAUCEI, 2021)

A dimensão dos processos cognitivos está dividida em 6 cartas (Figura 7). Cada carta representa um processo cognitivo e um grau de complexidade, sendo o número “1” o grau mais baixo (carta “lembrar”) e indo até o número “6” (carta “criar”). As dimensões são definidas como a seguir: (XEXÉO; TAUCEI, 2021).

- **Lembrar:** Recuperar conhecimento relevante da memória de longo prazo - reconhecer ou recordar ideia ou conteúdo. Reconhecer requer distinguir e selecionar uma determinada informação. Recordar está relacionado à busca por uma informação relevante memorizada.
- **Entender:** Construir significado a partir de mensagens instrucionais, incluindo

comunicação oral, escrita e gráfica. O aluno estabelece uma conexão entre o novo e o conhecimento previamente adquirido, além de conseguir reproduzir a informação com suas próprias palavras.

- **Aplicar:** Executar ou usar um procedimento em uma determinada situação. Pode também abordar a aplicação de um conhecimento numa situação nova.
- **Analisar:** Dividir a informação ou material em suas partes constituintes e detecção de como as partes se relacionam umas com as outras e com uma estrutura ou propósito geral.
- **Avaliar:** Relacionado a realizar julgamentos baseados em critérios e padrões qualitativos e quantitativos ou de eficiência e eficácia.
- **Criar:** significa juntar elementos para formar um todo novo e coerente; fazer um produto original; reorganizar elementos em um novo padrão ou estrutura; desenvolvimento de ideias novas e originais.

Seguindo as regras de formulação definidas pela taxonomia revisada de Bloom, os objetivos de aprendizado do ElementAR foram definidos como a seguir:

- **Factual:** ENTENDER variáveis PREVENDO as alterações no jogador
- **Procedural:** ANALISAR condicionais SELECIONANDO os corretos para chegar em uma solução válida
- **Conceitual:** AVALIAR laços TESTANDO os efeitos no caminho do jogador
- **Meta Cognitivo:** CRIAR algoritmos PRODUZINDO um resultado esperado

### 3.1.5 Inspirações

Esta seção visa listar jogos similares que podem mostrar o que já deu certo ou errado para o jogo do mesmo tipo ou com a mesma temática e também pode ajudar a construir diferenças para o projeto. Segundo TAUCEI, algumas perguntas que devem ser incluídas são: (TAUCEI, 2019)

- Quais elementos do jogo tornam a sua experiência agradável?
- Que elementos do jogo tornam sua experiência desagradável?
- Como posso mudar a os elementos do jogo para melhorar sua experiência?





Figura 7 – Cartas do tipo dos processos cognitivos (TAUCEI, 2019)

### 3.1.5.1 Scratch (MIT, 2003)

A inspiração principal para o ElementAR é o **Scratch**, uma ambiente de linguagem de programação visual destinada ao desenvolvimento de jogos e mídias interativas de forma acessível e educacional.

O Scratch permite a construção de programas em uma interface gráfica utilizando blocos de instruções que podem ser conectados para formar um algoritmo para alterar diversas propriedades dos objetos do programa, como posição, rotação, painel de fala. Existem também blocos de controle, que incluem blocos de lógica condicional, que irão executar um ou outro conjuntos de instruções baseado em alguma condição; blocos de laço, que irão executar um conjunto de instruções em sequência. Existem também blocos de operações aritméticas, variáveis e de entrada e saída de dados.

A Figura 8, mostra a interface do Scratch com um exemplo de algoritmo. No lado esquerdo, estão dispostos os blocos de instruções divididos em categorias. Na direita, o usuário possui a visão do palco, a área onde ocorrem os eventos que controlam a movimentação de objetos na tela. No centro, há um exemplo de algoritmo que irá atuar sob o



personagem no palco.

O Scratch possui muitos elementos positivos que podem ser listados. Os principais a serem considerados são a interface acessível e intuitiva, podendo ser acessada através de qualquer navegador moderno. Outro elemento muito importante é a liberdade proporcionada pela variedade de blocos de ação.

O principal ponto negativo sobre o Scratch é que ele é voltado principalmente para o desenvolvimento de jogos 2D, o que limita a criação de projetos em 3D. Embora seja possível criar representações simples de jogos 3D com funcionalidades experimentais, entregar um produto completo em 3D se torna uma tarefa complexa.

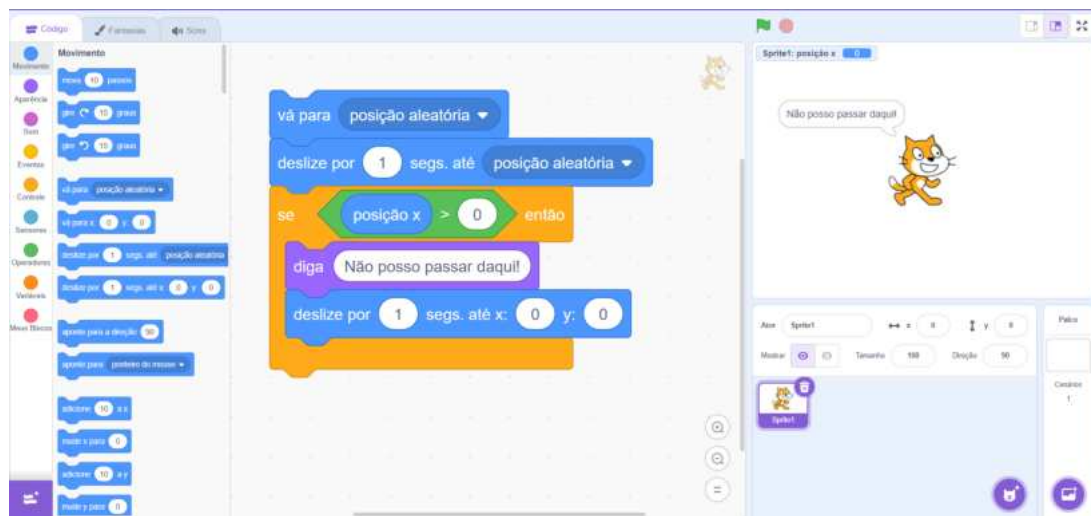


Figura 8 – Interface de usuário do Scratch

### 3.1.5.2 The Incredible Machine (Dynamix, 1993)

Outra inspiração para o ElementAR é a série de jogos **The Incredible Machine (TIM)** em que o objetivo principal é a construção de Máquinas de Rude Goldberg, mecanismos que realizam uma tarefa simples de maneira extremamente complexa e elaborada.

Os jogos de TIM são conhecidos principalmente por apresentarem ambientes completamente interativos, permitindo que o jogador possa posicionar livremente objetos pela fases e alterar vários aspectos da mesma, como criar ligações entre os elementos e modificar propriedades como gravidade e pressão do ar. O jogo também apresenta quebra-cabeças com soluções complexas, exigindo que o jogador experimente com diversas soluções para concluir as fases.

Diversas mecânicas de TIM foram adaptadas para o ElementAR, como o sistema de inventário. Cada fase disponibiliza um conjunto de itens limitados que podem ser posicionados para compor o ambiente. Outra semelhança a ser notada é a mecânica de



Figura 9 – Fase de The Incredible Machine (GOG.COM, 2001)

executar a fase. Em TIM, após configurar os itens na fase, o jogador pressiona um botão de execução que inicia a animação da fase.

Por ser uma série de jogos antiga, com o primeiro jogo sendo lançado inicialmente para DOS em 1993, muitos aspectos visuais e de interação se tornaram obsoletos nos dias atuais. Logo, há espaço para melhorias gráficas e nos controles, adaptando para sistemas mais modernos.

### 3.1.5.3 RoboTIC (SCHEZ-SOBRINO et al., 2020)

RoboTIC é um jogo sério em RA voltado para o ensino de conceitos de programação em um ambiente formado principalmente por blocos e apoiado por uma arquitetura escalável que permite a integração de novas fases de forma incremental (SCHEZ-SOBRINO et al., 2020).

Um dos pontos positivos do RoboTIC é a sua escolha por um estilo artístico mais voltado para o cartunesco, como é possível observar na Figura 10. O que é elevado por sua integração com RA, causando um senso de contraste remetente a filmes como *Who Framed Roger Rabbit*.

Outro ponto positivo é a utilização híbrida de RA com detecção de planos e marcadores. Na Figura 10, é possível observar elementos virtuais posicionados em uma mesa, sem a presença de um marcador físico, com o jogador andando em circuito por uma estrada. Também é possível observar o jogador segurando um marcador com o texto “Fan” (“ventilador” em inglês), que revela um ventilador acima de si. O ventilador atua apagando o fogo de um obstáculo, permitindo que o jogador consiga progredir. A utilização de RA

dessa forma deixa o jogo mais dinâmico e justifica a sua utilização.

Apesar do uso criativo da RA movida a marcadores, a integração com a detecção de planos deixa a desejar. A fase age como um grande *asset* 3D ancorado em um ponto fixo na superfície, atuando, nesse caso, como nada mais que uma forma de visualizá-la integrada a um espaço real.

É possível tornar a experiência do RoboTIC mais interativa implementando mecânicas de posicionamento de objetos utilizando a detecção de planos, no lugar de meramente posicionar a fase como um todo.

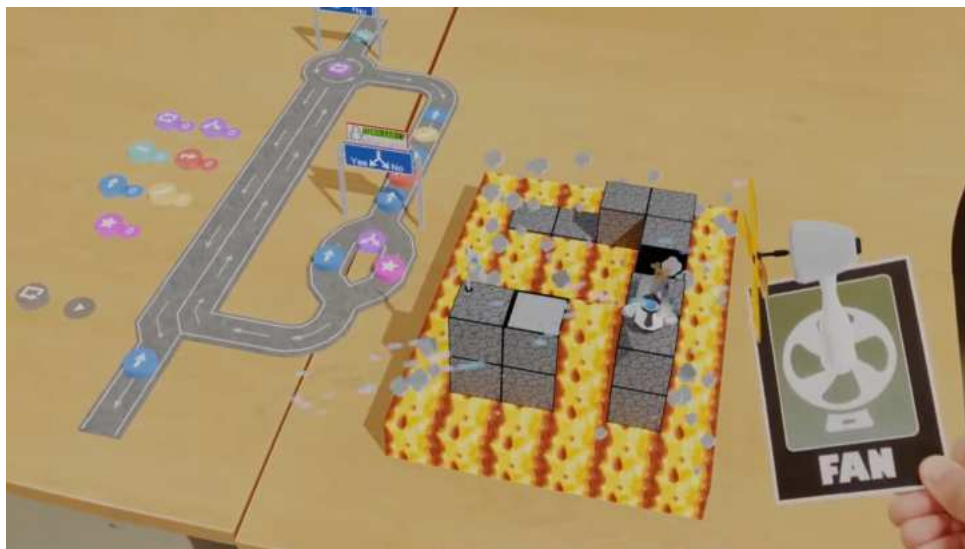


Figura 10 – Fase de RoboTIC em RA

### 3.1.6 História

A história do jogo é a sequência de eventos que se desdobra no jogo. Existem dois tipos de história do jogo: a do *designer* e a do jogador. O EndoGDC considera a história projetada pelo *designer* e é responsável por fornecer propósito, engajamento, definir cenários e transmitir o conteúdo e também é um meio para transmitir o conteúdo pedagógico (TAUCEI, 2019).

O ElementAR conta com a existência de um universo alternativo fantástico, parecido com o mundo real, mas que não pode ser alcançado pelo outro lado. Nesse universo, habita um robô chamado **Bit**, o protagonista do ElementAR. Bit foi criado por cientistas de seu mundo para auxiliar em pesquisas científicas complexas envolvendo elementos da natureza.

Em um fatídico dia, um acidente no laboratório onde Bit habitava causa um rasgo no tecido da realidade, abrindo um portal que jogou o robô para outro universo. O universo para qual Bit foi puxado foi o mundo real, o mesmo universo habitado pelo jogador.

Junto com Bit, diversos aparelhos desenvolvidos por seus criadores também foram puxados. A missão de Bit se torna utilizar esses aparelhos para ativar portais que o levem de volta para sua realidade.

A ambientação utiliza a integração com a RA como elemento de *storytelling*. Durante toda a extensão, o jogador acompanha Bit se movendo pelo cenário em que o jogador se encontra, através da câmera do aparelho celular.

### 3.1.7 Objetivos do Jogo

Na seção objetivos do jogo são descritos os objetivos que o jogador deve alcançar no jogo. Esses objetivos devem estar alinhados com a história do jogo e na medida do possível devem estar alinhados também aos objetivos de aprendizado. Além disso, devem ser desenvolvidos *feedbacks* que informem ao jogador como está seu desempenho em relação a esses objetivos (TAUCEI, 2019).

Os objetivos de jogo definidos para o ElementAR estão listados abaixo:

- Chegar ao alvo com o elemento correto
- Utilizar recursos do inventário para compor a fase
- Completar com sucesso todas as fases

### 3.1.8 Mecânicas

Na seção mecânicas devem ser definidas as principais mecânicas do jogo, ou seja as regras e procedimentos que regem o *gameplay* do jogador e o do mundo do game (TAUCEI, 2019).

- Nós de comandos como recursos limitados

Os nós do comando são dispostos em um inventário em quantidades limitadas e podem ser arrastados para serem posicionados.

- Posicionamento livre de nós

Essa mecânica visa aproveitar ao máximo o espaço disposto pela integração com a RA.

- Nós de comando alteram o estado do jogador

Ao interagir com um nó de comando, o estado do jogador pode ser alterado. A mudança esperada pode ser inferida por elementos visuais no nó de comando.

- Montagem de laços com nós

O jogador pode montar laços utilizando o nós de comandos, como blocos de ação em uma linguagem de programação visual.

- Ligação de nós de comando

Para definir a ordem dos nós de comando durante a execução, o jogador pode realizar livremente conexões entre os mesmos.

### 3.1.9 Dinâmicas

As dinâmicas descrevem o comportamento em tempo de execução da mecânica que atua sobre as entradas dos jogadores e as outras saídas ao longo do tempo. Elas são a ponte entre a estética e a mecânica (TAUCEI, 2019).

Assim, a primeira mecânica definida é a **montagem de algoritmos**. Utilizando as mecânicas de manipulação dos nós, o jogador deverá ser capaz de montar uma sequência finita de ações para levar Bit ao alvo da fase com o elemento correto.

A outra dinâmica é a simulação mental da ramificação de um código. Durante a montagem de uma fase, o jogador deverá realizar previsões de como seu algoritmo irá atuar no estado do jogador, para decidir se o mesmo terá um resultado correto.

### 3.1.10 Estética

As estéticas descrevem as respostas emocionais que deseja-se evocar no jogador quando ele interage com o sistema do jogo e os elementos que dão aparência sensorial ao game (TAUCEI, 2019). Nesta seção, são definidas as emoções que desejam ser evocadas no jogador, segundo o framework MDA (HUNICKE et al., 2004).

Os objetivos de estética definidos para o ElementAR são, portanto:

- Desafio

O primeiro objetivo é que o ElementAR seja um jogo desafiador, tal que o jogador precise dispensar tempo e esforço para alcançar as soluções de cada fase.

- Fantasia

ElementAR deve ser um jogo focado em Fantasia, de forma que não apenas apresente elementos fantásticos, mas também os integre no mundo real durante a narrativa.

- Sensação

É desejável que o ElementAR seja percebido como um jogo que apele para o prazer visual do jogador através do uso de RA. Assim, é necessário maior refinamento nos modelos 3D, exigindo a utilização de tecnologias de texturas realistas, como o PBR.

### 3.1.11 *Feedbacks* Educativos

A seção *feedback* procura descrever as informações ou dados fornecidos ao jogador quando este interage com o mundo do jogo ou quando elementos desse mundo interagem

entre si. O foco é descrever os *feedbacks* focados na motivação do jogador e no seu aprendizado (TAUCEI, 2019).

- **Cores e símbolos indicam valor booleano em condicionais**

Nós de comando possuem indicadores visuais para indicar valores de verdadeiro ou falso associados com os elementos de verificação. É utilizado um misto de cor com símbolos para fins de acessibilidade, indicados na Figura 19.

- **Quantidade de baterias indicam número de iterações em laços**

O *design* dos nós de laço possuem propriedades que indicam o número de iterações totais e restantes em um laço. Em cada execução, o contador é reduzido até chegar a zero.

- **Elementos: valores de variáveis**

Os elementos representam um valor discreto que variáveis (jogador e alvo) podem assumir. Também são utilizadas para verificações em condicionais, como pode ser visto na Figura 19.

### 3.1.12 Restrições

A seção restrições visa definir o meio que será utilizado para desenvolver o jogo e que vai ajudar a entregar a experiência que deseja-se que o jogador tenha. Além disso, também se deve definir o meio pelo qual o jogo irá ser jogado, analógico ou digital. Em caso de jogos digitais, também é necessário listar a plataforma (TAUCEI, 2019).

Por integrar RA como um de seus requisitos, foi necessário coletar informações sobre motores de desenvolvimento e *frameworks* que melhor se adequassem ao que se desejava desenvolver. A *Unity Engine* (Unity, 2005) se mostrou a *engine* mais adequada para o desenvolvimento, por seu suporte a múltiplos SDKs de RA. A versão utilizada foi a 2022.3.31f1 por ser a LTS (*long term support*) mais recente na data de inicialização do projeto. Para a programação, foi utilizada a IDE *Visual Studio Code* (Microsoft, 2015) com plugins de integração com a *Unity*.

O *Vuforia* (PTC Inc., 2015) foi o kit de desenvolvimento para realidade aumentada escolhido por apresentar maior robustez e facilidade para desenvolver jogos em comparação com a *AR Foundation*.

Para a criação dos *assets* 3D, foi utilizados o Blender 3.3.1 para tarefas de modelagem, *UV unwrapping* e criação de texturas procedurais simples.

Por fim, a plataforma escolhida para executar o projeto foi o sistema operacional *Android*. Essa escolha foi pautada no suporte a aplicações em realidade aumentada e disponibilidade do aparelho pela equipe de desenvolvimento.

## 3.2 MVP - PRODUTO MÍNIMO VIÁVEL

Esta seção tem como objetivo apresentar as funcionalidades incluídas no MVP do ElementAR, uma versão inicial do produto que visa validar os objetivos do projeto e permitir a avaliação do mesmo <sup>1</sup>. O detalhamento do MVP será definido a seguir.

### 3.2.1 Tela Inicial

A Figura 11 mostra a tela inicial pensada para ser o primeiro contato do jogador com o ElementAR. Não foram utilizados padrões rígidos de *design*, mas sim uma abordagem seguindo a percepção visual e intuitiva. A tela consiste em um cabeçalho com uma logo criada para o jogo e uma sequência de botões abordados nas subseções subsequentes.

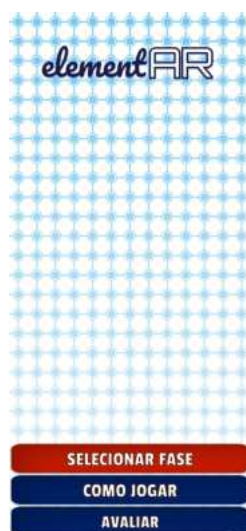


Figura 11 – Tela inicial

Fonte: Própria Autoria

#### 3.2.1.1 Selecionar Fase

A Figura 12 mostra o componente de seleção de fases. Foi optado por permitir que os jogadores tivessem a liberdade de escolher as fases de forma não linear. O botão **Selecionar Fase** abre uma janela modal com 4 botões numerados representando cada uma das fases do MVP.

#### 3.2.1.2 Como Jogar

Foi optado pela utilização de um tutorial em texto para introduzir o jogador aos diversos sistemas do jogo, semelhante a alguns encontrados em jogos publicados no itch.io.

<sup>1</sup> Link para vídeo do MVP em execução: [https://youtu.be/tSkS6IY\\_M6Q](https://youtu.be/tSkS6IY_M6Q)

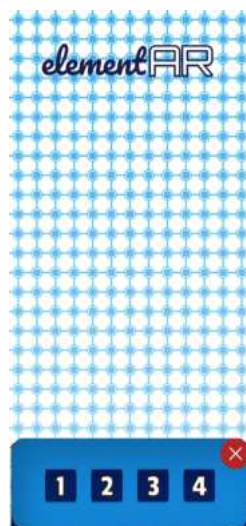


Figura 12 – Seleção de Fases

Fonte: Própria Autoria

O tutorial é hospedado no repositório do ElementAR no Github e servido pelo Github Sites.

O botão **Como Jogar** na tela inicial redireciona os jogadores diretamente para a url do tutorial, utilizando o navegador nativo do sistema operacional. Link: <https://gabrielaureo.github.io/ColorProgramming/>

### 3.2.1.3 Avaliar

Abre o navegador do sistema operacional e redireciona os jogadores para um endereço do Google Forms contendo um formulário que ajudou na Avaliação do jogo e é referenciado no Apêndice A.

Os motivos do formulário de avaliação ter sido incluído como um botão dentro do jogo e não ter sido distribuído de outra forma para os participantes da avaliação foram para facilitar o acesso durante o estudo e por se tratar do MVP, que foi focado a ser utilizando apenas durante a avaliação com um número pequeno de pessoas. Em uma versão de produção, que eventualmente fosse ser distribuída para o público geral, esse botão seria removido.

### 3.2.2 Fases

O jogo é dividido em uma estrutura de fases, na qual cada uma apresenta um problema a ser resolvido pelo jogador. Esse modelo foi escolhido por possibilitar uma divisão que proporciona uma apresentação gradual de conceitos de programação e um crescimento discreto da complexidade de cada problema.



Cada fase é composta por um ponto de entrada e um ponto de saída. O ponto de entrada é a posição inicial do jogador e é representada pelo agente controlado pelo mesmo. O ponto de saída é um alvo que possui um elemento associado a si. Um diagrama de uma fase do ElementAR é mostrado na Figura 13.

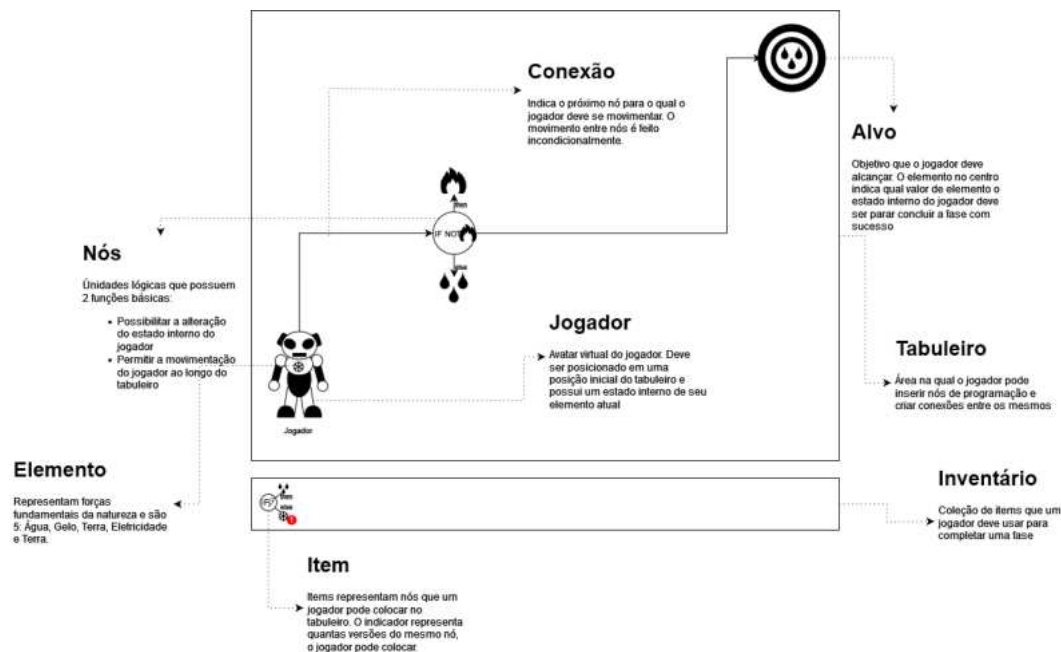


Figura 13 – Diagrama de fase do ElementAR

Fonte: Própria Autoria

A movimentação do jogador é feita pela construção de um grafo em um ambiente em RA (representado na Figura 13 como Tabuleiro). Os nós são posicionados pelo jogador de forma livre pelo ambiente e podem ser interagidos ao toque. Cada nó possui um menu de ação com comandos relacionado a formação de arestas, mostrado na Figura 14.



Figura 14 – Exemplos de menus de ação de diferentes nós

Fonte: Própria Autoria

Para uma fase ser considerada aceitável, é necessário possuir um caminho válido entre o agente do jogador e o alvo. Ao que o jogador realiza uma ação que deixe a fase em estado válido, é revelado um botão de iniciar na interface gráfica (Figura 15), que inicia o movimento do jogador, seguindo o caminho construído pelo jogador. Em caso de múltiplos caminhos válidos, o algoritmo de travessia é uma implementação do algoritmo de busca em largura (BFS). Há também suporte para sub-grafos, chamados internamente de escopos, para lidar com caminhos cíclicos para as representações de laços.

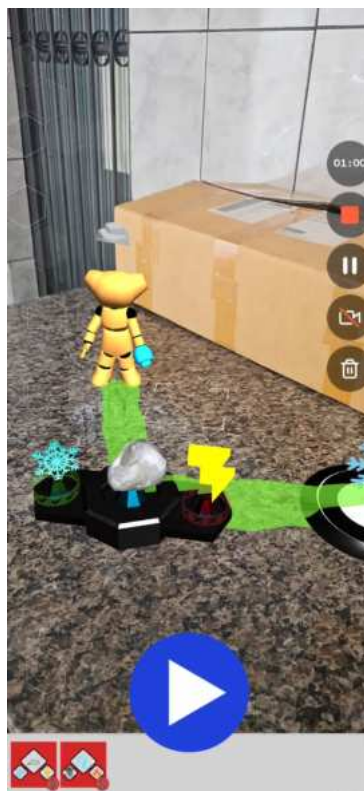


Figura 15 – Fase do ElementAR em um estado válido e o botão de iniciar

Fonte: Própria Autoria

### 3.2.3 Jogador

O personagem controlado pelo jogador é um robô chamado **Bit**. O *design* de Bit foi inspirado em personagens robôs de diversas outras mídias populares, como *Roboboy*<sup>2</sup> e *Megaman*<sup>3</sup>.

O jogador possui um estado interno que pode ser alterado realizando certas ações dentro do jogo. As mudanças de estado são representadas por alteração de sua cor e

<sup>2</sup> Página da série *Roboboy* no IMDB: <https://www.imdb.com/title/tt0482870/>. Acessado em 10/11/2024

<sup>3</sup> Página do jogo *Megaman Legacy Collection* no site *SteamDB*: <https://steamdb.info/app/363440/info/>. Acessado em 10/11/2024.

símbolo em cima de sua cabeça. A Figura 16 mostra o jogador virtual sobre uma mesa real representado pelo elemento pedra sobre sua cabeça.



Figura 16 – Jogador com elemento de pedra

Fonte: Própria Autoria

### 3.2.4 Elementos

O estado interno do jogador pode assumir um valor discreto contextualizado na estética do jogo como elementos da natureza. Estes são: **Fogo**, **Ar**, **Eletricidade**, **Pedra**, **Água** e **Gelo**, mostrados na Figura 17. A escolha desses elementos foi inspirada na convenção comum em jogos, como Final Fantasy e Genshin Impact, entre outras mídias.

A ideia inicial utilizava diferentes cores e padrões no lugar de elementos para representar o estado interno do jogador. Por questões de tornar o jogo visualmente acessível para usuários daltônicos, foi optado por essa alteração.



Figura 17 – Ícones dos elementos do ElementAR

Fonte: Própria Autoria

### 3.2.5 Alvo

O alvo é um componente que possui um elemento associado a si. Em cada fase, o critério de vitória é levar o jogador ao alvo com um elemento igual ao mesmo do alvo.

Diferente do jogador, o estado do alvo é fixo e não pode ser alterado. A Figura 18 mostra um alvo com o elemento gelo, ou seja, a fase estará completa se o jogador atingir o alvo com o elemento gelo em cima da cabeça.

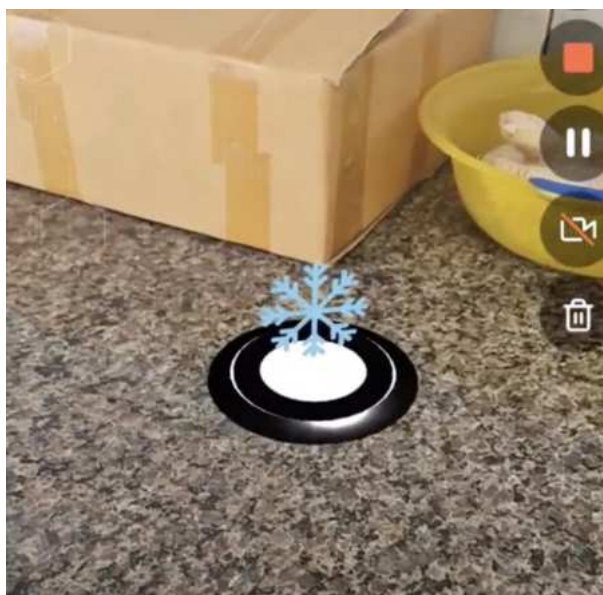


Figura 18 – Alvo com elemento de gelo

Fonte: Própria Autoria

### 3.2.6 Nós de comandos

Os nós de comando são componentes do jogo que tem duas funcionalidades principais: permitir o movimento do jogador e alterar o estado do jogador. Os nós de comandos podem ser conectados ao jogador, ao alvo ou a outros nós de controle. Os nós de controle possuem funcionalidades diferentes, que são traduzidas em tópicos do conteúdo pedagógico. Estes são dois: os nós condicionais e os nós de laço, que serão abordados nas seções a seguir.

#### 3.2.6.1 Nós condicionais

Os nós condicionais alteram diretamente o estado do jogador quando os dois entram em contato. A estrutura dos nós condicionais é composta por um elemento de checagem, um elemento verdadeiro e um elemento falso. O pseudocódigo no Código 1 mostra o funcionamento de um nó condicional, que se assemelha a uma estrutura *if-else-then* em linguagem de programação. Na Figura 19, é mostrado um exemplo de um nó condicional dentro do jogo. O jogador, atualmente do elemento Pedra irá passar por um nó condicional que verifica se o seu elemento atual é Pedra. Se sim, ele irá se transformar no elemento Gelo; caso contrário, em Eletricidade.

## Código 1 – Pseudocódigo - Nó Condicional

```
Struct NoCondicional  
    Element elementoDeChecagem;  
    Element elementoVerdadeiro;  
    Element elementoFalso;  
end  
  
if jogador.elemento = no.elementoDeChecagem then  
    jogador.elemento <- no.elementoVerdadeiro;  
else  
    jogador.elemento <- no.elementoFalso;  
end
```



Figura 19 – Jogador conectado a um nó condicional

Fonte: Própria Autoria

Esteticamente, os nós condicionais são representados por um objeto tridimensional com uma temática tecnológica, afim de manter alinhado com a estética geral do jogo. Cada ponta do objeto apresenta um elemento representando as saídas verdadeira e falsa,

respectivamente e contextualizados por um efeito gráfico com cores verdes e vermelho. No centro, o elemento de checagem é posicionado.

O nó condicional passou por múltiplas iterações até atingir sua forma final. Durante todo o processo de *design*, houve tentativas de seguir o conceito de *affordance*, com o objetivo de tornar sua função clara e intuitiva. Apesar de não ter seguido critérios rigorosos de *design*, observou-se que resultado final não conseguiu transmitir a sua funcionalidade apenas pela aparência, assim, tendo espaço para melhorias.

### 3.2.6.2 Nó de laço

Diferente dos nós condicionais, os nós de laço (Figura 20) não possuem a propriedade de alterar diretamente o estado do jogador, mas são responsáveis por possibilitar que o jogador percorra um caminho cíclico utilizando outros nós.



Figura 20 – Nó de laço com duas cargas

Os nós de laço possuem duas formas de ligações: as arestas normais e arestas de laço. As arestas de laço permitem ligações entre nós, formando o escopo interno do laço, um caminho que será percorrido em *loop* pelo jogador. As arestas normais permitem a ligação do nó de laço com outros nós no escopo raiz do grafo. Na Figura 21 é possível observar um nó de laço conectado a um nó condicional através duas arestas de laço, ou seja, com um escopo interno de um nó. Nesse caso, o jogador percorreria o ciclo passando 2 vezes pelo nó condicional. A Figura 22 mostra o nó condicional após ser conectado com o jogador e o alvo no escopo raiz.

Os nós de laço representam uma estrutura simples de laço (*for* em linguagem de programação). O número de iterações são um valor inteiro e fixo. O estado interno do nó contém um contador, também inteiro, como um valor inicial igual ao número total de iterações e que é subtraído por um sempre que uma iteração chega ao fim da execução. A execução do nó de laço termina quando o contador chega a zero.

Visualmente, o nó de laço foi possivelmente o que apresentou a melhor *affordance*. Seu *design* remete a uma pilha de baterias, em que cada uma representa uma iteração do laço.





Figura 21 – Nó de laço com ciclo fechado com um nó condicional



Figura 22 – Nó de laço com ciclo fechado com um nó condicional e conexões com jogador e alvo

Ao que o laço é finalizado, uma carga é removida. Ao final, a ausência de cargas implica que o laço não tem mais energia para executar mais iterações.

### 3.2.7 Lista de Fases

Essa subseção irá listar cada uma das 4 fases que foram incluídas no MVP.

#### 3.2.7.1 Fase 1

A primeira fase do ElementAR tem como objetivo principal introduzir as mecânicas principais do jogo. O jogador deverá ser capaz de mover os nós do inventário para o campo e realizar as conexões. Para completar a fase com sucesso, só é necessário um dos nós disponibilizados no inventário. O nó sobressalente foi adicionado para incentivar o

jogador a tentar outras soluções, mesmo que incorretas. A Figura 23 apresenta o diagrama inicial da fase e a solução da mesma.

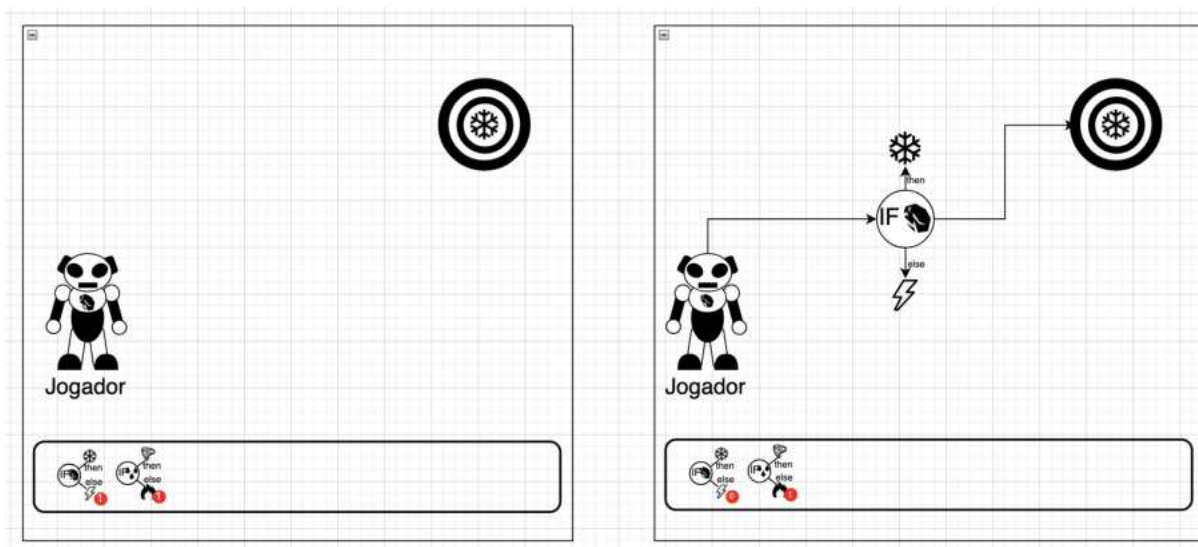


Figura 23 – Diagrama da Fase 1

### 3.2.7.2 Fase 2

A segunda fase traz um jogador e alvo com elementos diferentes da primeira fase. O inventário novamente contém 2 nós, porém com configurações diferentes. Para a solução correta, como mostrado na Figura 24, o jogador deverá fazer uso de todos os nós disponibilizados no inventário. Esta fase foi idealizada para conter uma única solução, incentivando o jogador a tentar diferentes configurações de conexões, até encontrar a correta.

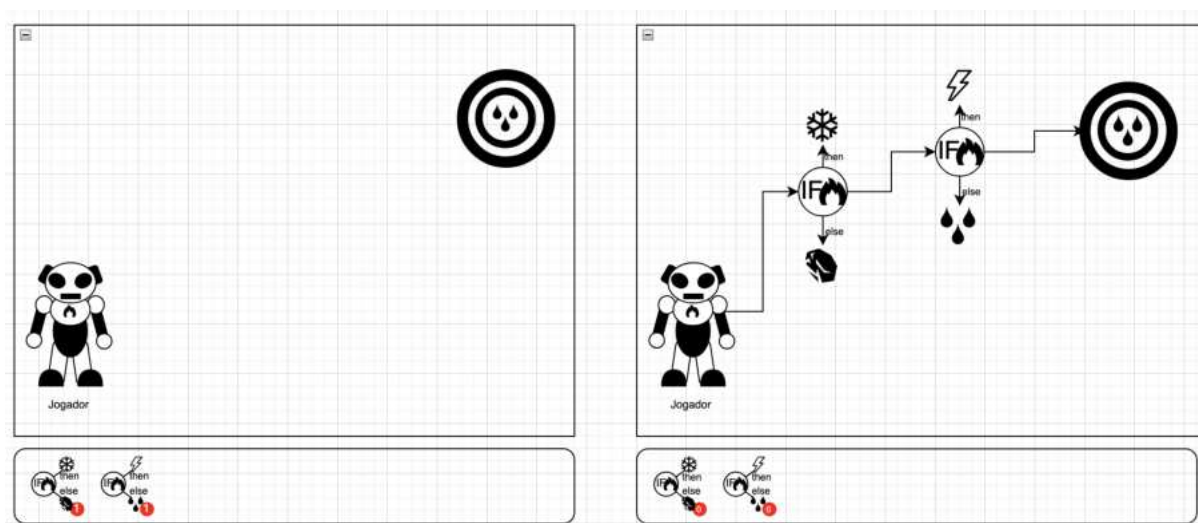


Figura 24 – Diagrama da Fase 2



### 3.2.7.3 Fase 3

A terceira fase introduz o nó de laço. Assim como na fase anterior, não é possível mudar o elemento do jogador para o elemento correto utilizando apenas um nó condicional. Como mostrado na Figura 25, o jogador deverá utilizar o nó de laço para executar o nó condicional duas vezes e alcançar o elemento correto.

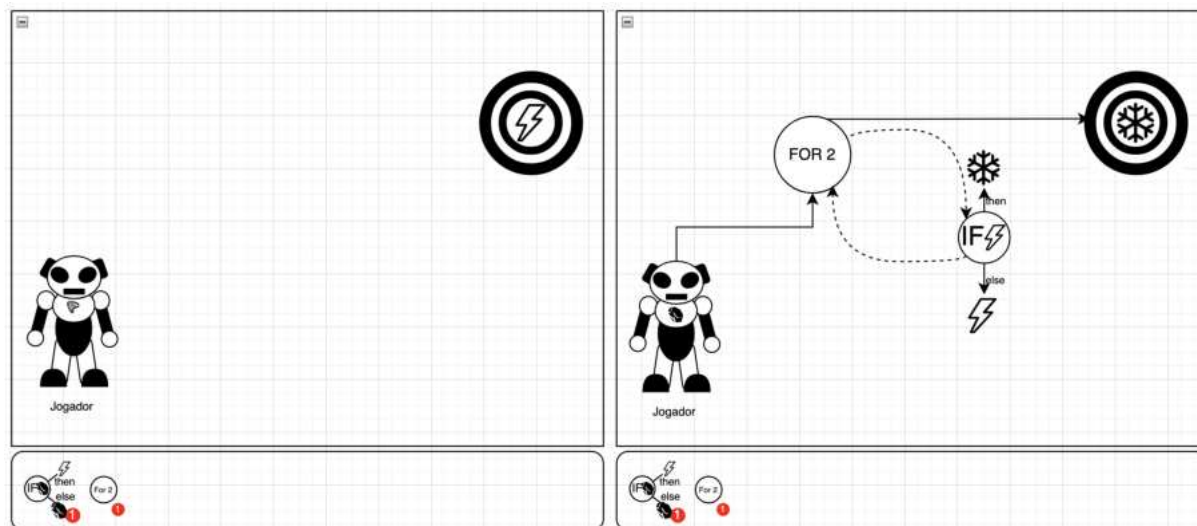


Figura 25 – Diagrama da Fase 3

### 3.2.7.4 Fase 4

A última fase do ElementAR une todas as mecânicas apresentadas nas fases anteriores. O jogador deverá ser capaz de utilizar tudo que foi ensinado previamente para alcançar a solução apresentada na Figura 26.

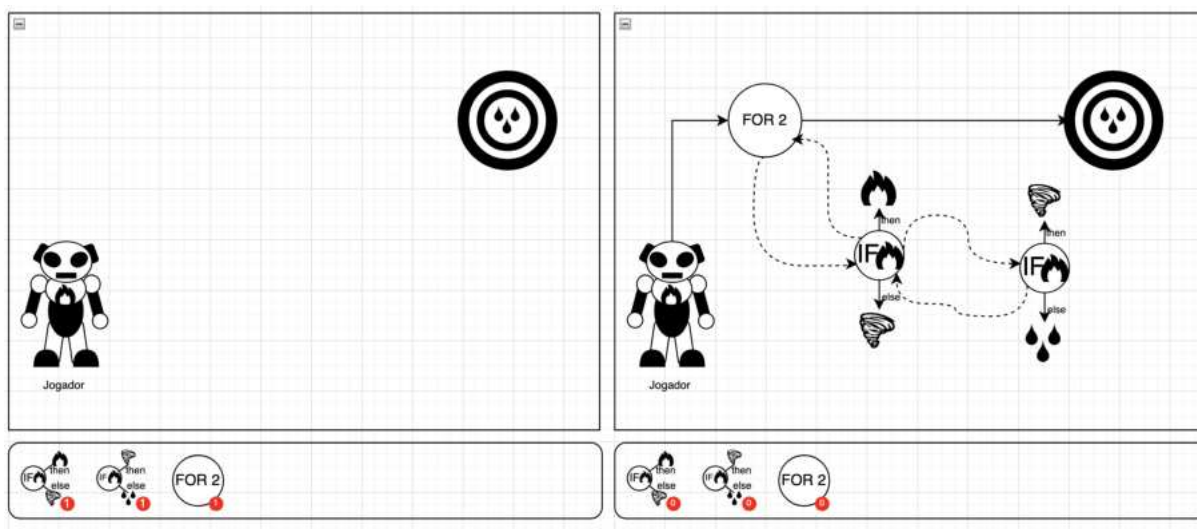


Figura 26 – Diagrama da Fase 4

## 4 AVALIAÇÃO

Para avaliação do jogo ElementAR, a ideia inicial era a utilização de um modelo específico para avaliação de jogos educacionais em realidade aumentada. Porém, durante a etapa de revisão bibliográfica, não foram encontrados modelos que atendessem a essa especificidade. A revisão bibliográfica foi realizada utilizando a base de dados Scopus. A busca foi realizada utilizando a string *TITLE-ABS-KEY ( ( educational AND game AND evaluation ) OR ( augmented AND reality AND educational AND games ) OR ( assessment AND model AND for AND ar AND games ) OR ( ar AND game AND evaluation AND framework ) )*, que procura por artigos cujo título, resumo ou palavras-chave contenham combinações dos termos separados pelo operador lógico OR na string de busca. Para essa aferição inicial, foi realizada uma leitura exploratória dos resumos (abstracts) dos artigos listados nas primeiras páginas dos resultados da busca. No entanto, não foram encontrados modelos que atendessem especificamente à interseção entre jogos educacionais e realidade aumentada.

A escolha pelo modelo MEEGA+ surgiu a partir de uma busca por trabalhos relacionados a jogos educacionais na base Pantheon da UFRJ. Esse modelo foi selecionado por oferecer uma abordagem sistemática para a avaliação de projetos de jogos educacionais voltados ao ensino de computação (BORGATTO, 2019).

O MEEGA+ contempla um formulário fixo de perguntas, com respostas em escala de Linkert, indo de Discordo Plenamente (valor "1") até Concordo Plenamente (valor "5"). Para esta avaliação, algumas perguntas foram removidas do modelo original, por abordarem características alheias ao *design* do jogo, principalmente as relacionadas a cooperatividade, visto que o ElementAR foi idealizado como um jogo a ser jogado em sessões individuais com um único jogador.

Além disso, foram adicionadas 4 perguntas livres, divididos em uma parte em escala de Linkert e outra parte discursiva, requisitando uma justificativa da escolha. E por fim, foi adicionado um espaço livre para críticas, sugestões e comentários em geral. O questionário final é apresentado no **Apêndice A** e o termo de compromisso no **Apêndice B**.

Para as perguntas livres, o objetivo principal foi coletar opiniões dos participantes quanto a efetividade do jogo como apoiador dos objetivos de ensino específicos e como a integração com realidade aumentada contribuiu para os mesmos.

A avaliação foi realizada de forma síncrona e presencial no dia 13 de junho de 2024, no Lab3D, no campus da UFRJ. Os participantes foram chamados individualmente para uma sala do laboratório, onde um orientador dava instruções sobre do que se tratava a avaliação e instruções de como jogar o jogo.

Ao todo, 7 participantes realizaram a avaliação do ElementAR. A maioria era composta por estudantes de graduação dos cursos de Ciência da Computação e Engenharia da

Computação. Não houve um processo de seleção para os participantes. A divulgação ocorreu de maneira informal, sendo amplificada por meio da comunicação entre integrantes do Lab3D. Por essa razão, esperava-se inicialmente a participação apenas de alunos da graduação; no entanto, devido à disponibilidade e interesse, a avaliação foi estendida para incluir também um aluno de mestrado.

## 4.1 RESULTADOS

Nessa seção, serão analisados os resultados da avaliação. Na Tabela 1 são mostradas as tendências centrais dos resultados de cada dimensão do MEEGA+.

Dimensão	Média	Moda	Mediana
Estética	3.9	4	4
Aprendizibilidade	3.6	3	4
Operabilidade	3.5	4	4
Acessibilidade	3.6	3	3.5
Proteção contra erros do usuário	3.4	4	3.5
Confiança	3.6	5	4
Desafio	4.5	5	5
Satisfação	4.2	5	5
Diversão	4.3	4	4
Atenção Focada	4	5	4
Relevância	3.9	5	4
Aprendizagem Percebida	3.8	5	4

Tabela 1 – Médias, Modas e Medianas das Dimensões

### 4.1.1 Estética

Essa dimensão trata de avaliar se a interface do jogo permite uma interação agradável e satisfatória com o usuário (BORGATTO, 2019). Analisando a mediana, percebemos que pelo menos metade dos participantes demonstraram **concordar**, sendo assim, uma dimensão bem avaliada. Podemos concluir que os participantes consideraram o *design* do jogo atraente e que o conjunto de texto, cor e fonte são consistentes.

A principal propriedade estética do jogo que pode ter angariado respostas positivas nesse quesito pode ter sido a utilização de modelos tridimensionais mesclados ao ambiente real pela realidade aumentada. Há também o fator de customização dos *assets* do jogo, que foram criados exclusivamente para o mesmo. Assim, possibilitando maior controle sobre a coerência visual dos elementos.

### 4.1.2 Aprendizibilidade

A Aprendizibilidade avalia se o jogo permite que os usuários aprendam a jogá-lo de forma fácil e rápida (BORGATTO, 2019). As tendências centrais mostram que a resposta mais comum foi a que usuários **Não Concordam e Nem Discordam**.

Esse é um resultado insatisfatório, porém esperado. Uma das funcionalidades cortadas para a versão de avaliação foi o tutorial em cada fase. Foi optado pela utilização de um documento de texto com descrições dos elementos principais do jogo. Assim, há possibilidade para melhoria nessa dimensão com a implementação de tutoriais.

### 4.1.3 Operabilidade

A Operabilidade avalia o grau em que um jogo possui atributos que facilitam a operação e o controle (BORGATTO, 2019). Metade dos participantes consideraram o jogo fácil de jogar, e as regras foram percebidas como claras e compreensíveis.

### 4.1.4 Acessibilidade

A Acessibilidade avalia se o jogo pode ser usado por pessoas com deficiência visual baixa/moderada e/ou com daltonismo (BORGATTO, 2019). Mais uma vez, a resposta mais popular foi **Não Concordo e Nem Discordo**.

A principal causa pelo resultado neutro dessa dimensão se dá pela integração da RA e por condições físicas do espaço em que a avaliação foi realizada. A mesa em que os participantes iriam utilizar para operar o jogo possuía propriedades refletivas, afetando a capacidade de detecção de planos. Assim, a alternativa foi colocar os elementos virtuais ancorados no chão, diminuindo consideravelmente a visão dos mesmos. Essa característica do ambiente poderia ter sido identificada por meio da realização de uma avaliação piloto, no entanto, optou-se por não realizá-lo a fim de simplificar o processo.

Apesar de ter havido esforço de tornar a estética do jogo acessíveis visualmente, alguns objetos passaram despercebidos e foram coloridos com cores inacessíveis para usuários com daltonismo.

### 4.1.5 Proteção contra erros do usuário

A Proteção contra erros do usuário avalia se o jogo protege os usuários de cometer erros (BORGATTO, 2019). Essa dimensão apresentou a menor média entre todas as outras, com a maioria dos jogadores respondendo serem **Neutros** a afirmação.

Esse era um resultado esperado. Apesar do jogo ter mecanismos para evitar alguns erros, ainda há espaço para melhorias nesse aspecto, principalmente relacionados aos nós de laços.

#### 4.1.6 Confiança

A Confiança avalia se os alunos são capazes de progredir no estudo do conteúdo educacional por meio de seu esforço e habilidade (BORGATTO, 2019). Analisando as tendências centrais, a média apresenta um valor entre neutro e bom. Já a moda, mostra que a resposta mais comum foi **Concordo Plenamente**. Assim, é possível concluir que a maioria dos participantes foi capaz de progredir, porém alguns encontraram dificuldades.

Apesar do resultado majoritariamente positivo, é insatisfatório que uma parcela de participantes não tenha se sentido confiante de que aprenderiam algo com o jogo. Como uma das perguntas dessa dimensão avalia a reação inicial dos jogadores, é possível que a falta de tutoriais iniciais também possa ser responsabilizado por esse resultado.

#### 4.1.7 Desafio

Essa dimensão avalia quanto o jogo é suficientemente desafiador em relação ao nível de competência do aluno. Novos obstáculos e situações devem ser apresentados ao longo do jogo para minimizar a fadiga e manter os alunos interessados (BORGATTO, 2019). As tendências centrais apontam que os participantes **Concordam Plenamente** com a afirmação.

Esse é um resultado positivo e que mostra que os participantes consideraram o jogo adequadamente desafiador e dinâmico para si e que a oferta de desafios é feita em um ritmo adequado. Podemos concluir que a separação do conteúdo em fases gradualmente mais difíceis alcançou o objetivo esperado.

#### 4.1.8 Satisfação

A Satisfação avalia se os alunos sentem que o esforço dedicado resultou em aprendizagem (BORGATTO, 2019). Esta dimensão obteve resultados positivos, visto que a moda e a mediana resultaram em **Concordam Plenamente**.

#### 4.1.9 Diversão

A diversão é a dimensão que visa avaliar a sensação de prazer, felicidade, relaxamento e distração dos alunos (BORGATTO, 2019). Pelo menos metade dos participantes afirmaram **Concordar**. Assim, é possível afirmar que o jogo evocou sentimentos positivos nos participantes.

#### 4.1.10 Atenção focada

A Atenção focada avalia a atenção, concentração focada, absorção e dissociação temporal dos alunos (BORGATTO, 2019). A moda das respostas foi **Concordo Plenamente**,

enquanto a mediana foi **Concordo**. Assim, é possível afirmar que o jogo conseguiu despertar o interesse dos jogadores a ponto de fazê-los perder a noção do tempo e do ambiente ao seu redor.

#### 4.1.11 Relevância

A Relevância avalia se os alunos percebem que a proposta educacional é consistente com seus objetivos e que podem vincular o conteúdo ao futuro profissional ou acadêmico (BORGATTO, 2019). Assim como a dimensão anterior, a resposta mais popular foi **Concordo Plenamente** e metade simplesmente **Concorda** com as perguntas. Logo, é possível afirmar que os alunos consideraram o jogo relevante para seus interesses acadêmicos e profissionais.

#### 4.1.12 Aprendizagem Percebida

A dimensão que avalia as percepções do efeito geral do jogo na aprendizagem dos alunos na disciplina (BORGATTO, 2019). Essa dimensão conta também com perguntas customizadas para os objetivos de aprendizado do ElementAR. Analisando as tendências centrais, a maioria dos jogadores **Concordam Completamente** com as afirmações sobre as percepções de aprendizagem. A média, porém, mostra um valor mais baixo. Assim, é interessante fazer uma análise individual dos resultados de algumas perguntas:

- **O jogo contribuiu para a minha aprendizagem na disciplina.**

Essa pergunta obteve os menores resultados da dimensão. Houve resultados nos ambos extremos, com participantes que **Concordaram Plenamente** e um que **Discordou Completamente**. A maioria, porém, afirmaram ser **Neutros** a essa afirmação.

Esses resultados foram consideravelmente insatisfatórios tendo em vista a natureza do projeto como apoiador do ensino de Pensamento Computacional.

- **O jogo foi eficiente para minha aprendizagem, em comparação com outras atividades da disciplina.**

Para essa, os resultados foram mais positivos. A maioria dos resultados foram **Neutro**, porém não houve avaliações menores que essa.

Apesar dos resultados principalmente neutros, alguns participantes consideraram a abordagem lúdica superior a abordagem tradicional da sala de aula.

- **O jogo contribuiu para criar algoritmos com um resultado esperado.**

Essa afirmação obteve resultados positivos. Mais da metade dos participantes tiveram respostas **Concordo** e superiores. Além da avaliação de 5 pontos, essa pergunta contou com uma parte de justificativa.

Algumas afirmações notáveis são "O jogo consegue deixar claro a importância de condicionais e laços de repetição de forma clara" e "O jogo ajuda a criar a ideia do resultado do algoritmo enquanto o constrói".

- **O jogo contribuiu para decompor problemas maiores em partes menores.**

Essa afirmação também obteve resultados positivos. A maioria dos participantes responderam que **Concordam** e **Concordam Plenamente**.

Alguns apontamentos dos participantes incluem "Os elementos do jogo conseguiram apresentar bem a lógica condicional. A modificação da forma do boneco para elementos deixa claro o que está acontecendo.", "Precisei pensar analiticamente para resolver o problema" e "É possível pensar em cada parte do código".

- **A realidade aumentada contribuiu para o ensino mais do que se fosse um jogo digital tradicional.**

Essa afirmação apresentou resultados mistos. Mais da metade dos participantes responderam **Concordar** com a afirmação, também houve respostas neutras e discordantes.

Os apontamentos incluem "Acredito que apesar dela ajudar na questão de pontos de visão na resolução dos puzzle, não acho que a realidade aumentada tenha sido um diferencial.", "Um jogo tradicional poderia ter feito o mesmo, porém por ser realidade aumentada, algo mais incomum, instiga mais a querer se manter jogando."

- **Jogar com elementos integrados a um ambiente real e familiar contribuiu para a experiência de aprender.**

Essa afirmação apresentou resultados majoritariamente neutros, resposta dada por mais da metade dos participantes.

Alguns comentários incluem: "Isso não afetou minha experiência no jogo.", "Acredito que pelo menos para mim foi indiferente o ambiente, acredito que o *design* dos objetos e o personagem, mesmo simples tornaram o jogo em si mais agradável.", "Ambientes assim são mais confortáveis para o aprender do que salas de aula".

Analisando as afirmações das duas últimas perguntas, pode-se concluir que os participantes apreciaram a experiência de jogar o ElementAR como apoiador de ensino, mas não consideraram a integração com realidade aumentada relevante para experiência e que um jogo tradicional teria o mesmo efeito.

## 4.2 AMEAÇAS À VALIDADE

Devido a limitações de tempo e formato síncrono da avaliação, algumas particularidades da execução da avaliação põem em cheque a validade do mesmo. Dentre algumas, o perfil homogêneo dos participantes, em que 83% eram estudantes da graduação e apenas

um participante era estudante de mestrado. O número total de participantes também pode ser considerado insuficiente para trabalhos mais complexos, porém, devido a natureza do mesmo, este número pode ser considerado satisfatório.

### 4.3 FEEDBACKS PONTUAIS

Consumindo as respostas justificatórias e comentários registrados durante a avaliação, é interessante notar alguns apontamentos feitos pelos participantes.

#### 4.3.1 UI/UX

Houve comentários relacionados à interface de usuário e à experiência. Um participante notou que o botão de reiniciar a fase se confundia com um botão de ação *play*. Essa confusão, segundo ele, ocorria devido à posição do botão no layout geral e à sua cor. Essa falha de *design* foi observada e, para solucioná-la, foi sugerida a substituição por um menu colapsável.

Outra falha de *design* observada nas seções de avaliação, apontada diretamente por alguns participantes, foi relacionada à construção de laços. Muitos participantes demonstraram dificuldade em montá-los corretamente. O principal ponto de confusão era que os nós de laço representavam os pontos de entrada e saída de um *loop*. Alguns tentaram conectar o jogador dentro do corpo do laço, enquanto outros esperavam que o jogador pudesse entrar em qualquer elemento dentro do corpo do laço.

#### 4.3.2 Acessibilidade

Uma falha de acessibilidade apontada por um dos participantes foi a escolha de cores para as arestas que conectam os nós. As cores verdes e vermelhas são difíceis de distinguir para pessoas com daltonismo, especialmente aquelas com protanopia ou deuteranopia. Isso pode tornar a compreensão das conexões e do fluxo de informações entre os nós mais desafiadora para esses usuários, comprometendo a acessibilidade do sistema.

Uma alternativa para solução desse problema seria a implementação de um "Modo Daltônico", presente em alguns jogos. Porém, é importante notar que algumas versões do sistema operacional Android possuem um modo daltonismo como funcionalidade nativa, podendo ser habilitado nas configurações.



## 5 CONCLUSÃO

Este capítulo apresenta uma recapitulação do conteúdo apresentado e considerações finais deste trabalho, destacando os principais resultados obtidos a partir da aplicação do MEEGA+ e das observações realizadas durante o desenvolvimento e a avaliação do ElementAR. Além disso, serão discutidas as percepções dos alunos em relação a abordagem em jogo educacional em RA para apoiar o ensino de PC. Por fim, são sugeridas possíveis direções para trabalhos futuros, visando ampliar o impacto e a aplicabilidade desta iniciativa.

O PC, caracterizado por habilidades como decomposição, reconhecimento de padrões, abstração e algoritmos, é fundamental para a resolução de problemas e o desenvolvimento criativo em diversas áreas. Com o avanço tecnológico e o nível técnico cada vez mais complexo exigido pelas empresas, surgiu a necessidade de desenvolver formas de apresentar conteúdos de PC que melhor se adequassem a forma de pensar das novas gerações. A RA, por sua vez, combina elementos virtuais com o mundo real, criando um ambiente interativo e imersivo que potencializa o aprendizado ativo e engajador. Assim, surgiu a ideia de desenvolver um jogo educacional em RA que apoiasse o ensino de PC.

O principal objetivo do ElementAR foi criar um jogo educacional utilizando integração em RA de forma a combinar jogabilidade interativa com conceitos fundamentais de programação, visando aumentar o engajamento dos estudantes e facilitar o aprendizado. O processo de concepção do ElementAR foi guiado pelo Endo-GDC (XEXÉO; TAUCEI, 2021), um modelo de *canvas* voltado para o desenvolvimento de jogos educacionais endógenos.

Para aferir a efetividade do ElementAR como jogo educacional, foi utilizado o modelo de questionário MEEGA+, que se mostrou um instrumento confiável para avaliar a efetividade de um jogo sério. A divisão em categorias e perguntas em escala em Linkert permitiram obter *feedback* significativo sobre os pontos fortes e fracos do ElementAR.

Em relação aos resultados da avaliação, pode-se perceber que os alunos mostraram uma resposta positiva quanto a uma abordagem lúdica ao ensino de PC, a considerando superior às formas de ensino tradicional. O mesmo porém, não pode ser dito sobre o uso de RA. A percepção principalmente neutra relatada pelos alunos quanto ao impacto motivacional da RA sugere que, embora a tecnologia traga inovação, seu uso isolado não necessariamente garante uma maior motivação no processo de aprendizado.

Apesar do ElementAR não ter cumprido seu objetivo de proporcionar uma experiência superior de apoio ao ensino pela utilização de RA, isso não significa que a tecnologia deva ser completamente desconsiderada em trabalhos futuros. Futuras versões do ElementAR deverão incluir alterações baseadas nos *feedbacks* coletados durante a avaliação do MVP:

- Completa revisão da *interface* gráfica.
- Inclusão de tutoriais interativos sempre que uma nova mecânica é introduzida.
- Ajustes no esquema de cores visando acessibilidade para pessoas com diferentes tipos de daltonismo.
- Refinamento e correção de erros nos controles e integração com a RA.
- Revisão do *design* de nós condicionais para maior *affordance*.
- Integração de narrativa visual por meio de *cutscenes* ilustradas e diálogos.

Após a implementação das mudanças citadas acima, deverá ser realizada uma nova avaliação. A reavaliação não só permitirá verificar a eficácia das alterações feitas, mas também proporcionará uma oportunidade para identificar eventuais novos pontos de melhoria. A avaliação também sofrerá alterações para proporcionar não só um ambiente mais adequado para a experiência em RA, mas como também deseja-se incluir um grupo maior e mais diverso de participantes, que melhor se adéquem ao público alvo do ElementAR.

Além disso, espera-se que a versão MVP do ElementAR contribua para trabalhos futuros como um guia do que funcionou e o que não funcionou no desenvolvimento de um jogo em RA educativo.

Podem também ser feitos acréscimos no escopo inicial do ElementAR com a inclusão de conceitos avançados de PC. Por exemplo, poderia-se incluir conceitos de POO adicionando mais atributos ao jogador, além dos elementos. Outros conceitos que também podem ser incluídos são estruturas de dados e programação concorrente.

## REFERÊNCIAS

AHO, A. V.; ULLMAN, J. D. **Foundations of Computer Science: C Edition**. [S.l.]: Freeman, 1992.

AKÇAYIR, M.; AKÇAYIR, G. Advantages and challenges associated with augmented reality for education: A systematic review of the literature. **Educational Research Review**, v. 20, p. 1–11, 2017. ISSN 1747-938X. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1747938X16300616>.

AZUMA, R. T. A survey of augmented reality. **Presence: teleoperators & virtual environments**, MIT Press One Rogers Street, Cambridge, MA 02142-1209, USA journals-info . . . , v. 6, n. 4, p. 355–385, 1997.

BBC Education. **What is computational thinking? - introduction to computational thinking - KS3 computer science revision - BBC bitesize**. BBC, 2015. Disponível em: <http://www.bbc.co.uk/education/guides/zp92mp3/revision>.

BORGATTO, G. P. e Christiane von Wangenheim e A. Meega+: Um modelo para a avaliação de jogos educacionais para o ensino de computação. **Revista Brasileira de Informática na Educação**, v. 27, n. 03, p. 52–81, 2019. ISSN 2317-6121. Disponível em: <http://milanesa.ime.usp.br/rbie/index.php/rbie/article/view/v27n035281>.

BRACKMANN, C. **DESENVOLVIMENTO DO PENSAMENTO COMPUTACIONAL ATRAVÉS DE ATIVIDADES DESPLUGADAS NA EDUCAÇÃO BÁSICA**. Tese (Doutorado) — Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 08 2017. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10183/172208>.

BRASSCOM. **Demanda de Talentos em tic e estratégia TCEM**. Brasscom, 2022. Disponível em: <https://brasscom.org.br/pdfs/demanda-de-talentos-em-tic-e-estrategia-tcem/>.

BURDEA, G. C.; COIFFET, P. **Virtual reality technology**. [S.l.]: John Wiley & Sons, 2003.

CHIN, M. File not found. **The Verge**, Sep 2021. Disponível em: <https://www.theverge.com/22684730/students-file-folder-directory-structure-education-gen-z>.

DCC - UFRJ. **Computação I (CC) - MAB120**. 2023. Acessado em 19/09/2024. Disponível em: [https://dcc.ufrj.br/attachments/article/377/Computac%CC%A7a%CC%83o%20I%20\(CC\)%20-%20MAB120.pdf](https://dcc.ufrj.br/attachments/article/377/Computac%CC%A7a%CC%83o%20I%20(CC)%20-%20MAB120.pdf).

DELL Technologies. **Gen Z: The future has arrived**. 2018. Disponível em: <https://www.dell.com/en-us/dt/perspectives/gen-z.htm#>.

DENNING, P. J. The profession of itbeyond computational thinking. **Communications of the ACM**, v. 52, n. 6, p. 28–30, Jun 2009.

Dynamix, S. **The Incredible Machine**. 1993.

ECK, R. V. Digital game based learning it's not just the digital natives who are restless. **EDUCAUSE**, v. 41, 01 2006.

FRED. **Was there a tech-hiring bubble?** 2025. Disponível em: [https://fredblog.stlouisfed.org/2023/03/was-there-a-tech-hiring-bubble/?utm\\_source=series\\_page&utm\\_medium=related\\_content&utm\\_term=related\\_resources&utm\\_campaign=fredblog](https://fredblog.stlouisfed.org/2023/03/was-there-a-tech-hiring-bubble/?utm_source=series_page&utm_medium=related_content&utm_term=related_resources&utm_campaign=fredblog).

FURIÓ, D. et al. Mobile learning vs. traditional classroom lessons: a comparative study. **Journal of Computer Assisted Learning**, v. 31, n. 3, p. 189–201, 2015. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/jcal.12071>.

GOG.COM. **The incredible machine mega pack**. 2001. Acessado em 25/09/2024. Disponível em: [https://www.gog.com/en/game/the\\_incredible\\_machine\\_mega\\_pack](https://www.gog.com/en/game/the_incredible_machine_mega_pack).

HUIZINGA, J. **Homo Ludens: A Study of the Play-Element in Culture**. Boston, MA: Beacon Press, 1955.

HUNICKE, R. et al. Mda: A formal approach to game design and game research. In: SAN JOSE, CA. **Proceedings of the AAAI Workshop on Challenges in Game AI**. [S.l.], 2004. v. 4, n. 1, p. 1722.

INEP. **Computação - Complemento a BNCC**. 2022. Disponível em: [http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com\\_docman&view=download&alias=236791-anexo-ao-parecer-cneceb-n-2-2022-bncc-computacao&category\\_slug=fevereiro-2022-pdf&Itemid=30192](http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=236791-anexo-ao-parecer-cneceb-n-2-2022-bncc-computacao&category_slug=fevereiro-2022-pdf&Itemid=30192).

INEP. **Censo da Educação Superior de 2022, DO INEP**. 2023. Disponível em: [https://download.inep.gov.br/educacao\\_superior/censo\\_superior/documentos/2022/apresentacao\\_censo\\_da\\_educacao\\_superior\\_2022.pdf](https://download.inep.gov.br/educacao_superior/censo_superior/documentos/2022/apresentacao_censo_da_educacao_superior_2022.pdf).

JESIONKOWSKA, J.; WILD, F.; DEVAL, Y. Active learning augmented reality for steam education—a case study. **Education Sciences**, v. 10, n. 8, 2020. ISSN 2227-7102. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2227-7102/10/8/198>.

JUUL, J. **Half-Real: Video Games between Real Rules and Fictional Worlds**. Cambridge, MA: MIT Press, 2005. ISBN 9780262516518.

MAAS, M. J.; HUGHES, J. M. Virtual, augmented and mixed reality in k–12 education: A review of the literature. **Technology, Pedagogy and Education**, v. 29, n. 2, p. 231–249, Mar 2020.

MICHAEL, D.; CHEN, S. Serious games: Games that educate, train, and inform. 01 2006.

Microsoft. **VS Code**. 2015. Acessado em 10/11/2024. Disponível em: <https://code.visualstudio.com/>.

MILGRAM, P. et al. Augmented reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum. **Telemanipulator and Telepresence Technologies**, v. 2351, 01 1994.

MIT. 2003. Acessado em 10/11/2024. Disponível em: <https://scratch.mit.edu/>.

Newzoo. 2023. Acessado em 25/10/2024. Disponível em: <https://newzoo.com/resources/blog/the-latest-games-market-size-estimates-and-forecasts>.

OLIVEIRA, H. Z. e C. Práticas de ensino de programação de computadores com robótica pedagógica e aplicação de pensamento computacional. **Anais dos Workshops do Congresso Brasileiro de Informática na Educação**, v. 4, n. 1, p. 1236, 2015. ISSN 2316-8889. Disponível em: <http://milanesa.ime.usp.br/rbie/index.php/wcbie/article/view/6268>.

PRENSKY, M. Digital game-based learning. **Comput. Entertain.**, Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, v. 1, n. 1, p. 21, out. 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.1145/950566.950596>.

PTC Inc. 2015. Acessado em 10/11/2024. Disponível em: <https://developer.vuforia.com/>.

SCHEZ-SOBRINO, S. et al. Robotic: A serious game based on augmented reality for learning programming. **Multimedia Tools and Applications**, v. 79, n. 45–46, p. 34079–34099, Jul 2020.

SOCIETY, A.; OECD. **Teaching for Global Competence in a Rapidly Changing World**. [s.n.], 2018. 40 p. Disponível em: <https://www.oecd-ilibrary.org/content/publication/9789264289024-en>.

TAUCEI, B. B. Endo-gdc: Desenvolvimento de um game design canvas para concepção de jogos educativos endógenos. **Pantheon**, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Sep 2019. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11422/14052>.

UFKES, A.; FIALA, M. A markerless augmented reality system for mobile devices. In: **2013 International Conference on Computer and Robot Vision**. [S.l.: s.n.], 2013. p. 226–233.

Unity. **Unity Engine**. 2005. Acessado em 10/11/2024. Disponível em: <https://unity.com/>.

WING, J. M. Computational thinking. **Commun. ACM**, Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, v. 49, n. 3, p. 33–35, mar 2006. ISSN 0001-0782. Disponível em: <https://doi.org/10.1145/1118178.1118215>.

WING, J. M. **Computational Thinking Benefits Society**. 2014. Disponível em: <http://socialissues.cs.toronto.edu/index.html%3Fp=279.html>.

WINN, B. M. The design, play, and experience framework. In: . [s.n.], 2009. Disponível em: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:17093595>.

XEXÉO, G. et al. O que são jogos - uma introdução ao objeto de estudo do ludes. 2017.

XEXÉO, G.; TAUCEI, B. Endo-gdc: Projetando jogos educacionais. In: \_\_\_\_\_. [S.l.: s.n.], 2021. p. 154–203. ISBN 9786587003726.

**APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DO ELEMENTAR**

Pergunta 1. Você concorda em participar da avaliação do jogo ElementAR?

- a) Sim
- b) Não

Pergunta 2. Nome

Pergunta 3. Faixa Etária

- a) Menor que 18 anos
- b) 18 a 28 anos
- c) 29 a 39 anos
- d) 40 a 50 anos
- e) Acima de 50 anos

Pergunta 4. Sexo

- a) Masculino
- b) Feminino
- c) Prefiro não declarar

Pergunta 5. Curso de Graduação

Pergunta 6. Já jogou jogos em Realidade Aumentada?

- a) Sim
- b) Não

Pergunta 7. O design do jogo é atraente (interface, gráficos, tabuleiro, cartas, etc.).

Discordo Totalmente - 1 2 3 4 5 - Concordo Totalmente

Pergunta 8. Os textos, cores e fontes combinam e são consistentes.

Discordo Totalmente - 1 2 3 4 5 - Concordo Totalmente

Pergunta 9. Eu precisei aprender poucas coisas para poder começar a jogar o jogo.

Discordo Totalmente - 1 2 3 4 5 - Concordo Totalmente

Pergunta 10. Aprender a jogar este jogo foi fácil para mim.

Discordo Totalmente - 1 2 3 4 5 - Concordo Totalmente

Pergunta 11. Eu acho que a maioria das pessoas aprenderiam a jogar este jogo rapidamente.

Discordo Totalmente - 1 2 3 4 5 - Concordo Totalmente

Pergunta 12. Eu considero que o jogo é fácil de jogar.

Discordo Totalmente - 1 2 3 4 5 - Concordo Totalmente

Pergunta 13. As regras do jogo são claras e compreensíveis.

Discordo Totalmente - 1 2 3 4 5 - Concordo Totalmente

Pergunta 14. As fontes (tamanho e estilo) utilizadas no jogo são legíveis.

Discordo Totalmente - 1 2 3 4 5 - Concordo Totalmente

Pergunta 15. As cores utilizadas no jogo são compreensíveis.

Discordo Totalmente - 1 2 3 4 5 - Concordo Totalmente

Pergunta 16. O jogo permite personalizar a aparência (fonte e/ou cor) conforme a minha necessidade.

Discordo Totalmente - 1 2 3 4 5 - Concordo Totalmente

Pergunta 17. O jogo me protege de cometer erros.

Discordo Totalmente - 1 2 3 4 5 - Concordo Totalmente

Pergunta 18. Quando eu cometo um erro é fácil de me recuperar rapidamente.

Discordo Totalmente - 1 2 3 4 5 - Concordo Totalmente

Pergunta 19. Quando olhei pela primeira vez o jogo, eu tive a impressão de que seria fácil para mim.

Discordo Totalmente - 1 2 3 4 5 - Concordo Totalmente

Pergunta 20. A organização do conteúdo me ajudou a estar confiante de que eu iria aprender com este jogo.

Discordo Totalmente - 1 2 3 4 5 - Concordo Totalmente

Pergunta 21. Este jogo é adequadamente desafiador para mim.

Discordo Totalmente - 1 2 3 4 5 - Concordo Totalmente

Pergunta 22. O jogo oferece novos desafios (oferece novos obstáculos, situações ou variações) com um ritmo adequado.

Discordo Totalmente - 1 2 3 4 5 - Concordo Totalmente

Pergunta 23. O jogo não se torna monótono nas suas tarefas (repetitivo ou com tarefas chatas).

Discordo Totalmente - 1 2 3 4 5 - Concordo Totalmente

Pergunta 24. Completar as tarefas do jogo me deu um sentimento de realização.

Discordo Totalmente - 1 2 3 4 5 - Concordo Totalmente

Pergunta 25. É devido ao meu esforço pessoal que eu consigo avançar no jogo.

Discordo Totalmente - 1 2 3 4 5 - Concordo Totalmente

Pergunta 26. Me sinto satisfeito com as coisas que aprendi no jogo.

Discordo Totalmente - 1 2 3 4 5 - Concordo Totalmente

Pergunta 27. Eu recomendaria este jogo para meus colegas.

Discordo Totalmente - 1 2 3 4 5 - Concordo Totalmente

Pergunta 28. Eu pude interagir com outras pessoas durante o jogo.

Discordo Totalmente - 1 2 3 4 5 - Concordo Totalmente

Pergunta 29. O jogo promove momentos de cooperação e/ou competição entre os jogadores.

Discordo Totalmente - 1 2 3 4 5 - Concordo Totalmente

Pergunta 30. Eu me diverti com o jogo.

Discordo Totalmente - 1 2 3 4 5 - Concordo Totalmente

Pergunta 31. Aconteceu alguma situação durante o jogo (elementos do jogo, competição, etc.) que me fez sorrir.

Discordo Totalmente - 1 2 3 4 5 - Concordo Totalmente



Pergunta 32. Houve algo interessante no início do jogo que capturou minha atenção.

Discordo Totalmente - 1 2 3 4 5 - Concordo Totalmente

Pergunta 33. Eu estava tão envolvido no jogo que eu perdi a noção do tempo.

Discordo Totalmente - 1 2 3 4 5 - Concordo Totalmente

Pergunta 34. Eu esqueci sobre o ambiente ao meu redor enquanto jogava este jogo.

Discordo Totalmente - 1 2 3 4 5 - Concordo Totalmente

Pergunta 35. O conteúdo do jogo é relevante para os meus interesses.

Discordo Totalmente - 1 2 3 4 5 - Concordo Totalmente

Pergunta 36. É claro para mim como o conteúdo do jogo está relacionado com a disciplina.

Discordo Totalmente - 1 2 3 4 5 - Concordo Totalmente

Pergunta 37. O jogo é um método de ensino adequado para esta disciplina.

Discordo Totalmente - 1 2 3 4 5 - Concordo Totalmente

Pergunta 38. Eu prefiro aprender com este jogo do que de outra forma (outro método de ensino).

Discordo Totalmente - 1 2 3 4 5 - Concordo Totalmente

Pergunta 39. O jogo contribuiu para a minha aprendizagem na disciplina.

Discordo Totalmente - 1 2 3 4 5 - Concordo Totalmente

Pergunta 40. O jogo foi eficiente para minha aprendizagem, em comparação com outras atividades da disciplina.

Discordo Totalmente - 1 2 3 4 5 - Concordo Totalmente

Pergunta 41. O jogo contribuiu para criar algoritmos com um resultado esperado

a) Justifique a sua resposta:

Pergunta 42. O jogo contribuiu para decompor problemas maiores em partes menores

a) Justifique a sua resposta:

Pergunta 43. A realidade aumentada contribuiu para o ensino mais do que se fosse um jogo digital tradicional

a) Justifique a sua resposta:

Pergunta 44. Jogar com elementos integrados a um ambiente real e familiar contribuiu para a experiência de aprender

a) Justifique a sua resposta:

Pergunta 45. Espaço livre para sugestões e críticas

## APÊNDICE B – TERMO DE COMPROMISSO DA AVALIAÇÃO DO ELEMENTAR

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Olá,

Eu sou Gabriel Aureo, discente da UFRJ, do curso de Ciência da Computação. Estou realizando uma pesquisa sobre o uso do jogo ElementAR como forma de apoiar o ensino de Pensamento Computacional utilizando realidade aumentada.

Escolhemos a sua participação porque recentemente você jogou o jogo ElementAR em um curso de pós-graduação ou graduação.

Sua participação é muito importante para a implementação dessa pesquisa, mas a pesquisa é feita de forma voluntária, então saiba que você pode desistir a qualquer momento caso não queira mais fazer parte da pesquisa.

Essa pesquisa se propõe analisar as vantagens e desvantagens do uso do ElementAR como forma de apoio ao ensino de Pensamento Computacional, em comparação com métodos tradicionais, como um curso em sala de aula, onde professor apresenta a matéria por meio de palestras.

A atividade a ser realizada nessa pesquisa é o preenchimento de um formulário tem 47 perguntas rápidas, e dura aproximadamente 5 a 10 minutos.

As informações pertencentes a esse estudo poderão ser analisados por especialistas autorizados, mas de forma codificada, visando a privacidade e confidencialidade da sua identidade. Garantimos que na eventual publicação dos dados e resultados do estudo o seu nome será ocultado.

Os procedimentos dessa pesquisa seguirão rigorosamente as normas indicadas pela Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD, Lei nº 13.709/2018). O formulário é anônimo e nem os pesquisadores, nem os respondentes, nem terceiros, são capazes de relacionar uma resposta a uma pessoa.

As despesas necessárias para a realização dessa pesquisa não estão sob sua responsabilidade, mas também não haverá alguma compensação financeira pela sua participação. Obrigado pela leitura dessas informações e por sua participação!

Se você concordar em participar, por favor responda SIM a próxima pergunta.

Obs: apesar do Google Forms às vezes conhecer seu e-mail, ele é "not shared", ou seja "não compartilhado", e não é coletado pela pesquisa.