



**INSTITUTO LATINO-AMERICANO DE
CIÊNCIAS DA VIDA E DA NATUREZA**

ENGENHARIA FÍSICA

**“EUREKA A!”: UM JOGO PEDAGÓGICO PARA EXPLORAR OS HERÓIS DA
CIÊNCIA E SUAS CONTRIBUIÇÕES HISTÓRICAS**

NÍCOLAS IUNOVICH KÖNIG

Foz do Iguaçu
2023

**“EUREKA AI!”: UM JOGO PEDAGÓGICO PARA EXPLORAR OS HERÓIS DA CIÊNCIA
E SUAS CONTRIBUIÇÕES HISTÓRICAS**

NÍCOLAS IUNOVICH KÖNIG

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Latino-Americano de Ciências da Vida e da Natureza da Universidade Federal da Integração Latino-Americana, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Física.

Orientadora: Profa. Dra. Maria das Graças Cleophas

Coorientador: Prof. Dr. Raphael Fortes Infante Gomes

Foz do Iguaçu
2023


NÍCOLAS IUNOVICH KÖNIG

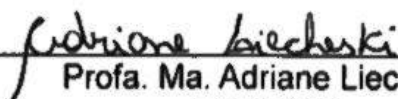
**"EUREKA AII!": UM JOGO PEDAGÓGICO PARA EXPLORAR OS HERÓIS DA CIÊNCIA
E SUAS CONTRIBUIÇÕES HISTÓRICAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Latino-Americano de Ciências da Vida e da Natureza da Universidade Federal da Integração Latino-Americana, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Física.

BANCA EXAMINADORA


Orientadora: Profa. Dra. Maria das Graças Cleophas Porto
UNILA


Coorientador: Prof. Dr. Raphael Fortes Infante Gomes
UNILA


Profa. Ma. Adriane Liecheski
SEED/PR


Prof. Dr. Marcelo Nepomoceno Kapp
UNILA

Foz do Iguaçu, 16 de junho de 2023.

TERMO DE SUBMISSÃO DE TRABALHOS ACADÊMICOS

Nome completo do autor: Nícolas lunovich König

Curso: Engenharia Física

| | | Tipo de Documento |
|---|--|-------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> graduação | <input type="checkbox"/> artigo | |
| <input type="checkbox"/> especialização | <input checked="" type="checkbox"/> trabalho de conclusão de curso | |
| <input type="checkbox"/> mestrado | <input type="checkbox"/> monografia | |
| <input type="checkbox"/> doutorado | <input type="checkbox"/> dissertação | |
| | <input type="checkbox"/> tese | |
| | <input type="checkbox"/> CD/DVD – obras audiovisuais | |
| | <input type="checkbox"/> _____ | |

Título do trabalho acadêmico: “EUREKA AI!”: UM JOGO PEDAGÓGICO PARA EXPLORAR OS HERÓIS DA CIÊNCIA E SUAS CONTRIBUIÇÕES HISTÓRICAS

Nome da orientadora: Maria das Graças Cleophas Porto

Nome do coorientador: Raphael Fortes Infante Gomes

Data da Defesa: 16/06/2023

Licença não-exclusiva de Distribuição

O referido autor(a):

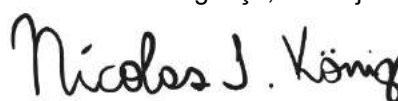
a) Declara que o documento entregue é seu trabalho original, e que o detém o direito de conceder os direitos contidos nesta licença. Declara também que a entrega do documento não infringe, tanto quanto lhe é possível saber, os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade.

b) Se o documento entregue contém material do qual não detém os direitos de autor, declara que obteve autorização do detentor dos direitos de autor para conceder à UNILA – Universidade Federal da Integração Latino-Americana os direitos requeridos por esta licença, e que esse material cujos direitos são de terceiros está claramente identificado e reconhecido no texto ou conteúdo do documento entregue.

Se o documento entregue é baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não a Universidade Federal da Integração Latino-Americana, declara que cumpriu quaisquer obrigações exigidas pelo respectivo contrato ou acordo.

Na qualidade de titular dos direitos do conteúdo supracitado, o autor autoriza a Biblioteca Latino-Americana – BIUNILA a disponibilizar a obra, gratuitamente e de acordo com a licença pública *Creative Commons Licença 3.0 Unported*.

Foz do Iguaçu, 19 de junho de 2023.



Assinatura do Responsável

Dedico este trabalho a todos aqueles a quem
essa pesquisa possa ajudar de alguma
forma.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, gostaria de expressar minha eterna gratidão à minha família por seu amor, incentivo e incentivo em todas as fases da minha vida acadêmica. Sem o seu empenho, compreensão e incentivo, esta jornada não teria sido possível.

Aos amigos que estiveram comigo nessa jornada. Compartilhando momentos de aprendizado, descontração e amizade, agradeço de coração.

Aos professores que, com sua sabedoria e dedicação, contribuíram para o meu desenvolvimento acadêmico e pessoal. Vocês foram fundamentais no desenvolvimento de minhas aptidões e conhecimentos, formando-me como profissional e cidadão.

Aos meus colegas de turma pela partilha de experiências, conhecimentos e cooperação. Derrotamos as dificuldades juntos e alcançamos nossos objetivos.

Agradeço aos professores avaliadores por todos os comentários e sugestões. Eles foram grandiosos para o meu processo formativo.

Aprazer de expressar meu amor e gratidão à minha namorada. Você tem sido meu refúgio, meu encorajamento e minha inspiração ao longo desta jornada, e serei perpetuamente grato.

Por fim, gostaria de expressar meus agradecimentos especiais aos meus orientadores que foram fundamentais para a conclusão bem-sucedida deste Trabalho de Conclusão de Curso. Conselhos, paciência, críticas construtivas e suas experiências foram fundamentais para o desenvolvimento e aperfeiçoamento deste projeto. Obrigado por compartilhar seus conhecimentos e experiências e acreditar no meu potencial mesmo nesses tempos incertos.

*Os nossos pais amam-nos porque somos
seus filhos, é um fato inalterável. Nos momentos
de sucesso, isso pode parecer irrelevante,
mas nas ocasiões de fracasso,
oferecem um consolo e uma segurança
que não se encontram em qualquer outro lugar.*

Bertrand Russell

RESUMO

A integração entre educação e tecnologia tornou-se uma necessidade no século XXI, com os avanços tecnológicos alavancando o cenário educacional. A imprescindibilidade de planejar os alunos para o futuro digital e promover o pensamento crítico e desenvolvimento cognitivo requer englobar a tecnologia no processo de aprendizagem. Este trabalho possui como foco a exploração e utilização de inteligências artificiais como aporte para construir uma ferramenta pedagógica. Portanto, o objetivo do presente trabalho foi o desenvolvimento de um jogo pedagógico, denominado “Eureka AI!”, utilizando duas inteligências artificiais avançadas: o ChatGPT, um modelo de linguagem que gera textos, e o Midjourney, um gerador de imagens baseado em inteligência artificial. O jogo pedagógico resultante visa atuar como uma ferramenta de divulgação científica no processo educacional, a fim de aumentar o engajamento dos alunos e proporcionar um ambiente de aprendizado mais interativo e envolvente para tratar sobre os cientistas e suas inúmeras contribuições para o avanço da sociedade. A pesquisa é de natureza qualitativa e adotou como procedimento metodológico a pesquisa do tipo participante. Os dados foram obtidos por meio da aplicação de questionários e observações anotadas em diário de campo. O jogo foi aplicado para alunos da Educação Básica, visando analisar as suas percepções sobre o jogo e suas compreensões sobre a Inteligência Artificial e conhecimentos sobre os cientistas. Os resultados obtidos foram positivos, demonstrando que a integração da inteligência artificial no processo educacional por meio do jogo pôde oferecer benefícios significativos sobre a temática para os discentes. As respostas obtidas sugerem ainda que a abordagem foi eficiente na utilização de inteligências artificiais para auxílio na criação de jogos educacionais.

Palavras-chave: Jogos Pedagógicos; Inteligência Artificial; Tecnologia; Ensino de Ciências.

RESUMEN

La integración entre educación y tecnología se ha convertido en una necesidad en el siglo XXI, con los avances tecnológicos apalancando el escenario educativo. La indispensabilidad de planificar a los estudiantes para el futuro digital y promover el pensamiento crítico y el desarrollo cognitivo requiere incluir la tecnología en el proceso de aprendizaje. Este trabajo se centra en la exploración y uso de la inteligencia artificial como herramientas pedagógicas. El objetivo de este trabajo fue el desarrollo de un juego pedagógico, denominado "Eureka AI!", utilizando dos inteligencias artificiales avanzadas: ChatGPT, un modelo de lenguaje que genera textos, y Midjourney, un generador de imágenes basado en inteligencia artificial. El juego pedagógico resultante propone ser una herramienta que integre estas dos inteligencias artificiales en el proceso educativo, con el fin de aumentar la participación de los estudiantes y proporcionar un entorno de aprendizaje más interactivo y atractivo. Se investigó la influencia de las inteligencias artificiales en el escenario educativo, buscando comprender cómo pueden ser utilizadas para mejorar la calidad de la educación. Luego, se detalló el proceso de creación del juego pedagógico utilizando ChatGPT y Midjourney. Se utilizó ChatGPT para generar el juego, su mecánica y contenido. Midjourney se utilizó para crear imágenes que complementan la narrativa y hacen que el juego sea visualmente atractivo, haciendo que la experiencia de jugar "Eureka AI!" más inmersivo. Los resultados obtenidos fueron positivos, demostrando que la integración de la inteligencia artificial en el proceso educativo puede ofrecer importantes beneficios. El juego se probó en un grupo de estudiantes de secundaria y las respuestas sugieren que el enfoque es eficiente en el uso de inteligencia artificial para ayudar a crear juegos educativos.

Palabras clave: Juegos Pedagógicos; Inteligencia Artificial; Tecnología; Educación.

ABSTRACT

The integration between education and technology has become a necessity in the 21st century, with technological advances leveraging the educational scenario. The indispensability of planning students for the digital future and promoting critical thinking and cognitive development requires including technology in the learning process. This work focuses on the exploration and use of artificial intelligence as pedagogical tools. The objective of this work was the development of a pedagogical game, called "Eureka AI!", using two advanced artificial intelligences: ChatGPT, a language model that generates texts, and Midjourney, an image generator based on artificial intelligence. The resulting pedagogical game proposes to be a tool integrating these two artificial intelligences into the educational process, in order to increase student engagement and provide a more interactive and engaging learning environment. The influence of artificial intelligences in the educational scenario was investigated, seeking to understand how they can be used to improve the quality of education. Then, the process of creating the pedagogical game using ChatGPT and Midjourney was detailed. ChatGPT was used to generate the game, its mechanics and content. Midjourney was used to create images that complement the narrative and make the game visually appealing, making the experience of playing the "Eureka AI!" more immersive. The results obtained were positive, demonstrating that the integration of artificial intelligence in the educational process can offer significant benefits. The game was tested on a group of high school students, and the responses suggest that the approach is efficient in using artificial intelligence to help create educational games.

Key words: Pedagogical Games; Artificial intelligence; Technology; Education.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | |
|--|----|
| Figura 1 – Comparação entre Inteligência Humana e Inteligência Artificial | 17 |
| Figura 2 – Representação da arquitetura <i>coder encoder</i> | 22 |
| Figura 3 – Representação vetorial denominada <i>embedding</i> | 23 |
| Figura 4 – Mapa de calor dos pesos no processo de tradução do francês para o inglês | 25 |
| Figura 5 – Processos de transformação da frase até a versão contextualizada..... | 27 |
| Figura 6 – Modelo <i>self-attention</i> | 30 |
| Figura 7 – Arquitetura Transformer..... | 32 |
| Figura 8 – Página inicial do Midjourney..... | 33 |
| Figura 9 – Do mito da caverna de Platão ao ChatGPT: uma analogia em imagem.35 | |
| Figura 10 – Localização no Google Maps do colégio | 42 |
| Figura 11 – Fachada do Colégio Estadual Presidente Costa e Silva..... | 43 |
| Figura 12 – Jogo <i>Pandemic</i> , que serviu de inspiração para o trabalho | 49 |
| Figura 13 – Comando inicial de geração do jogo "Eureka AI!" | 50 |
| Figura 14 – Resposta gerada pelo ChatGPT ao comando inicial de geração do jogo | 50 |
| Figura 15 – Imagem do Isaac Newton gerada pela IA Midjourney | 51 |
| Figura 16 – Logotipo do jogo “Eureka AI!” e opções de fazer o <i>download</i> | 53 |
| Figura 17 – Cartas impressas e separadas por suas categorias..... | 54 |
| Figura 18 – Cartas separadas por suas categorias | 54 |
| Figura 19 – Mini palestra sobre os cientistas e inteligência artificial em sala de aula | 55 |
| Figura 20 – Apresentação do jogo “Eureka AI!” | 56 |
| Figura 21 – Alunos jogando o “Eureka AI!” | 56 |
| Figura 22 – Mais alunos jogando o “Eureka AI!” | 57 |
| Figura 23 – Alunos preenchendo o questionário | 57 |
| Figura 24 – Sessão de <i>debriefing</i> | 58 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|---|----|
| Quadro 1 – Questionário utilizado para coletar as percepções dos alunos..... | 46 |
| Quadro 2 – Sondagem inicial das percepções dos alunos sobre o que um cientista faz | 59 |
| Quadro 3 – Associação das respostas em função de seus temas perante o jogo e ao papel dos cientistas..... | 63 |
| Quadro 4 – Percepções dos alunos em relação à Inteligência Artificial | 64 |
| Quadro 5 – Destaques dos cientistas na visão dos alunos | 67 |
| Quadro 6 – Sugestões e críticas em relação ao jogo “Eureka AI!” | 76 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|------|---|
| BERT | Representações de Codificador Bidirecional de Transformadores |
| GAN | Rede Adversária Generativa |
| GRU | Unidade Recorrente Fechada |
| GPT | Transformador Pré-treinado Generativo |
| IA | Inteligência Artificial |
| IH | Inteligência Humana |
| ILP | Intervenção Lúdica Pedagógica |
| ITS | Sistemas Tutores Inteligentes |
| ML | Aprendizado de Máquina |
| PLN | Processamento de Linguagem Natural |
| RNN | Redes Neurais Recorrentes |
| SDL | Sequência Didática Lúdica |

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| 1 INTRODUÇÃO | 12 |
| 1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DA JUSTIFICATIVA | 12 |
| 1.2 PROBLEMA..... | 14 |
| 1.3 OBJETIVO GERAL | 14 |
| 1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS..... | 15 |
| 1.5 ESTRUTURAÇÃO DO TCC..... | 15 |
| | |
| 2 REVISÃO DA LITERATURA | 16 |
| 2.1 DA INTELIGÊNCIA HUMANA (IH) À INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL (IA)..... | 16 |
| 2.2 INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL | 17 |
| 2.3 ARQUITETURA TRANSFORMER..... | 19 |
| 2.3.1 Modelos de Linguagem..... | 19 |
| 2.3.2 Modelos Probabilísticos | 20 |
| 2.3.3 Modelos Sequenciais | 20 |
| 2.3.4 Modelos de Atenção | 21 |
| 2.3.4.1 Modelos <i>sequence-to-sequence</i> | 21 |
| 2.3.4.2 <i>Incorporação de palavras</i> | 22 |
| 2.3.4.3 <i>RNNs e hidden state</i> | 23 |
| 2.3.4.4 <i>Mecanismo de atenção</i> | 23 |
| 2.3.4.5 <i>Definição técnica de mecanismo de atenção</i> | 25 |
| 2.3.5 Autoatenção..... | 26 |
| 2.3.6 Multi head attention..... | 30 |
| 2.3.7 Transformer | 31 |
| 2.4 REDES ADVERSÁRIAS GERATIVAS (GANS)..... | 33 |
| 2.5 DO MITO DA CAVERNA DE PLATÃO AO CHATGPT: UMA ANALOGIA..... | 34 |
| 2.6 O CHATGPT COMO UMA NOVA FERRAMENTA DE ENSINO E APRENDIZAGEM..... | 35 |
| 2.7 JOGOS EDUCACIONAIS COMO ESTRATÉGIA PEDAGÓGICA..... | 37 |

| | |
|---|----|
| 2.8 A IA E SUA APLICAÇÃO NOS JOGOS EDUCACIONAIS | 38 |
| 3 METODOLOGIA | 40 |
| 3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA..... | 40 |
| 3.2 INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS..... | 41 |
| 3.3 CARACTERIZAÇÃO ESPACIAL E DOS SUJEITOS | 42 |
| 3.4 DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA | 44 |
| 3.4.1 Aplicação do Jogo (Orientações)..... | 44 |
| 3.5 CONSTRUÇÃO DOS DADOS..... | 45 |
| 3.6 DESCRIÇÃO DO JOGO | 48 |
| 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO | 52 |
| 4.1 GERAÇÃO DO JOGO “EUREKA AI!” | 52 |
| 4.2 APLICAÇÃO DA ILP | 54 |
| 4.3 RESULTADO DO QUESTIONÁRIO APLICADO..... | 58 |
| 4.3.1 Parte A do Questionário Aplicado (Sondagem)..... | 58 |
| 4.3.1.1 <i>O que um cientista faz?</i> | 58 |
| 4.3.1.2 <i>A ciência produzida pelos(pelas) cientistas é importante para a sua vida?</i> | 60 |
| 4.3.1.3 <i>Você já ouviu falar sobre algum/alguma cientista?</i> | 60 |
| 4.3.1.4 <i>Cite os nomes de alguns cientistas que você conhece</i> | 61 |
| 4.3.1.5 <i>Na sua opinião, qual o papel dos cientistas para a sociedade?</i> | 62 |
| 4.3.1.6 <i>O que você entende por Inteligência Artificial?</i> | 64 |
| 4.3.2 Parte B do Questionário Aplicado | 66 |
| 4.3.2.1 <i>Você já conhecia esses cientistas?</i> | 66 |
| 4.3.2.2 <i>O que mais chamou a sua atenção sobre os cientistas?</i> | 67 |
| 4.3.3 Parte C do Questionário Aplicado (Avaliando o Jogo “Eureka AI!”) | 68 |
| 4.3.3.1 <i>Numa escala de 1 a 10, quanto o jogo “Eureka AI!” ajudou você a adquirir conhecimentos sobre os(as) Cientistas?</i> | 68 |
| 4.3.3.2 <i>Numa escala de 1 a 10, indique o quanto o jogo “Eureka AI!” aumentou os seus conhecimentos sobre as descobertas fundamentais para o avanço da humanidade</i> | 69 |

| | |
|---|-----|
| 4.3.3.3 Numa escala de 1 a 10, indique o quanto o jogo “Eureka AI!” teve potencial para aguçar a sua curiosidade sobre a história dos cientistas e suas descobertas.. | 70 |
| 4.3.3.4 Numa escala de 1 a 10, avalie o jogo “Eureka AI!” | 71 |
| 4.3.3.5 Numa escala de 1 a 10, indique o quanto você gostou de participar do jogo “Eureka AI!” em grupo. | 72 |
| 4.3.3.6 Numa escala de 1 a 10, indique o quanto as imagens dos Cientistas no jogo “Eureka AI!” estão visualmente atrativas (bem-feitas). | 73 |
| 4.3.3.7 Descreva, com uma única palavra, a sua experiência com o jogo “Eureka AI!” | 74 |
| 4.3.3.8 Caso queira, adicione aqui sugestões e críticas em relação ao jogo “Eureka AI!” | 76 |
| 4.4 SESSÃO DE DEBRIEFING | 77 |
| 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS | 78 |
| REFERÊNCIAS | 80 |
| APÊNDICES | 86 |
| APÊNDICE A - PROMPTS UTILIZADOS PARA O CHATGPT | 87 |
| APÊNDICE B - PROMPTS UTILIZADOS PARA O MIDJOURNEY | 97 |
| APÊNDICE C - CARTAS DO JOGO “Eureka AI!” | 111 |

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DA JUSTIFICATIVA

A era digital trouxe inovações e progressos tecnológicos que tiveram grande impacto em vários setores da sociedade incluindo educação e entretenimento. Dentre essas inovações, a Inteligência Artificial (IA) tem se destacado por seu potencial de transformar a forma como interagimos e estudamos, oferecendo soluções inovadoras e personalizadas para atender às necessidades específicas dos usuários. Conforme Tegmark (2017), a IA mudará a maneira como vivemos, imaginamos e, o mais importante, a maneira como interagimos com tudo ao nosso redor. Diante desse cenário, o uso da IA na criação de jogos didáticos e educativos emerge como uma promissora área de pesquisa e desenvolvimento, com potencial para revolucionar o aprendizado e o engajamento do usuário.

Os jogos didáticos e educativos emergiram como ferramentas educacionais eficazes, capazes de estimular o interesse e a motivação dos alunos e proporcionar ambientes de aprendizagem mais envolventes e eficazes. Esses jogos combinam elementos de divertimento e aprendizado que podem ser usados na resolução de problemas. Assim, possuem como objetivo tornar o processo de aprendizagem mais envolvente, facilitando a aquisição e retenção do conhecimento. Os jogos educativos possuem a característica de gerar contextos ricos e fascinantes, encorajando os alunos a aprender de forma ativa, colaborativa e construtiva, tornando-se participantes ativos em seu próprio processo de aprendizagem (SQUIRE, 2011). Nesse sentido, a integração da inteligência artificial no contexto escolar ou acadêmicos por meio de jogos pode ampliar ainda mais seu potencial educacional, permitindo a criação de experiências adaptativas e personalizadas para cada jogador ou turma, agregando, desse modo, contribuições à inovação educacional, tão necessária aos anseios da educação científica do século XXI.

Portanto, quando implementada pelos professores, a inovação educacional tende a desempenhar um papel crítico na melhoria da retenção de informações dos alunos, pois os professores, de diferentes níveis educacionais, podem criar um ambiente de aprendizagem mais envolvente e interativo, implementando táticas de ensino criativas ao aproveitar a tecnologia para elaborar uma variedade de recursos de ensino e de aprendizagem. Logo, implementar uma vertente educacional que acene para o dinamismo tende a permitir que os alunos participem ativamente de seu processo de aprendizagem,

resultando em uma compreensão mais profunda e uma lembrança de longo prazo do assunto. Com base na noção de "memória de trabalho no ensino", técnicas de ensino que combinam dinamismo, como a aqui proposta, podem desempenhar um papel importante nas jornadas de aprendizagem dos alunos. Este método incorpora ativamente os alunos no processo, em vez de transferir conhecimento passivamente, resultando em uma compreensão mais profunda e maior retenção de longo prazo. Conforme Kirschner, Sweller e Clark (2016), projetos instrucionais que correspondem à arquitetura cognitiva humana podem resultar em melhores resultados educacionais. Desta forma, o ambiente de aprendizado dinâmico do "Eureka AI!" pode explorar com eficiência os recursos cognitivos dos alunos, resultando em uma experiência de aprendizado mais eficaz e duradoura.

Nessa direção, cabe destacar que os rápidos avanços atrelados à inteligência artificial estão abrindo portas para aplicações criativas em vários setores. Como resultado, há um interesse crescente em investigar o potencial de jogos educacionais aprimorados por IA para transformar a experiência de aprendizado e aumentar o envolvimento do usuário. Logo, ao adicionar a tecnologia de IA aos jogos educacionais, é possível criar experiências adaptativas e personalizadas para cada jogador ou classe, levando potencialmente a resultados de aprendizado e melhor retenção de conhecimento. Isso, por sua vez, tem o potencial de melhorar muito os processos educacionais, além de facilitar a adoção mais ampla dessas novas tecnologias de aprendizado.

Isto posto, podemos considerar uma utilização destacável da tecnologia por meio da inteligência artificial na criação de jogos pedagógicos e educativos com o uso do ChatGPT. Este chat foi criado pela OpenAI (uma empresa de pesquisa em inteligência artificial, fundada em 2015 por pessoas com influência na área da tecnologia, como Elon Musk, Sam Altman, Greg Brockman e outros, com o objetivo de desenvolver IA avançada de forma segura e favorável para o mundo). Este modelo de linguagem de aprendizagem profunda possui capacidades notáveis de compreensão e produção de texto, permitindo o desenvolvimento de jogos e outras atividades de ensino envolventes (RADFORD *et al.*, 2020). Entretanto, quando juntando a outro mecanismo de inteligência artificial capaz de gerar imagens a partir de descrições, chamado MidJourney (criado pela Midjourney, Inc., um laboratório de pesquisa independente), tem-se o que é preciso para criar tanto a parte visual como a jogabilidade por meio da adoção de comandos.

1.2 PROBLEMA

Considerando esse crescimento rápido no desenvolvimento e aplicação da IA nas mais diversas áreas, se torna fundamental analisar a influência do seu uso na criação de jogos pedagógicos e educativos, a fim de melhorar a experiência de aprendizagem do usuário e de ensino do educador. Pois, é fundamental estabelecer técnicas instrucionais alternativas que reflitam a realidade da nova geração de alunos que estão engajados no mundo digital desde o nascimento. Nessa vertente, os educadores podem criar experiências educacionais mais envolventes, interativas e relevantes que atraiam os interesses individuais e estilos de aprendizagem dos alunos de hoje, combinando tecnologia e ferramentas digitais no processo de aprendizagem. Assim, à medida que o cenário digital evolui rapidamente, os educadores devem ajustar suas táticas de ensino para acompanhar e garantir que os alunos permaneçam focados e motivados na sala de aula. Diante disso, a questão de investigação desse trabalho é: como a inteligência artificial pode contribuir na criação de jogos pedagógicos e educativos, como o “Eureka AI!”, e de que forma essa tecnologia pode aprimorar tanto o ensino quanto o aprendizado?

1.3 OBJETIVO GERAL

A partir disso, o objetivo geral deste presente trabalho é o de investigar a influência do uso da inteligência artificial na criação de um jogo pedagógico, denominado de “Eureka AI!”, por meio da análise das percepções dos discentes sobre a experiência de aprendizagem e engajamento vivenciados com a utilização do referido jogo em sala de aula. Cabe destacar que o jogo “Eureka AI!” foi desenvolvido ao utilizar tecnologias de inteligência artificial para geração de textos e a de geração de imagens, gerando assim um jogo modelo, com base na proposta do trabalho. O jogo versa sobre combinar as descobertas científicas com os seus cientistas apropriados. O jogo pretende enfatizar a natureza cumulativa do desenvolvimento científico, demonstrando como os avanços que desfrutamos agora são produto do conhecimento adquirido pelos cientistas ao longo da história. “Eureka AI!” também quer dissipar mal-entendidos generalizados sobre esses cientistas e suas descobertas.

1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

O foco central desta pesquisa é analisar os potenciais de como um jogo pedagógico ("Eureka AI!") criado por inteligências artificiais pode ser utilizado em sala de aula por um educador. Para essa análise, é necessário avaliar diversos aspectos. Diante disso, com o propósito de atingir a Pergunta de Investigação, é levado em conta identificar as percepções e o engajamento dos discentes sobre a experiência de aprendizagem ao utilizar o jogo pedagógico "Eureka AI!" em sala de aula; investigar o potencial do uso das Inteligências Artificiais na criação de jogo pedagógico; verificar a compreensão dos discentes sobre a natureza cumulativa do desenvolvimento científico por meio da análise da interação com as combinações das descobertas científicas e seus cientistas apropriados no jogo; avaliar o impacto do jogo pedagógico "Eureka AI!" na dissipação de mal-entendidos generalizados sobre cientistas e suas descobertas, verificando se os discentes adquirem conhecimentos mais precisos e abrangentes; identificar melhorias nas práticas pedagógicas por meio da análise dos resultados obtidos com o uso do jogo pedagógico "Eureka AI!" e suas contribuições para a qualidade do ensino; avaliar a eficácia do jogo modelo "Eureka AI!" como exemplo prático de um jogo pedagógico utilizando inteligência artificial na promoção da melhoria da qualidade do ensino; investigar a facilitação proporcionada pelo jogo modelo "Eureka AI!" ao professor para abordar conteúdos relacionados aos feitos científicos, analisando se o jogo auxilia na disseminação do conhecimento de forma mais acessível e envolvente. Esses objetivos específicos visam fornecer uma estrutura clara e direcionada para a investigação da influência da inteligência artificial no jogo pedagógico "Eureka AI!" e sua relação com a experiência de aprendizagem, engajamento, melhoria das práticas pedagógicas e disseminação do conhecimento científico.

1.5 ESTRUTURAÇÃO DO TCC

Este trabalho está dividido da seguinte maneira: o Capítulo 1 traz aspectos relacionados à justificativa, questão de investigação e objetivos. O Capítulo 2 consta o referencial teórico da pesquisa, abrangendo os conceitos principais referentes ao tema. O Capítulo 3 apresenta a metodologia conduzida neste trabalho. O Capítulo 4 contém o resultado e discussões, e por fim, o Capítulo 5 explicita as conclusões obtidas com a realização deste trabalho.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 DA INTELIGÊNCIA HUMANA (IH) À INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL (IA)

O desenvolvimento da Inteligência Artificial (IA) é uma grande conquista que decorre do esforço da humanidade para compreender e reproduzir a inteligência humana (IH). A rota da IH para a IA é de crescimento e colaboração, com cada estágio construindo conhecimento e descobertas anteriores.

No entanto, a pesquisa da inteligência humana remonta a Sócrates, Platão e Aristóteles, que tentaram entender a natureza do conhecimento, do raciocínio e da mente humana (PASSER *et al.*, 2008). Porém, foi apenas com a ascensão da psicologia no final do século XIX como disciplina científica, particularmente por meio do estudo de Wilhelm Wundt e William James, que avançamos no aprimoramento da nossa compreensão sobre os processos cognitivos humanos (SCHULTZ; SCHULTZ, 2011).

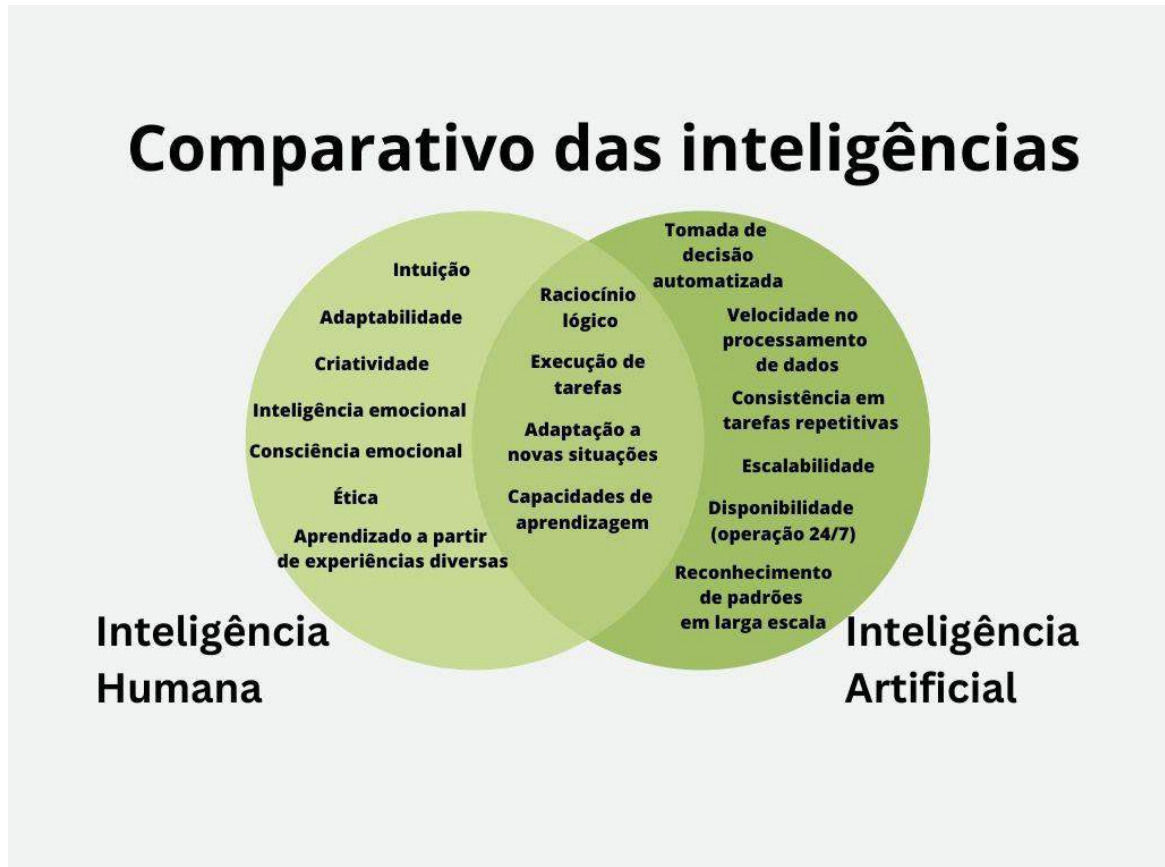
Ademais, é relevante frisar que os primeiros trabalhos em ciência da computação e matemática influenciaram fortemente o desenvolvimento da IA como um campo de pesquisa. Como exemplo, podemos citar o Teste de Turing que foi fruto do trabalho "Computing Machinery and Intelligence" de Alan Turing desenvolvido em 1950, que consistia de uma técnica para testar se uma máquina poderia demonstrar comportamento inteligente (TURING, 1950). Este feito, abriu caminho para futuros acadêmicos criarem algoritmos e modelos computacionais destinados a replicar processos cognitivos humanos.

Com efeito, a IA avançou significativamente ao longo dos anos ao incorporar conquistas importantes que incluem o desenvolvimento de algoritmos de aprendizado de máquina, a descoberta da rede neural artificial e o desenvolvimento de técnicas de processamento de linguagem natural. Porém, com o advento da aprendizagem profunda que foi introduzida no século XXI, ela foi capaz de melhorar substancialmente as capacidades dos sistemas de IA em tarefas como reconhecimento de imagens, tradução de idiomas e jogos (LECUN *et al.*, 2015).

Nesse viés delineador, A Inteligência Artificial (IA) está sendo rapidamente utilizada para complementar a inteligência humana, com aplicações em setores como médico, financeiro e educacional. Por exemplo, as tecnologias baseadas em IA podem ajudar os médicos a diagnosticar distúrbios e desenvolver regimes de tratamento (JIANG *et al.*, 2017). Na economia, a IA tem a capacidade de analisar uma grande quantidade de dados atrelados ao campo financeiro, sejam do passado ou atuais, assim com a

possibilidade de prever tendências e ciclos econômicos. No campo da educação, os sistemas de IA podem oferecer aos alunos experiências de aprendizagem individualizadas, adaptadas às suas necessidades e estilos de aprendizagem específicos.

Figura 1 - Comparação entre Inteligência Humana e Inteligência Artificial



Fonte: o autor, 2023.

2.2 INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

A criação de sistemas computacionais capazes de realizar atividades que normalmente exigiriam inteligência humana, como aprendizado, raciocínio, resolução de problemas e interpretação de linguagem natural, é conhecida como inteligência artificial (IA) (RUSSELL; NORVIG, 2016). Uma visão geral da IA será fornecida neste estudo de literatura, juntamente com uma discussão de suas ideias centrais, progressão de aplicações simples para sofisticadas e a condição da pesquisa de IA no momento.

Fundamentalmente, a inteligência artificial (IA) é construída com base na ideia de desenvolver algoritmos e modelos que possam interpretar e aprender com os

dados que existem na *web* (*World Wide Web*), permitindo que os computadores façam julgamentos ou previsões por conta própria (POOLE; MACKWORTH, 2017). Prontamente, a pesquisa em IA passou por uma mudança fundamental com o advento do aprendizado de máquina (ML), já que permitiu que os computadores aprendessem com os dados e fizessem previsões sem programação explícita (GOODFELLOW *et al.*, 2016). Nessa esteira de novidades, as árvores de decisão, máquinas de vetores de suporte e algoritmos de agrupamento são apenas alguns exemplos dos muitos algoritmos que compõem as abordagens de aprendizado de máquina. Esses algoritmos têm sido usados em vários campos, incluindo reconhecimento de imagem, processamento de linguagem natural e sistemas de recomendação.

Ademais, devido à sua capacidade de lidar com grandes quantidades de dados e produzir modelos complicados, como redes neurais artificiais, o aprendizado profundo, um subconjunto do ML, tem atraído muita atenção recentemente (LECUN *et al.*, 2015). Essas redes, que foram modeladas de acordo com a estrutura e operação do cérebro humano, são capazes de aprender representações hierárquicas de dados, o que lhes dá a capacidade de realizar tarefas de forma tão eficaz quanto um ser humano. Já o aprendizado profundo pode ser usado para jogar jogos desafiadores como Go e xadrez, reconhecer sons e imagens e compreender a linguagem falada.

Aponta-se, portanto, que o desenvolvimento de modelos de linguagem sofisticados, como GPT-3, que podem produzir texto que se assemelha à fala humana e compreender estruturas linguísticas intrincadas, é um grande avanço na IA (RADFORD *et al.*, 2020). Esses modelos abriram caminho para a criação de *chatbots* sofisticados, ferramentas de tradução automática e software de análise de sentimentos. Entretanto, apesar das melhorias impressionantes na IA, ainda existem vários problemas.

A criação de elementos visuais é um uso promissor da inteligência artificial que foi recentemente exibido por modelos como Midjourney. Iniciado por Goodfellow *et al.* (2014), as *Generative Adversarial Networks* (GANs) têm estado na vanguarda desse progresso. As GANs são compostas por duas redes neurais – um discriminador e um gerador – que competem entre si durante o treinamento. O discriminador determina se uma imagem é criada ou real avaliando sua qualidade. O gerador cria as imagens. O gerador aprende a produzir imagens cada vez mais realistas como resultado desse processo. Os GANs demonstraram habilidades incríveis na produção de imagens de alta qualidade, variadas e esteticamente agradáveis em vários domínios, incluindo arte, design e aumento de dados (KARRAS *et al.*, 2019). Prevê-se que os usos potenciais da produção de imagens

e seu impacto em vários setores aumentem à medida que modelos de IA como o Midjourney continuam a crescer, abrindo novas direções para pesquisa e desenvolvimento.

Entretanto, apesar das melhorias impressionantes na IA, ainda existem vários problemas. É importante abordar questões éticas, incluindo viés de dados, privacidade e o possível abuso da tecnologia de IA (MITTELSTADT *et al.*, 2016). Além disso, a quantidade de energia do computador necessária para treinar modelos sofisticados de IA levanta questões sobre a sustentabilidade ambiental (STRUBELL *et al.*, 2019).

2.3 ARQUITETURA TRANSFORMER

O modelo GPT (*Generative Pre-trained Transformer*) é baseado na arquitetura Transformer. Vaswani *et al.* (2017) criaram a arquitetura Transformer, que revolucionou a área de processamento de linguagem natural (PLN) ao fornecer uma técnica nova e eficiente para capturar dependências de longo alcance e informações contextuais em texto. Ao gerar uma representação para uma palavra específica, o modelo Transformer conta com um mecanismo de auto atenção, que permite ao modelo pesar a relevância de cada palavra em uma sequência. Essa capacidade de considerar o contexto local e global resultou em avanços significativos em tarefas como tradução automática, resumo de texto e resposta a perguntas. Para falar mais aprofundado sobre Transformer, é necessário o entendimento de alguns conceitos.

2.3.1 Modelos de Linguagem

Os modelos de linguagem são ferramentas que preveem um termo com base no contexto, funcionando como uma distribuição de probabilidade para sequências de texto. Eles são aplicados em uma variedade de contextos, desde previsão de texto até aprendizado de transferência, que utiliza o conhecimento que o modelo adquiriu sobre palavras para tarefas como análise de sentimentos ou geração de novas frases. Um exemplo cotidiano de um modelo de linguagem é o recurso de correção automática em telefones celulares. Esses modelos podem ser categorizados em três principais grupos: modelos probabilísticos, modelos sequenciais e modelos de atenção (JURAFSKY; MARTIN, 2019).

2.3.2 Modelos Probabilísticos

Os modelos probabilísticos, como o nome indica, fazem previsões com base na probabilidade. Esses modelos preveem a probabilidade de uma palavra-chave em uma determinada situação. Por exemplo, ao tentar prever o próximo termo na frase "O verão é...", calcula-se a probabilidade de uma determinada palavra ser o próximo termo na frase dado o contexto "O verão é". No entanto, esses modelos apresentam duas falhas principais: baixa complexidade e falta de consideração pelo sequenciamento de palavras. Vale notar que apenas as palavras que precedem uma determinada palavra interferem na distribuição de probabilidade da próxima palavra. Esse é um grande problema, pois textos mais complexos têm um contexto mais rico e a palavra seguinte em uma frase pode não ser óbvia com base nas palavras que vieram antes dela. Além disso, esse tipo de modelo não é escalável, exigindo um cálculo contínuo de probabilidade para todos os termos do vocabulário como possíveis próximos termos no contexto, além de armazenar a maior probabilidade, o que pode ser demorado (RUSSEL; NORVIG, 2016).

2.3.3 Modelos Sequenciais

Os modelos sequenciais, embora ainda usando probabilidade, são focados na modelagem de dados de sequência. As Redes Neurais Recorrentes (RNN), por exemplo, são um tipo poderoso de redes neurais construídas para modelar dados de sequência, como séries temporais ou linguagem falada. Apesar de sua utilidade, as RNNs possuem certos limites e dificuldades. Para começar, os RNNs processam a entrada sequencialmente, o que implica que, antes de processar algo localizado na posição "3", todas as posições anteriores (0, 1, 2) devem ser processadas. Isso é computacionalmente ineficiente e leva a tempos de processamento mais longos.

Um dos problemas é ao lidar com grandes quantidades de texto, esses modelos sofrem perda de informações. Nessas teorias, isso é análogo a uma "memória interna" que perde pedaços ao lidar com textos enormes. Outra dificuldade encontrada são os chamados *Vanishing Gradients*, que ocorrem durante o treinamento de RNNs usando abordagens baseadas em gradiente e retro propagação. Nessas abordagens, cada peso da rede neural é atualizado proporcionalmente à derivada parcial da função de erro. O problema surge quando o gradiente é tão estreito que praticamente desaparece em

algumas circunstâncias, atrasando assim o treinamento da rede (BENGIO; SIMARD; FRASCONI, 1994).

2.3.4 Modelos de Atenção

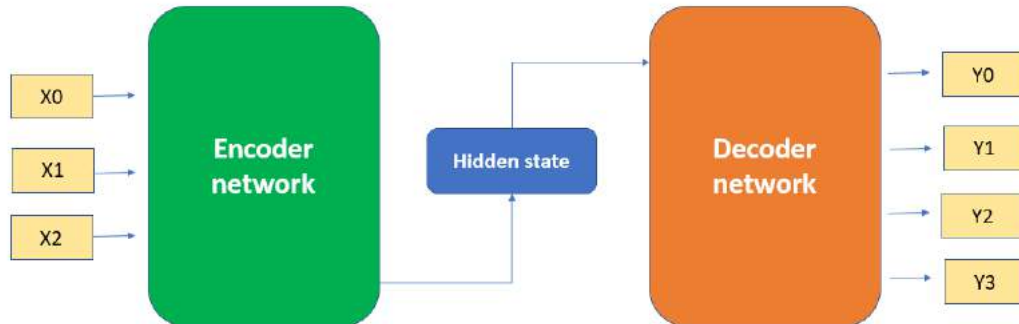
Transformers são modelos de atenção, essa família de redes neurais se destaca na modelagem de sequências em paralelo. Então para entendê-los, é necessário também entender todas as ideias que envolvem o conceito de atenção, incluindo o que é um modelo de atenção, mecanismos de atenção, *self attention* e *multi head attention*. É uma técnica que espelha a maneira como os humanos se concentram em diferentes partes dos dados ou ambiente para tomar decisões (VASWANI *et al.*, 2017).

2.3.4.1 Modelos *sequence-to-sequence*

Também chamados de modelos seq2seq, são aqueles modelos que recebem uma sequência de itens (palavras, letras, séries temporais, etc.) e gera outra sequência de itens. Um exemplo claro é a tradução de uma frase, a entrada seria a frase no idioma de origem e a saída seria a frase no idioma desejado. Embora não sejam inerentemente modelos de atenção, a incorporação de mecanismos de atenção pode melhorar significativamente o desempenho desses modelos.

Os modelos Seq2seq demonstraram excelente desempenho em uma variedade de tarefas, como tradução automática, reconhecimento de fala e resumo de texto. Esses modelos funcionam codificando uma sequência de origem em um vetor de comprimento fixo, que é subsequentemente decodificado em uma sequência de destino (SUTSKEVER *et al.*, 2014). Conforme a Figura 2, cada elemento da sequência é processado por um *coder*, que encapsula a informação em um vetor de contexto. Depois de processar toda a entrada, o *coder* envia o contexto para o *decoder*, que começa a gerar a saída item por item. A Figura 2 também mostra que a sequência de entrada e saída de dados pode ter comprimento variável. Vale ressaltar que o *coder* e o *decoder* são redes neurais recorrentes.

Figura 2 – Representação da arquitetura *coder encoder*



Fonte: KUMAR, 2023.

2.3.4.2 Incorporação de palavras

O PLN usa uma técnica conhecida como "incorporação de palavras" (*word embedding*) para representar palavras. Conforme Mikolov *et al.* (2013), as incorporações de palavras fornecem uma representação densa de palavras e seus significados relativos. Este procedimento converte palavras em informações numéricas, mantendo as características únicas de cada palavra. Utilizando o termo "rei", por exemplo. Uma de suas características distintivas pode ser o gênero masculino, usando uma escala numérica, onde -1 representa o feminino e 1 representa o masculino. No entanto, não é só o gênero que define o sentido da palavra "rei". Para capturar significados mais sutis, são necessárias mais dimensões, cada uma das quais indica a semelhança da palavra com outras palavras. Ao adicionar mais uma dimensão com uma escala de "Realeza", em que a palavra está mais relacionada com monarca quanto mais perto de 1 e mais a ver com plebeu quanto mais perto de -1. Conforme a Figura 3 mostra, cada dimensão do vetor da palavra em questão demonstra o quanto ela está relacionada. Em vez de atribuir manualmente esses valores de similaridade, o que é impraticável, o aprendizado de máquina permite que o computador aprenda palavras no contexto e gere esses vetores por conta própria. Curiosamente, nem sempre se sabe o que cada posição do vetor representa, mas o processo se torna mais compreensível, considerando que palavras com significados

semelhantes geralmente aparecem no mesmo contexto.

Figura 3 – Representação vetorial denominada *embedding*

| | Rei |
|-----------|-------|
| Gênero | 0.789 |
| Realeza | 0.96 |
| | ... |
| Fruta | -0.05 |
| Violência | 0.8 |

Fonte: FONSECA, 2021.

2.3.4.3 RNNs e hidden state

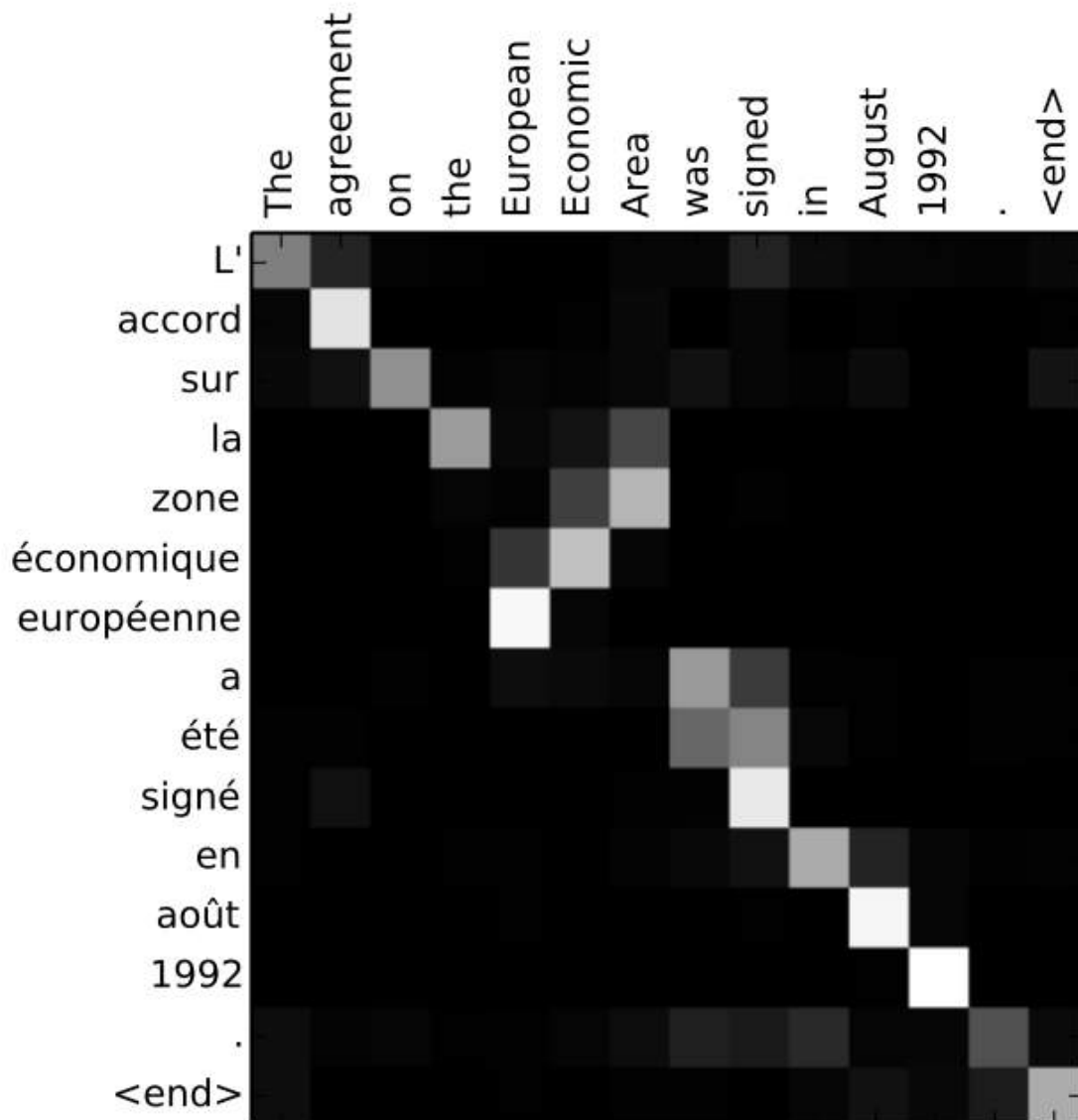
As redes neurais recorrentes permitem que os dados sobrevivam entre as redes. De acordo com Goodfellow, Bengio e Courville (2016), as RNNs destinam-se a lidar com sequências de entradas usando seu estado oculto (memória), permitindo que o conhecimento prévio seja transferido para processamento futuro. Como resultado, os RNNs requerem duas entradas em cada instância: a palavra a ser processada e um estado oculto que depende das informações do estado anterior. Um estado oculto desempenha a função de atribuir pesos às suas entradas, fornecendo conhecimento contextualizado adicional ao estado futuro.

2.3.4.4 Mecanismo de atenção

Nos modelos seq2seq, o *encoder* calcula a próxima palavra e um estado oculto do estado anterior a cada iteração. A fraqueza do modelo é seu 'gargalo de informação', no qual o *decoder* só pode acessar a saída final do *encoder*, o que produz o chamado *information bottleneck*, que significa que para que o *decoder* comece a sua função, ele tem que aguardar o último *encoder* finalizar o seu processamento. A fim de aumentar o desempenho, aplica-se o mecanismo de atenção (SUTSKEVER; VINYALS; LE, 2014).

Nos modelos, a noção de "atenção" busca se concentrar em seções relevantes da sequência, semelhante à como os humanos podem realizar uma tarefa de tradução concentrando-se em algumas palavras por vez. Dando um peso a cada palavra, com a palavra que está sendo processada recebendo um peso maior. Com isso, um modelo seq2seq com mecanismo de atenção difere de duas maneiras principais dos modelos seq2seq padrões. Na primeira maneira, o *encoder* envia todos os estados ocultos para o *decoder*, não apenas o final. Em segundo lugar, antes de criar sua saída, o *decoder* atribui um peso a cada estado oculto e o multiplica por esse peso, amplificando os estados ocultos de alto peso e diminuindo os de baixo peso. É possível notar de acordo com a Figura 4 que o processo de tradução não é direto, da primeira palavra da saída com a primeira palavra da entrada.

Figura 4 – Mapa de calor dos pesos no processo de tradução do francês para o inglês



Fonte: ALAMMAR, 2023.

2.3.4.5 Definição técnica de mecanismo de atenção

Existem diferentes variações de modelo de atenção. Para uma generalização, Jana (2020) usa o estado oculto do *decoder* (para GRU, um tipo de RNN) do passo anterior $D_h^{(t-1)}$ que possui a forma [1, número de amostras que serão propagadas pela rede – chamado de *batch size*, dimensão oculta do *decoder*] e as saídas do *encoder* E_o (com a forma [comprimento do token de origem, *batch size*, dimensão oculta do *encoder*]) para criar uma distribuição para que a importância de cada palavra no *encoder* possa ser

definida matematicamente.

Na equação $a^t = \text{align}(E_o, D_h^{(t-1)})$, o elemento a^t é chamado de pesos de alinhamento, e, como o objetivo é ter uma distribuição de probabilidade, é possível apenas aplicar a função de ativação *softmax* (assim como a camada final de qualquer rede neural de classificação) a um conjunto de pesos (calculado pela função de pontuação s). A equação acima pode ser expandida:

$$a^t = \text{align}(E_o, D_h^{(t-1)}) = \text{softmax}(s(E_o, D_h^{(t-1)}))$$

Os pesos de alinhamento fornecem a importância de cada palavra na frase de origem, que pode ser então multiplicada (produto escalar) com as saídas do *encoder* para criar a matriz ponderada:

$$W^t = E_o \cdot a^t$$

Essa matriz W^t é usada junto com a Matriz de Incorporação como entrada para o *decoder* RNN.

Os detalhes acima são a estrutura geral do conceito de Atenção. É possível expressar tudo isso em uma equação como:

$$W^t = E_o \cdot \text{softmax}(s(E_o, D_h^{(t-1)}))$$

Existem muitas implementações da função de pontuação s , utilizando a de Loung *et al.* e implementando-a depois usando uma biblioteca do Python denominada PyTorch. Isso é chamado de Função de Pontuação Aditiva.

$$W^t = E_o \cdot \text{softmax}(W_s \left(\tanh \left(W_c \left[E_o + D_h^{(t-1)} \right] \right) \right))$$

Outras funções de pontuação que poderiam ser utilizadas: Atenção Aditiva (Concat, Linear), Atenção Bilinear (Multiplicativa), Atenção de Produto Escalar (Multiplicativa), Atenção de Produto Escalado (Multiplicativa) e Baseada em Localização.

2.3.5 Autoatenção

A partir do modelo adaptado de Carraro (2021), considere a seguinte frase: "O rei deu ordens porque ele tem esse direito." Para os humanos fica fácil distinguir que o pronome "ele" se refere a "rei", mas para um algoritmo não é tão evidente. É aqui que a

autoatenção entra em ação, permitindo que o termo "ele" seja associado a "rei". Enquanto o modelo examina cada palavra, a autoatenção permite que ele busque dicas de outros pontos na entrada para entender melhor como essa palavra deve ser processada.

Entender como esse mecanismo funciona requer uma olhada na matemática envolvida. Com essa frase exemplo, dada a Figura 5, o primeiro passo é transformar as palavras em tokens e posteriormente em vetores (incorporação de palavras). Aplica-se um peso a cada vetor, com o objetivo de reduzir o ruído dos dados e direcionar a atenção do modelo, resultando em uma versão contextualizada das palavras.

Figura 5 – Processos de transformação da frase até a versão contextualizada



Fonte: adaptada de CARRARO, 2021.

Ao atribuir pesos a cada palavra, esperamos obter uma versão contextualizada dos dados. Essa contextualização leva em conta as relações que cada palavra da frase tem com o termo em questão. Usamos procedimentos matemáticos para identificar a inter-relação entre as palavras para determinar essas ligações. Calculamos o grau em que uma palavra influencia outra multiplicando a incorporação (*embedding*) de cada palavra, V_n , pela incorporação de cada uma das outras palavras, incluindo sua própria

incorporação.

$$V_1 \cdot V_1 = S_{11} \rightarrow W_{11}$$

$$V_1 \cdot V_2 = S_{12} \rightarrow W_{12}$$

...

$$V_1 \cdot V_9 = S_{19} \rightarrow W_{19}$$

Para ficar mais claro, supõe-se que os vetores das palavras são compostos apenas de 1s e 0s (na prática não são, mas a fim de explicação é útil).

$$\textit{camisa} = (1, 0, 1, 0, 0, 1)$$

$$\textit{luta} = (0, 1, 0, 1, 1, 0)$$

Quando se tem duas palavras idênticas, elas possuem a mesma incorporação. Como resultado, ao multiplicá-lo a palavra por si mesma, obtém-se o maior número possível, pois ocorre a multiplicação de todos os 1s por 1s e os 0s não cancelarão nenhum dos 1s.

$$\begin{aligned} \textit{camisa} \cdot \textit{camisa} &= (1, 0, 1, 0, 0, 1) \cdot (1, 0, 1, 0, 0, 1) = \\ &1 * 1 + 0 * 0 + 1 * 1 + 0 * 0 + 0 * 0 + 1 * 1 = 3 \end{aligned}$$

Para o caso que a incorporação de uma palavra é exatamente o contrário da outra, o que pode acontecer devido a não possuírem relação alguma. Ao multiplicar o vetor de ambas as palavras nesse caso, o resultado será 0:

$$\begin{aligned} \textit{camisa} \cdot \textit{luta} &= (1, 0, 1, 0, 0, 1) \cdot (0, 1, 0, 1, 1, 0) = \\ &1 * 0 + 0 * 1 + 1 * 0 + 0 * 1 + 0 * 1 + 1 * 0 = 0 \end{aligned}$$

É por isso que esse sistema é eficaz. A multiplicação de um V_k pelo mesmo vetor produzirá a maior relação possível, ou seja, o maior peso possível. Entretanto, ao multiplicar o V_k por um vetor que não está tão relacionado a ele, um peso muito menor é obtido, quase insignificante. (V_k é um vetor qualquer). Após calcular os pesos S_n , o passo seguinte é normalizá-los para que a soma seja 1, resultando nos valores normalizados W_n .

$$\sum_{i=1}^n W_n = 1$$

Assim, a fim de obter o valor contextualizado Y_n , multiplica-se cada valor normalizado S_n pelas incorporações originais da palavra V_n .

$$Y_1 = W_{11}V_1 + W_{12}V_2 + \dots + W_{19}V_{19}$$

Nessa última etapa, considera-se a influência de cada palavra no significado da palavra em análise, criando assim uma versão contextualizada que leva em conta as influências. Porém, este método ainda possui uma limitação na quantidade de palavras que pode considerar simultaneamente.

O mesmo cálculo é aplicado a todos os vetores da incorporação (a demonstração foi para o primeiro vetor apenas), com cada vetor recalculado em relação ao V_1 . Está sendo determinada a relação do artigo "O" com todas as outras palavras da frase.

Até este ponto, não se tem nenhum parâmetro que seja atualizado durante o treinamento, que é uma parte fundamental dos modelos de aprendizado de máquina. Isso é introduzido em modelos de autoatenção dividindo os dados em *Query* (consulta), *Keys* (chaves) e *Values* (valores). Este processo é semelhante a procurar um perfil no Instagram: a pesquisa é a *Query*, os nomes e descrições de contas que são comparados com a pesquisa são as *Keys*, e as contas retornadas que mais se relacionam com a pesquisa são os *Values*.

$$V_1 \cdot V_1 = S_{11} \rightarrow W_{11}$$

$$V_1 \cdot V_2 = S_{12} \rightarrow W_{12}$$

...

$$V_1 \cdot V_9 = S_{19} \rightarrow W_{19}$$

Query *Keys*

$$W_{11} \cdot V_1 + W_{12} \cdot V_2 + \dots + W_{110} \cdot V_{10} = Y_1$$

Values

Depois de lidar com os vetores, o próximo passo é introduzir uma matriz de

peso para cada um dos vetores. Essas matrizes são geradas durante o processo de treinamento. Fazendo as operações matemáticas para estabelecer o peso de cada vetor, utilizando matrizes que são aprimoradas através do treinamento:

$$V_1 M_q \cdot V_1 M_k = S_{11} \rightarrow W_{11}$$

$$V_1 M_q \cdot V_2 M_k = S_{12} \rightarrow W_{12}$$

...

$$V_1 M_q \cdot V_9 M_k = S_{19} \rightarrow W_{19}$$

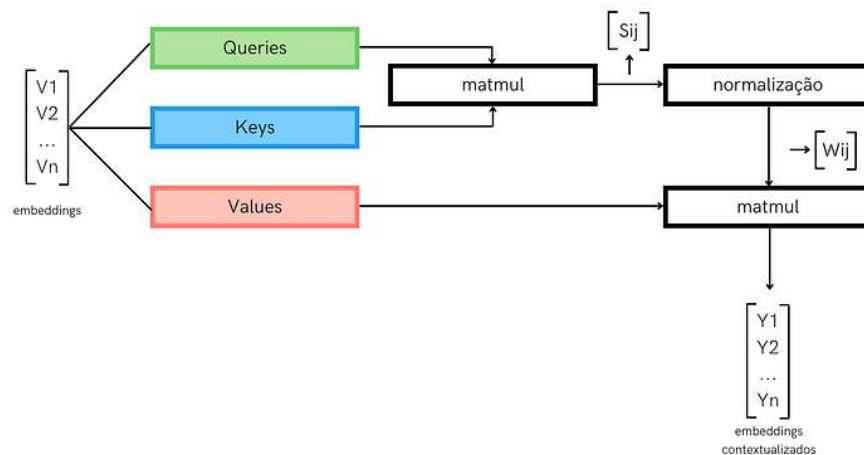
Query **Keys**

$$W_{11} \cdot V_1 M_v + W_{12} \cdot V_2 M_v + \dots + W_{110} \cdot V_{10} M_v = Y_1$$

Values

A Figura 6 demonstra o esquema de autoatenção, em que matmul é uma função que retorna o produto matricial de dois vetores:

Figura 6 – Modelo self-attention



Fonte: CARRARO, 2023.

2.3.6 Multi head attention

O *Multi head attention* é um mecanismo que aprimora a camada de atenção, expandindo a capacidade do modelo de focar em posições diferentes e proporcionando à camada de atenção vários "subespaços de representação", tendo assim

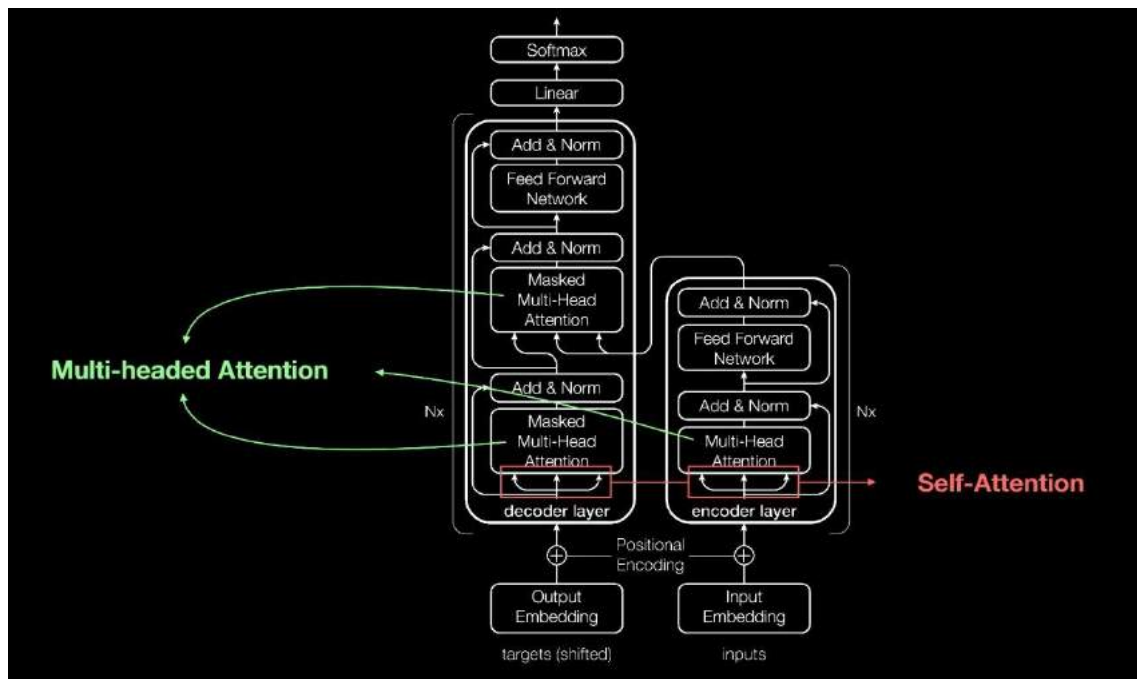
vários conjuntos de matrizes de peso para Query/Key/Value. No modelo anterior, utiliza-se uma camada linear para Queries/Keys/Values, mas a fim de prestar atenção em várias coisas ao mesmo tempo, uma camada linear não é suficiente. A solução é usar várias camadas paralelas, por exemplo, três, se o objetivo prestar atenção em três coisas ao mesmo tempo. Cada uma dessas camadas é inicializada com pesos aleatórios e treinada. Realiza-se a multiplicação de matrizes em cada etapa para cada uma dessas camadas, gerando vários vetores y . Para obter um único vetor y , concatena-se esses vetores e passa por uma camada densa, resultando em um vetor y com incorporações contextualizados.

Vaswani et al. (2017) foram os primeiros a introduzir esta técnica em seu trabalho intitulado "Attention is All You Need". Eles afirmam que no lugar de executar uma única operação de atenção, esse modelo projeta as consultas, chaves e valores h vezes com diferentes matrizes de pesos aprendidas. Em cada uma dessas versões projetadas de consultas, chaves e valores, é executada a operação de atenção em paralelo. Esta é a ideia central do modelo de Multi-Head Attention." (VASWANI et al., 2017)

2.3.7 Transformer

As redes Transformers, ao contrário das RNNs, necessitam de múltiplas camadas para um bom desempenho, especialmente devido à remoção da sequencialidade da linguagem e à dependência do mecanismo de atenção. A característica principal dessas redes é a capacidade de paralelização, o que facilita o uso eficaz das GPUs e viabiliza arquiteturas mais profundas. Transformers são modelos de atenção que incluem blocos de codificadores (*encoders*) e decodificadores (*decoders*). Um dos avanços significativos do modelo Transformer é o uso de auto-atenção de várias cabeças (*multi-head self-attention*), que permite ao modelo aprender várias representações da sequência de entrada ao mesmo tempo (VASWANI *et al.*, 2017). Cada codificador é dividido em duas subcamadas: uma de *self-attention* e uma rede neural de alimentação direta. O decodificador também inclui essas camadas, mas com uma adição de uma camada de atenção que ajuda a focar nas partes relevantes da frase de entrada. A Figura 7, a seguir, mostra a arquitetura de um transformer:

Figura 7 – Arquitetura Transformer



Fonte: MERRIT, 2022.

O processo dos Transformers começa com a transformação em vetor da entrada com as incorporações das palavras, que então passa por uma camada de codificação posicional para inserir informações sobre a ordem dos tokens. O vetor é encaminhado para o bloco de *encoders*, passando primeiramente pela camada de *Multi-head attention*, que coleta informações de palavras em diferentes posições simultaneamente. Há também uma camada de "Add & Norm" para lidar com conexões residuais, não discutida aqui. Após, os dados seguem para a camada de *Feed Forward* antes de serem encaminhados para o decodificador. O decodificador tem um processo similar, porém inclui uma camada de "*Masked Multi-Head attention*", que impede a rede de acessar informações futuras que ainda estão por ser previstas, assim ela não é capaz de enxergar a próxima palavra se ela quer prever essa palavra.

Cabe frisar que a arquitetura do Transformer serviu de base para vários modelos de PLN de ponta, incluindo os modelos bem conhecidos GPT (Transformador Pré-treinado Generativo) e BERT (Representações de Codificador Bidirecional de Transformadores) (RADFORD *et al.*, 2018; DEVLIN *et al.*, 2018). Além do mais, tal arquitetura tem um impacto significativo no campo da PLN, permitindo a criação de sistemas de IA mais complexos e capazes de processamento e geração de linguagem natural.

2.4 REDES ADVERSÁRIAS GERATIVAS (GANS)

O *bot* Midjourney (Figura 8) é um gerador de arte de inteligência artificial (IA) que pode transformar texto em imagens. É baseado no princípio de Redes Adversárias Gerativas (GANs). Por meio dessas redes, é possível promover o treinamento GAN que pode ser visto como um jogo minimax para dois jogadores no qual o gerador visa produzir amostras que o discriminador não consegue distinguir dos dados reais e o discriminador visa melhorar sua capacidade de distinguir entre amostras reais e geradas (GOODFELLOW *et al.*, 2014). Além disso, métodos de otimização de retropropagação e gradiente descendente são comumente utilizados para treinar as redes geradoras e discriminadoras, que atualizam seus pesos com base no gradiente da função de perda em relação aos seus parâmetros.

Figura 8 – Página inicial do Midjourney



Fonte: Midjourney, 2023.

Vale lembrar que a capacidade das GANs de aprender distribuições de dados complexas e de alta dimensão e gerar exemplos realistas sem modelar explicitamente a distribuição subjacente explica seu sucesso. Por isso, as GANs são particularmente adequadas para aplicações como síntese de imagens, transferência de estilo e aumento de dados devido a esse recurso (CRESWELL *et al.*, 2018).

2.5 DO MITO DA CAVERNA DE PLATÃO AO CHATGPT: UMA ANALOGIA

Na alegoria da caverna de Platão, os escravos são aprisionados em uma caverna, incapazes de ver qualquer coisa, exceto as sombras projetadas na parede à sua frente. Essas sombras, formadas por coisas iluminadas por uma fogueira atrás dos cativos, simbolizam sua perspectiva restrita da realidade. Quando um dos prisioneiros é libertado e se aventura fora da caverna, eles descobrem um mundo de verdade e realidade muito além das sombras às quais estavam presos. Esta alegoria filosófica discute questões de conhecimento, percepção e a natureza da realidade.

Usando a alegoria da caverna de Platão como paradigma, podemos pensar no ChatGPT como um sofisticado modelo de IA que cria respostas semelhantes às humanas com base nos dados em que foi treinado. O ChatGPT é análogo aos prisioneiros na caverna neste contexto, restrito pela amplitude de seus dados de treinamento, que atuam como as "sombras" que detecta. O corpus de texto ao qual o modelo foi exposto ao longo do processo de formação limita sua compreensão de linguagem, conceitos e realidade.

O ChatGPT não pode compreender todas as complexidades e sutilezas da linguagem e da mente humana, assim como os aprisionados na caverna de Platão não puderam discernir a natureza real das coisas que lançam sombras. Suas soluções podem parecer plausíveis e coerentes, mas podem carecer de profundidade ou relevância de contexto, pois o modelo não pode acessar informações do mundo real fora dos limites de seus dados de treinamento.

Outrossim, quando interagimos com o ChatGPT, podemos nos imaginar como o prisioneiro liberto que se aventurou fora da caverna. Temos uma compreensão mais completa da realidade e podemos ver as limitações das respostas do modelo de IA. Esse entendimento nos permite analisar criticamente a resposta do ChatGPT e julgar sua relevância, correção e utilidade. A Figura 9 abaixo foi criada usando o *bot* Midjourney para representar a analogia supracitada.

Figura 9 – Do mito da caverna de Platão ao ChatGPT: uma analogia em imagem



Fonte: Midjourney, 2023.

Finalmente, o paralelo entre a alegoria da caverna de Platão e o ChatGPT serve como um lembrete das limitações da inteligência artificial. É crucial que permaneçamos cientes dessas restrições e vejamos as informações geradas pela IA com cautela e discernimento. Embora os modelos de IA, como o ChatGPT, tenham o potencial de melhorar nossas vidas de várias maneiras, eles não devem ser considerados infalíveis ou substitutos da compreensão e julgamento humanos.

2.6 O CHATGPT COMO UMA NOVA FERRAMENTA DE ENSINO E APRENDIZAGEM

O ChatGPT, um paradigma de processamento de linguagem natural de ponta, tem o potencial de transformar o ensino e a aprendizagem, oferecendo uma plataforma interativa e adaptável para aquisição de conhecimento. Ao alavancar o poder da

inteligência artificial, o ChatGPT, oferece benefícios e vantagens distintas em contextos educacionais.

Em primeiro lugar, o ChatGPT pode oferecer experiências de aprendizado individualizadas adequadas às necessidades de cada aluno. Os alunos podem receber *feedback* rápido, fazer perguntas e estudar os assuntos em seu próprio ritmo, participando de um diálogo individual com o modelo de IA. Essa abordagem individualizada pode auxiliar na superação de lacunas de conhecimento e no desenvolvimento de uma compreensão mais profunda do assunto.

Além disso, o ChatGPT pode ser usado como suplemento pelos educadores para ajudá-los a criar planos de aula, gerar exemplos e fornecer explicações ou esclarecimentos adicionais. O ChatGPT pode ajudar a aliviar parte do esforço experimentado pelos educadores, automatizando certas partes do planejamento de aulas e do desenvolvimento de materiais, permitindo que eles se concentrem mais nas necessidades individuais dos alunos e promovendo um ambiente de aprendizado mais dinâmico e eficiente. Isto vai ao encontro das especificidades genuínas de cada indivíduo, já que cada um de nós tem preferências, habilidades e necessidades de aprendizagem únicas, grandes modelos de linguagem, tal como o chatGPT, oferecem uma oportunidade única para fornecer experiências de aprendizagem personalizadas e eficazes (KASNECI *et al.*, 2023).

O ChatGPT também pode promover o aprendizado colaborativo, permitindo que os alunos colaborem em projetos ou tarefas, oferecendo orientação e ajuda conforme necessário. Porém, à medida que os alunos aprendem a navegar e resolver problemas com a ajuda do modelo de IA, essa abordagem colaborativa pode ajudar a desenvolver habilidades de trabalho em equipe e habilidades de pensamento crítico. A Inteligência Artificial Adaptativa (IAA) desempenha um papel fundamental no desenvolvimento de habilidades de pensamento crítico, pois proporciona um ambiente de aprendizagem personalizado e interativo, facilitando a compreensão profunda dos conceitos pelos alunos (HOLMES; BIALIK; FADEL, 2019).

No entanto, é fundamental reconhecer as limitações do ChatGPT e garantir que ele seja usado de forma responsável e ética em ambientes educacionais. Já que o modelo de IA pode fornecer respostas erradas ou inadequadas ocasionalmente, o que pode ser resolvido por meio de monitoramento, avaliação e *feedback* contínuos de instrutores e alunos. Além do mais, o ChatGPT deve ser visto como um complemento aos métodos tradicionais de ensino, e não como um substituto para educadores humanos.

Nessa linha, Pavlik (2023) nos alerta que é fundamental ter consciência das limitações inerentes aos grandes modelos de linguagem e empregá-los exclusivamente como uma ferramenta para fortalecer e aperfeiçoar o processo de aprendizado, em vez de suplantar as autoridades humanas e demais fontes autorizadas que são indispensáveis aos contextos educacionais.

2.7 JOGOS EDUCACIONAIS COMO ESTRATÉGIA PEDAGÓGICA

Há bastante tempo há diversos pesquisadores defendendo o potencial da ludicidade quando empregada no ensino de Ciências. Portanto, a inserção de atividades lúdicas em sala de aula no contexto do ensino fundamental e médio tende a desempenhar um papel fundamental na promoção do engajamento dos estudantes, na estimulação da aprendizagem efetiva, no desenvolvimento de habilidades socioemocionais, no fomento do pensamento crítico e na capacidade de solução de problemas, além de contribuir para o bem-estar dos estudantes e para a melhoria do clima escolar. Essas práticas pedagógicas proporcionam uma abordagem dinâmica e envolvente, que resulta em uma experiência de aprendizado mais agradável e eficaz para os estudantes.

Nessa esteira de vantagens formativas para os estudantes, Cleophas e Soares (2018) defendem a importância de incentivar a implementação de uma “didatização lúdica” nos contextos educacionais, pois, para estes autores, por meio da integração da ludicidade com a didática, é possível estabelecer uma conexão efetiva e prazerosa entre o estudante e o conhecimento científico. Já que a ludificação dos processos de ensino e aprendizagem agrega benefícios no desenvolvimento de competências e habilidades cognitivas (SILVA; LOPES; CLEOPHAS, 2017). Adicionalmente, Buchner, Rüter e Kerres (2022) destacam que as atividades lúdicas promovem resultados positivos atrelados à aprendizagem cognitiva e emocional, geram o aprimoramento de competências de colaboração, solução de desafios, comunicação e criatividade.

Isto posto, devido à sua capacidade de incentivar uma melhoria nos resultados de aprendizagem, ao mesmo tempo em que promove o envolvimento e o prazer no processo de aprendizagem, os jogos educativos tornaram-se mais incorporados ao cenário pedagógico (GARRIS *et al.*, 2002; SHUTE *et al.*, 2015). Esses jogos têm o potencial de auxiliar na aquisição de conhecimento e no desenvolvimento de habilidades numa ampla gama de áreas, desde o aprendizado de línguas e matemática até ciências e história, misturando aspectos lúdicos com material educacional (HAINEY *et al.*, 2011;

PAPASTERGIOU, 2009). Desse modo, os jogos educativos oferecem uma oportunidade única de combinar diversão com educação, tornando a aprendizagem mais imersiva, envolvente e motivadora para os alunos (CONNOLLY *et al.*, 2012).

Sob este prisma, o uso de jogos educativos como recurso pedagógico tem sido associado ao favorecimento de uma maior retenção, habilidades de resolução de problemas e pensamento de ordem superior (GEE, 2005; MAYER, 2019). Além disso, ao incentivar os alunos a colaborar e avaliar várias visões, esses jogos podem ajudar a aumentar o trabalho em equipe, as habilidades sociais e a empatia (CHANG *et al.*, 2014; VLACHOPOULOS; MAKRI, 2017). Além do mais, os jogos educativos podem ajudar os alunos a desenvolver a alfabetização digital e habilidades do século XXI, preparando-os para um mundo cada vez mais tecnológico (ANNETTA, 2008; SITZMANN, 2011).

À medida que os jogos educacionais ganham popularidade no design instrucional, eles fornecem uma nova abordagem para complementar as abordagens de ensino padrão e gerar uma experiência de aprendizado mais interessante e eficaz. Conforme os jogos educacionais se expandem, eles fornecem uma rota viável para melhorar as experiências e os resultados do aprendizado, estimulando a criatividade e a inovação e capacitando os alunos a se tornarem aprendizes ao longo da vida em um ambiente em rápida mudança.

2.8 A IA E SUA APLICAÇÃO NOS JOGOS EDUCACIONAIS

A inteligência artificial (IA) está se tornando um componente cada vez mais importante dos jogos educacionais, pois são eficientes para melhorar sua capacidade de oferecer experiências de aprendizagem individualizadas e adaptáveis (BAKER; INVENTADO, 2014; HOLMES *et al.*, 2019). Logo, os jogos educacionais podem avaliar e responder aos requisitos, preferências e progresso de alunos individuais em tempo real, utilizando técnicas de IA, como aprendizado de máquina, processamento de linguagem natural e algoritmos adaptativos (LOMAS *et al.*, 2013).

Um exemplo do uso popular de IA em jogos educacionais são os chamados Sistemas Tutores Inteligentes (ITS), que fornecem instrução individualizada, *feedback* e assistência aos alunos, emulando a experiência de tutoria individual (VANLEHN, 2011). Além disso, os jogos educacionais baseados em IA podem ajustar seu conteúdo, dificuldade e ritmo dinamicamente para otimizar o aprendizado e manter o envolvimento do aluno (YANG; HWANG; YANG, 2013; KICKMEIER-RUST *et al.*, 2011).

Além disso, a análise orientada por IA permite o rastreamento e a avaliação dos resultados de aprendizagem, fornecendo aos educadores informações valiosas sobre os pontos fortes, fracos e áreas de melhoria dos alunos (MISLEVY *et al.*, 2012; SHUTE; VENTURA, 2013). Em conclusão, o uso de IA em jogos educacionais tem um enorme potencial para revolucionar a experiência de aprendizagem, fornecendo ambientes de ensino personalizados, adaptáveis e envolventes que respondem aos requisitos e preferências de alunos individuais. Em complemento, Kuhlthau *et al.* (2015) nos asseguram que a promoção do desenvolvimento de habilidades de aprendizagem e resolução de problemas do século XXI, especialmente, pensamento crítico, criatividade, comunicação e colaboração. Percebemos que tais habilidades podem ser fortemente incentivadas por meio da construção de jogos elaborados com o apoio da IA. Todavia, denota-se que há um campo de elevado potencial e cadente de pesquisas que sejam baseadas em evidências empíricas.

3 METODOLOGIA

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

Este estudo adota uma abordagem de métodos mistos para coleta de dados e análise de dados qualitativos. Esta técnica visa dar um conhecimento profundo do uso e eficácia de um jogo instrucional gerado por IA em um contexto de escola pública de educação básica. O uso de métodos mistos garante que o estudo cubra todas as partes da experiência de jogo, como resultados de aprendizado, envolvimento do jogador e *feedback* do usuário.

As observações foram utilizadas para coletar dados qualitativos sobre suas experiências e perspectivas do jogo educacional. Para encorajar os participantes a oferecerem seus pontos de vista, opiniões e sugestões de melhoria, empregamos o uso do questionário. Os dados qualitativos são avaliados por meio de análise temática para descobrir padrões nas respostas dos participantes. Assim se revela o envolvimento do usuário, satisfação e áreas potenciais para melhoria no design e a jogabilidade em si.

A pesquisa é aplicada, pois visa resolver um problema do mundo real: a falta de ferramentas educacionais interessantes e eficazes que possam melhorar as experiências de ensino e aprendizagem. Assim produzido um jogo que atende às demandas de educadores e alunos, exibindo o potencial da IA na criação de jogos educacionais, empregando os modelos ChatGPT e MidJourney AI. Para garantir que o jogo seja projetado e testado de acordo com o ambiente educacional e que esteja em consonância com as necessidades dos alunos e professores, o método de pesquisa aplicada necessitou de uma colaboração com os sujeitos investigados do tipo participante. Este tipo de procedimento de pesquisa, de acordo com Peruzzo (2017), não se constitui num modelo metodológico único, embora tenham em comum a inserção e a participação do pesquisador no ambiente investigado.

Um dos principais objetivos desta pesquisa descritiva foi de avaliar as possibilidades de combinar os modelos ChatGPT e MidJourney AI no desenvolvimento de jogos pedagógicos para uso no ensino de ciências naturais. A pesquisa analisou as oportunidades, vantagens e problemas de incorporar IA no design de jogos, bem como a influência nos resultados de aprendizagem e na experiência dos sujeitos investigados. Esta investigação forneceu informações úteis sobre o status atual dos jogos educacionais orientados por IA e ajudará a orientar futuros esforços de pesquisa e desenvolvimento.

A abordagem exploratória do estudo também incluiu observar as percepções dos alunos e o envolvimento com o jogo pedagógicos gerado por IA. A pesquisa investigou como os usuários percebem o jogo e sua eficácia no cumprimento de seus objetivos educacionais, coletando dados qualitativos por meio de questionários e anotações em diário de campo. A Intervenção Lúdica Pedagógica (ILP) foi adotada no contexto desta pesquisa para proporcionar que o jogo fosse abordado e utilizado em sala de aula de maneira eficaz ao atuar recurso viável no processo de ensino e aprendizagem. Para tanto, os alunos foram apresentados ao jogo como um recurso complementar de aprendizagem, com o objetivo de melhorar sua compreensão associando as descobertas importantes da ciência com os seus cientistas apropriados, possui também o propósito de dar ênfase ao conhecimento acumulado durante toda a história, mostrando como a descobertas do passado influenciam nos avanços científicos modernos.

3.2 INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS

Este estudo utilizou uma variedade de dispositivos de coleta de dados para garantir um acervo da influência do jogo gerado por IA nos resultados de aprendizagem e na experiência de discentes do Ensino Médio de uma escola pública. Diário de campo e questionários são exemplos desses instrumentos.

Durante o processo de aplicação do jogo em sala de aula, a coleta de dados ocorreu por meio de observações registradas em diário de bordo/campo, utilizando as recomendações sugeridas por Pscheidte e Cleophas (2021). O diário de campo é uma ferramenta importante para a pesquisa qualitativa, oferecendo um meio de registro rico e detalhado das observações e reflexões do pesquisador (BOGDAN; BIKLEN, 1994). Fornecendo informações sobre as características práticas da ILP, como desafios técnicos, interações aluno-professor e dinâmica geral de sala de aula. As notas de campo também auxiliaram na análise de dados qualitativos.

Alunos receberam questionários dos educadores para coletar dados qualitativos sobre suas experiências com o jogo. Perguntas fechadas, como itens de escala avaliativa, foram incluídas nas pesquisas para coletar informações sobre a satisfação do estudante, engajamento e resultados de aprendizagem percebidos. Foram utilizadas também perguntas abertas para permitir que os participantes oferecessem suas ideias e sugestões para melhorar o jogo. Os dados do questionário junto das percepções foram examinados para oferecer uma descrição completa da influência do jogo na atmosfera da

sala de aula e nos resultados de aprendizagem, assim para a eficácia do jogo.

3.3 CARACTERIZAÇÃO ESPACIAL E DOS SUJEITOS

A escolha do lugar para a realização da ILP foi a do Colégio Estadual Presidente Costa e Silva, que é uma instituição pública de educação básica localizada em Foz do Iguaçu – PR. A ILP foi implementada em três salas da primeira série do Ensino Médio e uma da terceira série do Ensino Médio com o objetivo de verificar a eficácia do jogo elaborado perante à análise perceptiva sobre a promoção de aprendizagem. A Figura 10 contempla a localização da escola e a Figura 11, a fachada da escola.

Figura 10 – Localização no Google Maps do colégio



Fonte: Google Earth, 2023.

Figura 11 - Fachada do Colégio Estadual Presidente Costa e Silva

Fonte: Google Maps, 2023.

Participaram da atividade 109 alunos, entretanto apenas 78 respostas foram levadas em consideração, excluindo alguns dos questionários por falta de maturidade ou falta de informações necessárias que pudessem ser levados em consideração. A amostra escolhida de forma não probabilística por conveniência englobou 56 alunos da primeira série e 22 alunos da terceira série. A Tabela 1 reúne as características da amostra.

Tabela 1: Dados de identificação da amostra de alunos

| | Característica | Porcentagem |
|--------------|-----------------------|--------------------|
| Sexo | Masculino | 37,2% (n = 29) |
| | Feminino | 55,1% (n = 43) |
| | Prefiro não dizer | 7,7% (n = 6) |
| Idade | 14 a 15 anos | 59% (n = 46) |
| | 16 a 17 anos | 33,4% (n = 26) |
| | 18 a 19 anos | 6,4% (n = 5) |
| | 20 anos | 1,3% (n = 1) |

Fonte: Dados da pesquisa.

3.4 DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

Esta pesquisa utilizou de uma abordagem formada por períodos para traçar o seu progresso desde a elaboração do jogo até a ILP. Suas fases foram: 1) Escolha dos cientistas 2) Geração da jogabilidade e das imagens; 3) Impressão do Jogo; e, 4) Intervenção Lúdica Pedagógica (ILP). A ILP ocorreu em maio de 2023. A Sequência Didática Lúdica (SDL) que compôs a ILP teve algumas fases necessárias à aplicação do jogo, sendo estas: 1) Mini palestra sobre os cientistas e inteligência artificial em sala de aula; 2) apresentação do “Eureka AI!”; 3) avaliação do jogo pelos estudantes por meio de questionário; e, por fim, 4) sessão de *debriefing* para discutir e observar as percepções dos discentes que não foram obtidas com o questionário. Segundo Garris *et al.* (2022), tal sessão representa um elo crítico entre as atividades do jogo e a aplicação da experiência do jogo à situação real. A duração da ILP foi de 50 minutos (duração de uma aula).

3.4.1 Aplicação do Jogo (Orientações)

Dada a noção previamente informada sobre a quantidade de alunos de cada sala, foram formados 6 grupos por classe, em que cada grupo possuía cerca de 4 a 6 alunos, dependendo da quantidade total de alunos de cada sala. Essa estratégia foi adotada a fim de separar a maior quantidade possível de cartas, no maior número possível de alunos por grupo que ficasse num formato conveniente, ou seja, sem extrapolar o aproveitamento esperado com muitos alunos no mesmo grupo.

As cartas do jogo foram separadas em 3 pilhas: uma com cientistas famosos, uma com cartas de ação/cartas de obstáculos/cartas de descobertas e uma com cartas de eventos. Logo em seguida, uma carta da pilha de cientistas era virada em cada grupo, o cientista virado era o protagonista da partida (dos 28 cientistas, cada grupo recebia a possibilidade de 4 cientistas). Cada jogador comprava três cartas da pilha principal (que possui as cartas de ação, de obstáculos e de descobertas). Um jogador aleatório começava a partida, podendo realizar essas ações:

- 1) Descartar uma carta de descoberta relacionada ao cientista;
- 2) Jogar uma carta de ação;
- 3) Comprar uma carta da pilha principal e a jogar, se for possível (ação ou descoberta

relacionada ao cientista em questão);

4) Caso possua apenas cartas de descobertas de outros cientistas ou cartas de obstáculos, é obrigado a jogar uma carta de obstáculo, caso só tenha cartas de descobertas de outros cientistas, passe para o próximo jogador.

Ao fim da rodada (quando todos os jogadores realizaram suas ações), uma carta de Evento era virada e os jogadores seguiam o que está escrito nela. Portanto, os jogadores venciam quando conseguiam jogar (descartar) todas as 3 cartas relacionadas a descoberta do cientista em questão. E perdiam quando todos os jogadores jogavam cartas de obstáculo consecutivamente.

3.5 CONSTRUÇÃO DOS DADOS

Os dados obtidos são submetidos à análise de conteúdo, uma abordagem de pesquisa utilizada para compreender sistematicamente o contexto do material textual. Para tanto, utilizamos técnicas de codificação dadas por Creswell (2012) para realizar o processo de análise e interpretação dos dados coletados. Com efeito, notas de campo e respostas de questionários são processadas e categorizadas com base nos temas ou padrões recorrentes dos dados. Desse modo, foi possível descobrir insights críticos relacionados ao jogo gerado por IA no que se refere ao envolvimento dos estudantes e aos possíveis resultados de aprendizado percebidos na ILP. Logo, a análise de conteúdo forneceu um método sistemático para avaliar dados qualitativos e tirar conclusões relevantes sobre a influência do jogo no ambiente de sala de aula.

Foi elaborado um questionário, dividido em três partes: Parte A (sondagem), em que era o momento inicial da ILP, logo após a apresentação dos aplicadores, os alunos já preenchiam essa parte; Parte B (Jogando o "Eureka AI!"), em que os alunos durante o jogo já foram preenchendo essa parte; Parte C (Avaliando o jogo "Eureka AI!"), logo após terminarem de jogar, os alunos preenchiam essa parte. O questionário empregado na ILP está exposto no Quando 1 abaixo.

Quadro 1: Questionário utilizado para coletar as percepções dos alunos

| SOBRE VOCÊ | | |
|---|--------|---|
| Qual a sua idade? | Gênero | <input type="checkbox"/> Feminino <input type="checkbox"/> Masculino <input type="checkbox"/> Prefiro não dizer |
| PARTE A (SONDAGEM) | | |
| O que um cientista faz? | | |
| A ciência produzida pelos(pelas) Cientistas é importante para a sua vida? <input type="checkbox"/> SIM <input type="checkbox"/> NÃO | | |
| Você já ouviu falar sobre algum/alguma Cientista? <input type="checkbox"/> SIM <input type="checkbox"/> NÃO | | |
| Cite os nomes de alguns cientistas que você conhece. | | |
| Na sua opinião, qual o papel dos(as) Cientistas para a sociedade? | | |
| O que você entende por Inteligência Artificial? | | |
| Na sua opinião, como a Inteligência Artificial impacta no nosso cotidiano? | | |
| PARTE B – JOGANDO O “Eureka AI!” | | |
| Quais os/as Cientistas estavam presentes durante a partida do jogo? | | |
| Você já conhecia estes cientistas? <input type="checkbox"/> SIM <input type="checkbox"/> NÃO | | |
| O que mais chamou a sua atenção sobre os cientistas? | | |
| Na sua opinião, como as contribuições científicas do passado influenciam os rumos da ciência na atualidade? | | |
| PARTE C – AVALIANDO O JOGO “Eureka AI!” | | |
| Numa escala de 1 a 10, quanto o jogo “Eureka AI!” ajudou você a adquirir conhecimentos sobre os(as) Cientistas? | | |



Numa escala de 1 a 10, indique o quanto o jogo “Eureka AI!” aumentou os seus conhecimentos sobre as descobertas fundamentais para o avanço da humanidade.



Numa escala de 1 a 10, indique o quanto o jogo “Eureka AI!” teve potencial para aguçar a sua curiosidade sobre a história dos cientistas e suas descobertas.



Numa escala de 1 a 10, avalie o jogo “Eureka AI!”



Numa escala de 1 a 10, indique o quanto você gostou de participar do jogo “Eureka AI!” em grupo.



Numa escala de 1 a 10, indique o quanto as imagens dos Cientistas no jogo “Eureka AI!” estão visualmente atrativas (bem-feitas).



Descreva, com uma única palavra, a sua experiência com o jogo “Eureka AI!”

Na sua opinião, como as cartas, imagens e o jogo “Eureka AI!” foram produzidos?

Caso queira, adicione aqui sugestões e críticas em relação ao jogo “Eureka AI!”

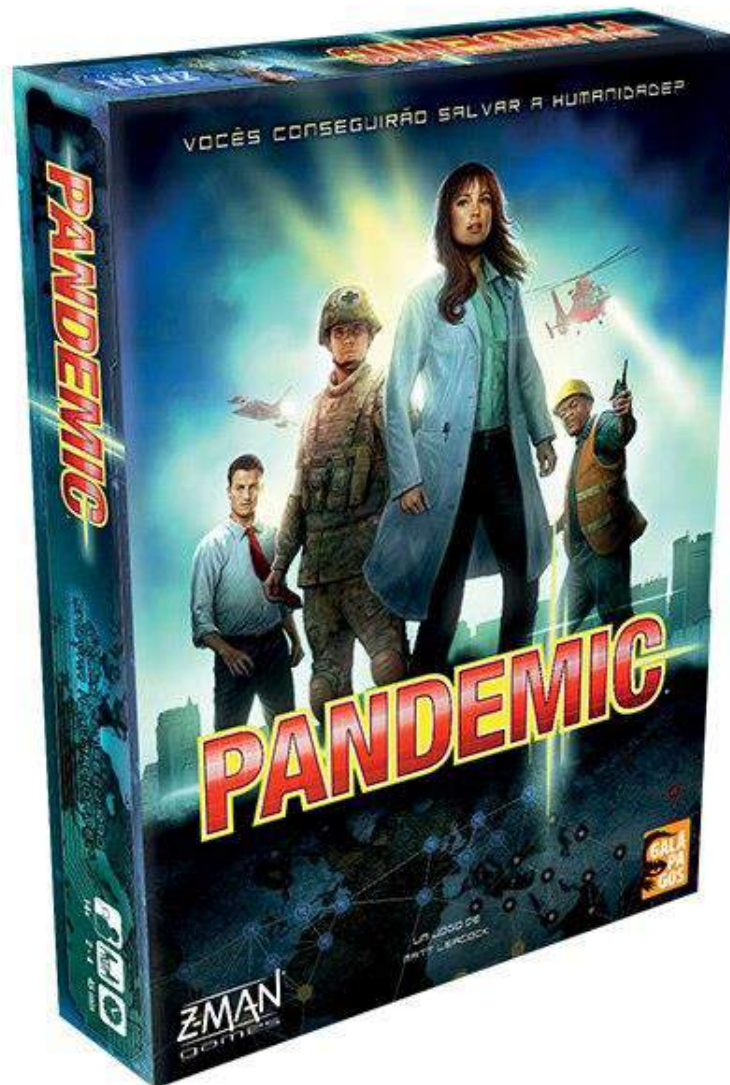
3.6 DESCRIÇÃO DO JOGO

A ideia do jogo pedagógico gerado por IA foi inspirada nos conceitos de estratégia e colaboração e teve como objetivo, incentivar a participação dos alunos, sem instigar a competitividade. Dessa maneira, a ILP estava munida com a pretensão de promover uma atmosfera inclusiva e colaborativa em que os alunos pudessem trabalhar em equipe para alcançar um objetivo comum.

O conceito do jogo elaborado com apoio da IA foi denominado de "Eureka AI!". Ele é centrado nos avanços históricos da ciência para a sociedade como um todo e inclui adventos da matemática, física e química. Esta decisão temática foi pensada de forma a garantir a pertinência do jogo para todas as faixas etárias e dar uma diversidade de possibilidades de aprendizagem no domínio do conhecimento científico.

No entanto, para usar o ChatGPT no desenvolvimento do jogo foi utilizada uma descrição simples, sendo necessária como ponto de partida. Conforme o Capítulo 2 mostra uma explicação da arquitetura por trás do funcionamento do ChatGPT, a escolha dos *prompts* é essencial para garantir um direcionamento assertivo. *Prompts* bem escolhidos tendem a produzir respostas mais contextuais e adequadas. Diante disso, o popular jogo de tabuleiro cooperativo "Pandemic" foi a principal fonte de inspiração utilizada no *prompt* inicial para elaborarmos um estilo de jogo cooperativo (Figura 12). Os jogadores de "Pandemic" colaboram para combater e, eventualmente, impedir a propagação de doenças antes que elas dominem o planeta. Desta maneira, apesar de cada jogador possuir suas próprias cartas e tomar decisões de forma individual, é preciso dialogar com os outros jogadores a fim de elaborar um plano. De modo análogo, o nosso jogo gerado por IA, promove que os alunos trabalhem juntos para achar as descobertas dos cientistas e relacionar com o seu responsável, o que melhora seu conhecimento e compreensão das descobertas e enaltece os cientistas responsáveis nas áreas de matemática, física e química, de modo a favorecer a compreensão que suas contribuições ainda são atemporais para o avanço da sociedade.

Figura 12 – Jogo Pandemic, que serviu de inspiração para o trabalho

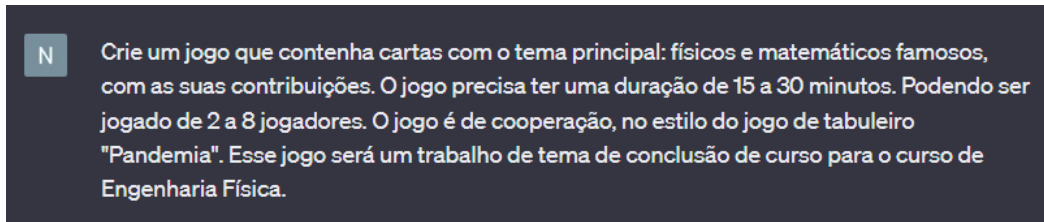


Fonte: Galapagos jogos, 2023.

Portanto, tal estrutura cooperativa convida os alunos a colaborar em equipe, criar estratégias e reforçar seus conhecimentos científicos em um ambiente divertido e dinâmico, pois o jogo visa desenvolver o pensamento crítico, a resolução de problemas e a colaboração entre as pessoas. Ademais, cabe destacar que o estilo de arte do jogo é inspirado em animações, o que oferece um apelo visual colorido e atraente que se encaixa bem com o plano de fundo instrucional.

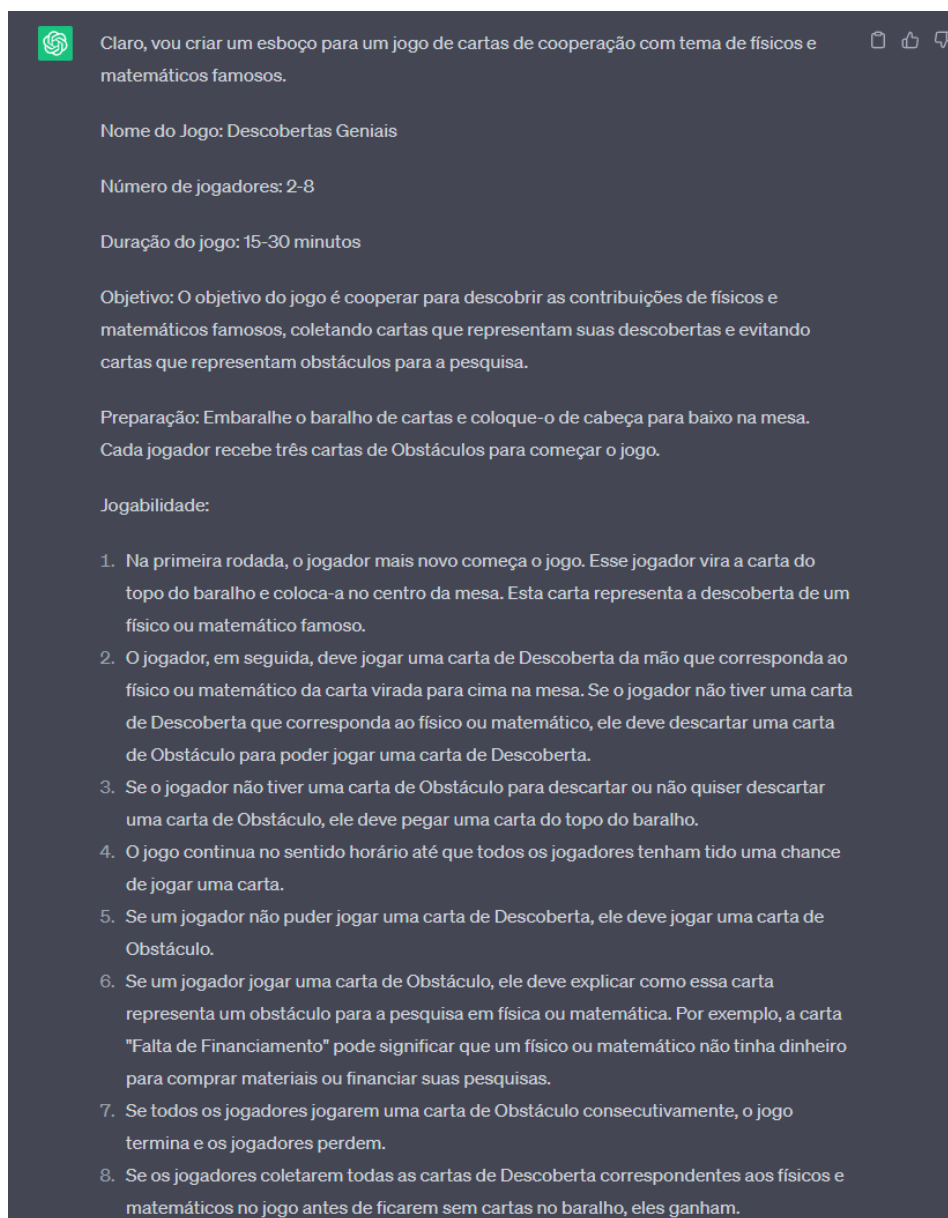
A Figura 13 ilustra o pedido inicial para o ChatGPT, e a Figura 14, por sua vez, representa a resposta do chat ao pedido. Todos os comandos (*prompts*) aplicados na elaboração do jogo estão no APÊNDICE A.

Figura 13 - Comando inicial de geração do jogo "Eureka AI!"



Fonte: ChatGPT, 2023.

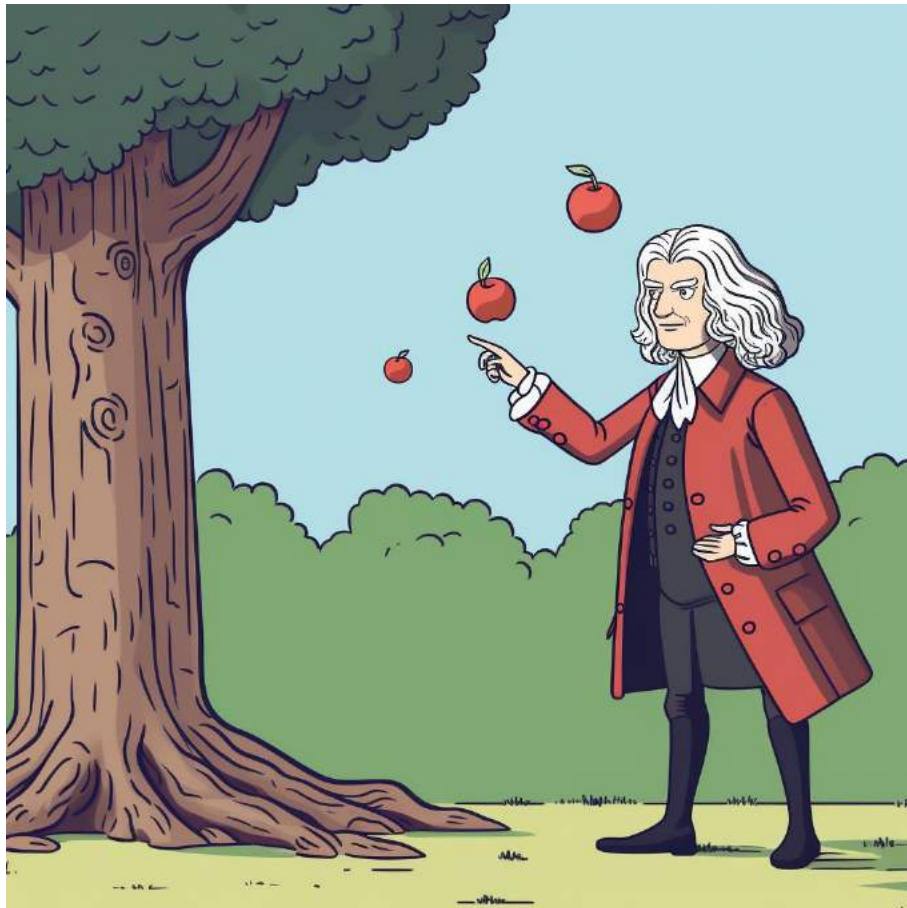
Figura 14 - Resposta gerada pelo ChatGPT ao comando inicial de geração do jogo



Fonte: ChatGPT, 2023.

Com efeito, a IA MidJourney elaborou toda a arte a partir de de *prompts* de descrição de imagem. Notadamente, a capacidade da IA de desenvolver designs e detalhes aumentou o apelo estético do jogo. A arte em estilo de animação não apenas aumenta o poderil estético do jogo "Eureka AI!" (A Figura 15 é um exemplo de uma imagem gerada pelo Midjourney para o jogo "Eureka AI!"), mas também ajuda a comunicar princípios científicos complicados de maneira fácil de digerir e interativa, tornando a experiência de aprendizado divertida e eficaz. Os comandos utilizados na plataforma IA MidJourney estão detalhados no APÊNDICE B.

Figura 15 – Imagem do Isaac Newton gerada pela IA Midjourney



Fonte: MidJourney, 2023.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Esta pesquisa teve como resultado a criação do jogo "Eureka AI!" usando tecnologias de inteligência artificial e a sua aceitação como meio de divulgação científica, através de diário de campo e questionário aplicado. Para considerar o questionário como válido, os participantes tinham que preencher grande parte dele, assim foi realizada uma análise manual da coerência das respostas e totalidade do preenchimento delas, desse modo, 78 respostas foram validadas. Os dados foram classificados e organizados de acordo com as perguntas feitas com base nas respostas fornecidas pelo questionário.

4.1 GERAÇÃO DO JOGO "EUREKA AI!"

A utilização de inteligências artificiais, como o ChatGPT e o MidJourney, permitiu desenvolver um jogo pedagógico para que fosse utilizado em equipe como recurso didático. O ChatGPT foi usado para produzir a mecânica do jogo (regras e objetivos) e o seu conteúdo. Já a inteligência artificial MidJourney, por outro lado, foi fundamental na produção de visuais de alta qualidade e esteticamente atraentes que combinavam com a narrativa do jogo. A combinação desses dois sistemas de IA produziu um jogo único e inovador que integrou componentes instrucionais a fim de uma experiência de jogo divertida.

O jogo "Eureka AI!" conta com 28 cartas de cientistas diferentes, com 3 cartas de descobertas por cientista, sendo assim 84 cartas de descobertas no total. Possui 28 cartas distintas de obstáculos, sendo 3 cópias de cada carta de obstáculo diferente, o que somadas dá 84 cartas de obstáculo. O jogo também dispõe de 4 cartas de ação, com 10 cópias cada no baralho do jogo, somando 40 cartas de ação. São 12 cartas de evento, em que são 11 eventos diferentes e apenas 1 repetido (já que a ILP foi organizada para ter 6 grupos por sala e as cartas serem distribuídas de forma uniforme). Assim, o "Eureka AI!" possui 248 cartas ao todo. A Figura 16 exibe o logotipo do jogo elaborado e opções de como fazer o download do jogo na íntegra, contendo todas as instruções de como usá-lo em sala de aula e fora dela.

Figura 16 – Logotipo do jogo “Eureka AI!” e opções de fazer o *download*



 abre.ai/eurekaai

Fonte: *MidJourney*, 2023.

As cartas do jogo “Eureka AI!” foram impressas no formato regular de 63,5mm x 88mm. A adoção de um tamanho de cartas já conhecido foi deliberada, pois permitia a compatibilidade com as proteções de cartas existentes no mercado (que foram compradas a fim de dar maior durabilidade as cartas). Todas as cartas e regras do jogo “Eureka AI!” estão dispostas no APÊNDICE C.

Figura 17 – Cartas impressas e separadas por suas categorias



Fonte: o autor, 2023.

Figura 18 – Cartas separadas por suas categorias



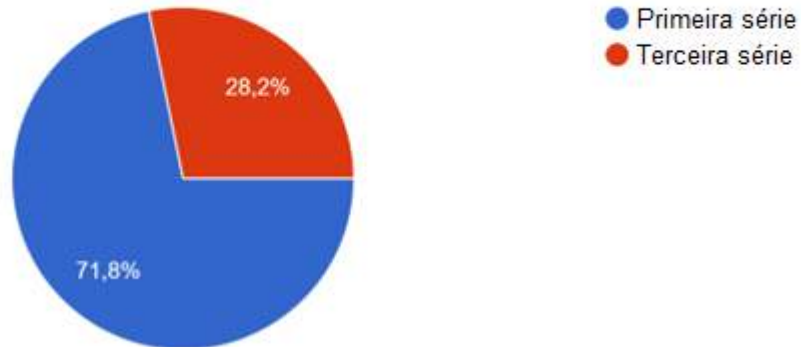
Fonte: o autor, 2023.

4.2 APLICAÇÃO DA ILP

A ILP ocorreu no dia 23 de maio de 2023, no período da manhã. As fotos aqui apresentadas por meio das Figuras 19, 20, 21, 22, 23 e 24 demonstram a execução da Intervenção Lúdica Pedagógica junto da Sequência Didática Lúdica. A ILP foi aplicada em três turmas da primeira série e uma da terceira série do Ensino Médio, o Gráfico 1 apresenta a proporção por série dos alunos.

Gráfico 1 – Ano escolar dos participantes da ILP

Ano escolar
78 respostas



Fonte: o autor, 2023.

Figura 19 - Mini palestra sobre os cientistas e inteligência artificial em sala de aula

Fonte: o autor, 2023.

Figura 20 – Apresentação do jogo “Eureka AI!”



Fonte: o autor, 2023.

Figura 21 – Alunos jogando o “Eureka AI!”



Fonte: o autor, 2023.

Figura 22 – Mais alunos jogando o “Eureka AI!”



Fonte: o autor, 2023.

Figura 23 – Alunos preenchendo o questionário



Fonte: o autor, 2023.

Figura 24 - Sessão de *debriefing*



Fonte: o autor, 2023.

4.3 RESULTADO DO QUESTIONÁRIO APLICADO

4.3.1 Parte A do Questionário Aplicado (Sondagem)

A Parte A do questionário destinava-se a examinar a compreensão dos alunos antes da experiência com o “Eureka AI!”. Logo, esta seção da pesquisa teve como objetivo obter informações sobre sua compreensão dos cientistas, sua percepção de suas relevâncias e seu conhecimento básico sobre inteligência artificial. Essa avaliação preliminar permitiu uma melhor apreensão de suas noções iniciais e serviu como ponto de referência para analisar eventuais ajustes de conhecimento ou atitudes após sua participação no jogo. Para uma melhor sistematização dos resultados, eles serão apresentados seguindo a sequência de perguntas realizadas e dispostas no Quadro 1.

4.3.1.1 O que um cientista faz?

A ideia dessa pergunta inicial era de coletar as percepções iniciais dos alunos, antes que eles tivessem contato com a apresentação e o jogo. Das 74 respostas para essa pergunta, foi possível identificar três temas principais, sendo: pesquisas, estudos

e experimentação; descoberta e inovação; contribuição para a sociedade.

Quadro 2: Sondagem inicial das percepções dos alunos sobre o que um cientista faz

| Temas | Frequência (%) | Excerto (exemplos de declarações) |
|--|-----------------|--|
| Pesquisas, estudos e experimentações | 72,97% (n = 54) | "Pesquisas e experimentos", "Pesquisas, experimentos", "Estuda a ciência", "Estuda e analisa tudo que existe e descobre coisas" |
| Descoberta e Inovação | 18,92% (n = 14) | "Tem função de fazer novas descobertas para o mundo (universo)", "Estuda, pesquisa, vai atrás de fatos e comprova suas teorias ajudando na descoberta de várias coisas" |
| Contribuição para a Sociedade/Humanidade | 8,11% (n = 6) | "Estuda e desenvolve conhecimentos e tecnologias para facilitar e colaborar com a vida humana", "Estuda a ciência e ajuda na sua |

| | | |
|--|--|-----------|
| | | evolução" |
|--|--|-----------|

Fonte: Elaborado pelo autor.

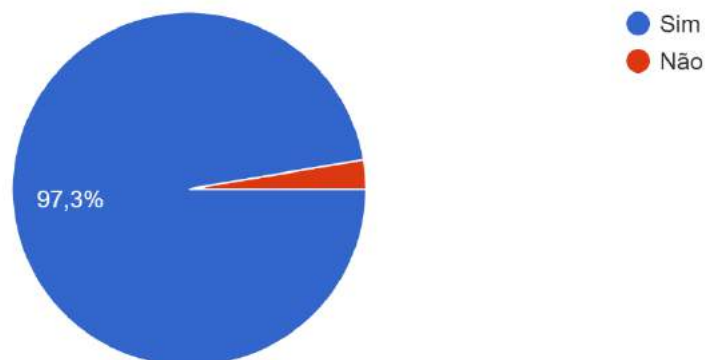
4.3.1.2 A ciência produzida pelos(pelas) cientistas é importante para a sua vida?

Para essa pergunta, as respostas foram praticamente unânimes, conforme o Gráfico 2 indica, das 75 respostas, 73 alunos reconhecem a importância da ciência produzida pelos cientistas para as suas vidas, enquanto apenas 2 não reconhecem.

Gráfico 2 – Reconhecimento da importância dos cientistas para as vidas dos alunos

A ciência produzida pelos cientistas é importante para a sua vida?

75 respostas



Fonte: o autor, 2023.

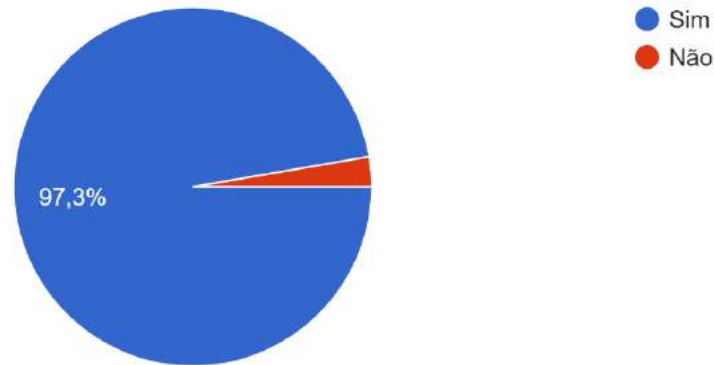
4.3.1.3 Você já ouviu falar sobre algum/alguma cientista?

Essa pergunta teve praticamente o mesmo resultado da anterior, só que com 1 resposta a menos, ou seja, apenas 2 declararam não ter ouvido falar sobre algum cientista, enquanto 72 declararam que já ouviram falar.

Gráfico 3 – Declaração de já ter ouvido falar sobre algum cientista

Você já ouviu falar sobre algum cientista?

74 respostas



Fonte: o autor, 2023.

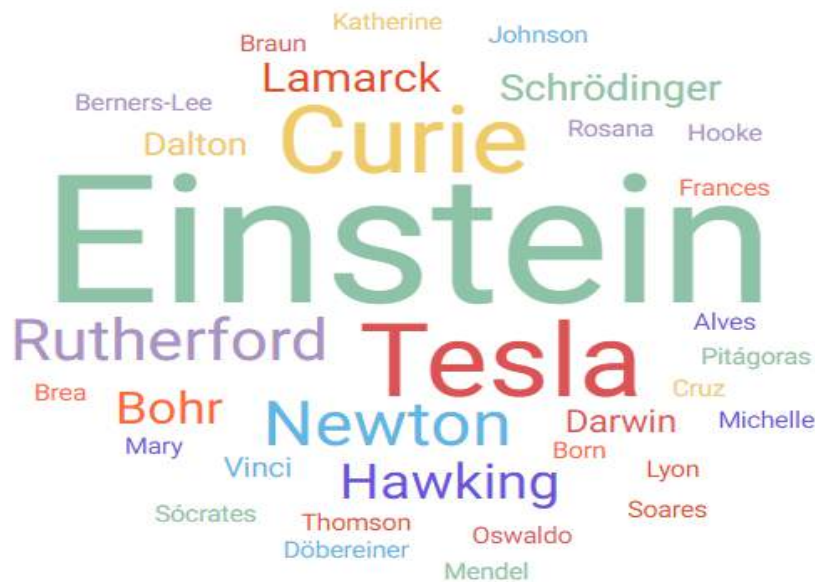
4.3.1.4 Cite os nomes de alguns cientistas que você conhece.

Nessa seção do questionário, foi perguntado aos alunos quais cientistas eles conheciam antes de jogar o “Eureka AI!”, conforme a Figura 23. Das 74 respostas para essa pergunta, os dados mostram que o cientista mais conhecido por parte dos alunos é Albert Einstein, com 49% (36 alunos) dos alunos citando seu nome. Já o segundo cientista mais conhecido por parte dos alunos foi Nikola Tesla, com 26% (19 alunos) de seu nome citado. Por fim, a cientista mais famosa em relação a amostra, foi a Marie Curie, sendo citada por 23% (17 alunos) dos alunos, representando assim, a terceira pessoa mais conhecida entre os estudantes. Este achado se assemelha a um estudo encontrado na literatura que revela que especialmente as estudantes do sexo feminino consideravam mulheres cientistas como Marie Curie como sua cientista favorita (CAMCI-ERDOĞAN, 2013).

Para melhor demonstrar estes resultados, optamos por elaborar uma nuvem de palavras (Figura 23), pois nela, as palavras são indicadas pelo seu tamanho de fonte proporcional que representa a sua frequência no texto, ou seja, quanto mais frequente a palavra aparecer, maior será sua representação visual na nuvem de palavras. Curiosamente, percebemos que parte dos nomes citados foram retirados de um banner que foi apresentado durante a ILP. Ademais, quando o estudo foi realizado, uma situação que

nos chamou a atenção nas respostas dos alunos é que os nomes dos cientistas foram escritos incorretamente. Esta situação, de modo análogo ao nosso resultado, foi relatada no estudo de Bozdoğan e Durukan (2018), pois para estes autores, os alunos escreveram incorretamente porque eram nomes estrangeiros e não eram adequados à estrutura da língua portuguesa. Porém, nesta pesquisa, optamos em corrigir os nomes e mantemos aqueles que não possuía relação com o item questionado.

Figura 23: Resultado dos cientistas que os alunos conheciam antes do jogo “Eureka AI!”



Fonte: o autor, 2023.

4.3.1.5 Na sua opinião, qual o papel dos cientistas para a sociedade?

No intuito de responder a este item de estudo, foi utilizada uma análise temática nas respostas dos alunos para categorizar os dados por similaridade das respostas recebidas. Assim, das 71 respostas obtidas, elas foram examinadas em associações e gerando os temas identificados ao contexto da pesquisa. Estes resultados estão disponíveis no Quadro 3 a seguir. Nessa análise, é de se destacar que as visões dos alunos em relação aos cientistas são muito positivas e simplistas sobre o papel dos cientistas, embora as respostas dadas possam ser consideradas pertinentes já que se aproximam dos resultados obtidos e relatados no estudo de Jones, Howe e Rua (2000)

quando afirmaram que as ideias sobre os cientistas que os alunos possuem são obtidas de fontes fora do ambiente escolar e também dentro dele, pois muitos nomes de cientistas são mencionados quando os professores citam em sala de aula algumas fórmulas, teorias, etc.

Quadro 3: Associação das respostas em função de seus temas perante o jogo e ao papel dos cientistas

| Temas | Frequência (%) das semelhanças das respostas | Exemplos citados |
|---|--|--|
| Descobertas, Pesquisas e Avanço Tecnológico | 32% (n = 23) | "Fazer pesquisas para tirar dúvidas", "Realiza pesquisas científicas para avançar o conhecimento em várias áreas", "Pesquisar, descobrir e aprimorar os conhecimentos e tecnologias", "Para a evolução tecnológica", "Ajudar no avanço tecnológico da sociedade" |
| Ajuda à Sociedade e ao Desenvolvimento Humano | 27% (n = 19) | "Nos ajudam a descobrir novas coisas", "Ajudar no desenvolvimento", "Boa parte das coisas que utilizamos hoje tem base ou descoberta. Então, através dos estudos eles evoluem a sociedade" |
| Desenvolvimento de Remédios e Tratamentos | 41% (n = 29) | "Desenvolver remédio para doenças", "Ajuda a descobrir vacinas e métodos para ajudar nas doenças" |

Fonte: o autor, 2023.

4.3.1.6 O que você entende por Inteligência Artificial?

Para essa questão, foi realizada uma análise temática para obter temas atrelados às respostas dos discentes a fim de agrupá-las por similaridade. Assim, das 71 respostas a essa questão e que estão disponíveis no Quadro 4 a seguir, tem-se as associações que se referem aos temas identificados. Com aproximadamente 45% das respostas sendo da categoria de definição e exemplos de inteligência artificial, nota-se que boa parte dos alunos têm uma compreensão razoável do que é a Inteligência Artificial. As respostas variaram de conceitos gerais de tecnologia a exemplos mais específicos, como *chatbots* e robôs. No entanto, isso indica que há uma consciência ainda sendo construída sobre a presença da IA em muitas partes de nossa vida cotidiana e os seus impactos.

Quadro 4: Percepções dos alunos em relação à Inteligência Artificial

| Temas | Frequência (%) das semelhanças das respostas | Exemplos citados |
|---|--|--|
| Definição e Exemplos de Inteligência Artificial | 45% (n = 32) | "Tecnologia", "Interface neural criada para tarefas específicas", "Um robô inteligente", "Aparelhos com inteligência", "Inteligência programada para os robôs", "É um algoritmo que busca servir e ajudar a humanidade", "A capacidade de dispositivos eletrônicos fazerem o que os humanos fazem" |
| Utilidade e Benefícios da Inteligência Artificial | 35% (n = 25) | "Tecnologia que nos ajuda", "Algo que facilita a vida do ser humano", "Nos ajuda com pesquisas", "Algo que ajuda alguma pessoa a reduzir um trabalho mais |

| | | |
|---|-------------|---|
| | | difícil", "Uma tecnologia que nos ajuda em tarefa do dia a dia", "Ajuda a fazer as coisas mais rápido", "Tecnologia criada para nos auxiliar e facilitar a vida" |
| Autonomia e Evolução da Inteligência Artificial | 10% (n = 7) | "Tecnologia sem utilização humana", "Uma interface neural criada para ser usada, conforme é usada ela vai evoluindo", "Trabalha por si mesma, com suas próprias respostas", "Inteligência superior à nossa e melhorada" |
| Preocupações, falta de conhecimento e Ceticismo sobre Inteligência Artificial | 10% (n = 7) | "Nada", "Não muito", "Robôs vão dominar o mundo", "Uma inteligência que não é física" |

Fonte: o autor, 2023.

Dando sequência, é possível observar no Quadro 3 que cerca de 35% das respostas dos alunos se concentraram nos benefícios práticos da IA. Isso sugere que muitos alunos veem a IA como uma ferramenta que pode facilitar suas vidas e aumentar a eficiência, seja em casa ou no local de trabalho, já que a autonomia e a aprendizagem de máquina são conceitos centrais para muitas aplicações da IA, e o fato de serem mencionados mostra que esses conceitos estão começando a se infiltrar no entendimento público, pois foi mencionado em cerca de 10% das respostas. Também houve uma pequena porção (10%) de respostas que expressaram preocupação ou ceticismo sobre a IA. Alguns discentes parecem preocupadas com o potencial da IA para ultrapassar os humanos. Embora Bengio, Lecun e Hinton (2021) afirmem que os sistemas de IA possam ser treinados para simular o cérebro humano e realizar trabalhos de rotina usando grandes quantidades de dados, para os alunos investigados no contexto dessa pesquisa, tal

afirmação ainda não é unânime.

4.3.2 Parte B do Questionário Aplicado

A parte B do questionário foi implantada para coletar as percepções dos discentes enquanto jogavam o jogo “Eureka AI!” e estavam ativamente envolvidos na experiência proporcionada pelo jogo. Desse modo, as respostas coletadas são baseadas na experiência vivenciada por meio da sua participação no jogo em tempo real e ao analisá-las, elas oferecem insights sobre suas ideias, sentimentos e pontos de vista enquanto eles jogavam. Novamente, para uma melhor sistematização dos resultados, eles serão apresentados seguindo a sequência de perguntas realizadas e dispostas no Quadro 1.

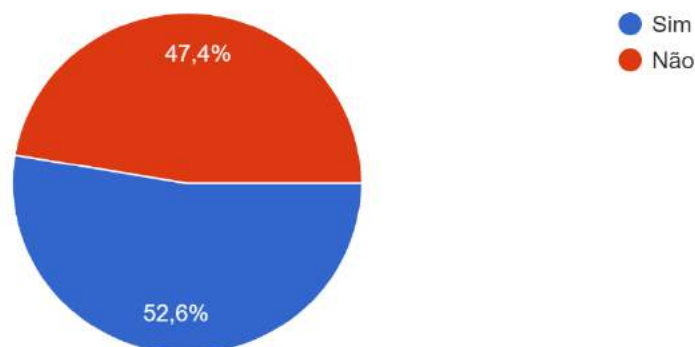
4.3.2.1 Você já conhecia esses cientistas?

Conforme podemos observar com o Gráfico 4, quase metade dos alunos participantes não conhecia os cientistas em questão, o que nos mostra que pelo menos 36 dos 76 discentes que responderam, após jogar o “Eureka AI!”, possuem a noção de cientistas que não conheciam.

Gráfico 4 – Pergunta aos alunos se eles conheciam os cientistas que estiveram presentes em suas partidas no “Eureka AI!”

Você já conhecia estes cientistas?

76 respostas



Fonte: o autor, 2023.

4.3.2.2 O que mais chamou a sua atenção sobre os cientistas?

A partir das 58 respostas para essa questão, foram identificadas cinco categorias temáticas principais que estão dispostas no Quadro 5. A categoria mais destacada é a "Descobertas dos Cientistas", representando aproximadamente 46% das respostas, o que indica que as descobertas científicas são o que chamam a atenção dos alunos em relação aos cientistas. A segunda categoria, com cerca de 21% das respostas, é "Teorias dos Cientistas", mostrando um apreço pela capacidade de formular teorias para explicar os fenômenos. Já com 16% das respostas, a terceira categoria é "Histórias e Personalidades dos Cientistas", que destaca o interesse das pessoas não só pelos trabalhos dos cientistas, mas também pelas suas vidas pessoais, já que cada carta de cientista também contém uma curiosidade em relação ao cientista. Na sequência, a "Aspectos Específicos e Exemplos", com 12% das respostas, indica um interesse em casos específicos ou histórias notáveis na ciência, como o "gato de Schrödinger" e o "parafuso de Arquimedes". Por fim, a última categoria, a "Inovação e Criatividade dos Cientistas", compreende 5% das respostas, ressaltando o papel da inovação e da criatividade nas descobertas científicas. Essas categorias fornecem uma visão detalhada das várias maneiras pelas quais os indivíduos valorizam e entendem a ciência e os cientistas.

Quadro 5: Destaques dos cientistas na visão dos alunos

| Temas | Frequência (%) | Exemplos citados |
|---------------------------------|----------------|--|
| Descobertas dos Cientistas | 46% (n = 27) | "Suas descobertas" |
| Teorias dos Cientistas | 21% (n = 12) | "Suas teorias" |
| Histórias e Personalidades | 16% (n = 9) | "Suas histórias", "suas inteligências", "os nomes" |
| Aspectos Específicos e Exemplos | 12% (n = 7) | "O gato de Schrödinger", "o parafuso de Arquimedes" |
| Inovação e Criatividade | 5% (n = 3) | "A habilidade que eles têm de pensar fora da caixa", "suas criações", "criatividade" |

Fonte: o autor, 2023.

4.3.3 Parte C do Questionário Aplicado (Avaliando o Jogo “Eureka AI!”)

A parte C do questionário foi aplicada com o propósito de obter a avaliação do jogo imediatamente após a sua aplicação aos discentes. Esta seção da pesquisa usou uma escala para avaliar vários aspectos do “Eureka AI!” jogo, abrangendo desde a mecânica do jogo (objetivos e regras) até o impacto educacional autopercebido pelos discentes. Além disso, os alunos tiveram a oportunidade de expressar *feedback* construtivo e recomendações para melhorias no jogo. Isso permitiu um exame completo de sua experiência vivenciada e impressões sobre o jogo, auxiliando, assim, na identificação de pontos fortes e possíveis melhorias para versões futuras.

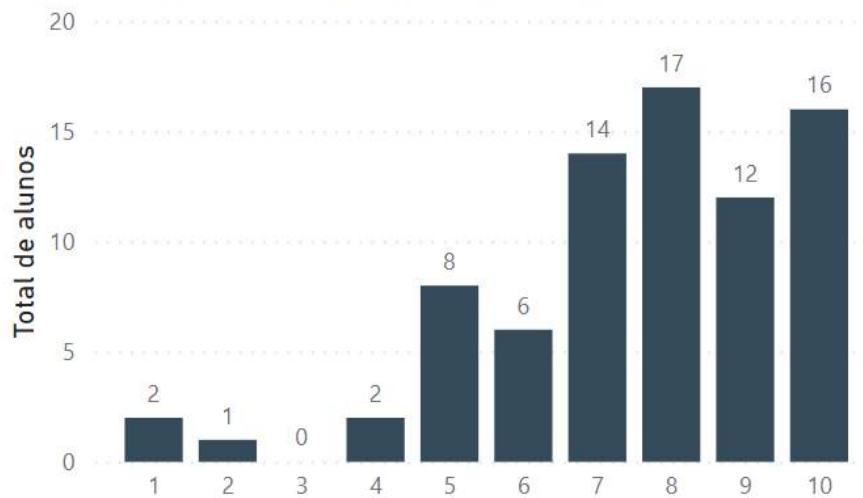
4.3.3.1 Numa escala de 1 a 10, quanto o jogo “Eureka AI!” ajudou você a adquirir conhecimentos sobre os(as) Cientistas?

Analisando o Gráfico 5, percebemos que 78 alunos responderam à pergunta "Em uma escala de 1 a 10, quanto o jogo "Eureka AI!" ajudou você a adquirir conhecimento sobre cientistas?" e 75,64% (59) dos alunos demonstraram satisfação ao atribuir uma pontuação entre 7 e 10 pontos. Este resultado aponta que o jogo parece ter contribuído muito para sua experiência de aprendizado no que se refere à aquisição de conhecimentos sobre os cientistas e suas descobertas para a sociedade. No geral, os resultados indicam que "Eureka AI!" foi bem bem-sucedido em auxiliar a aquisição de informações científicas pelos alunos, o que denota que a estratégia de ensino lúdica adotada foi capaz de promover a colaboração entre os estudantes por meio de operações ativas, imaginativas e reflexivas de aprendizagem (HOLFLOD, 2022). No futuro, a tarefa será identificar e implementar ajustes que tornem o jogo uma ferramenta de aprendizado ainda mais eficaz.

Gráfico 5 – Escala que mensura a relação existente em adquirir conhecimentos sobre os

cientistas na perspectiva dos alunos

Numa escala de 1 a 10, quanto o jogo "EUREKA AI!" ajudou você a adquirir conhecimentos sobre os cientistas?



Fonte: o autor, 2023.

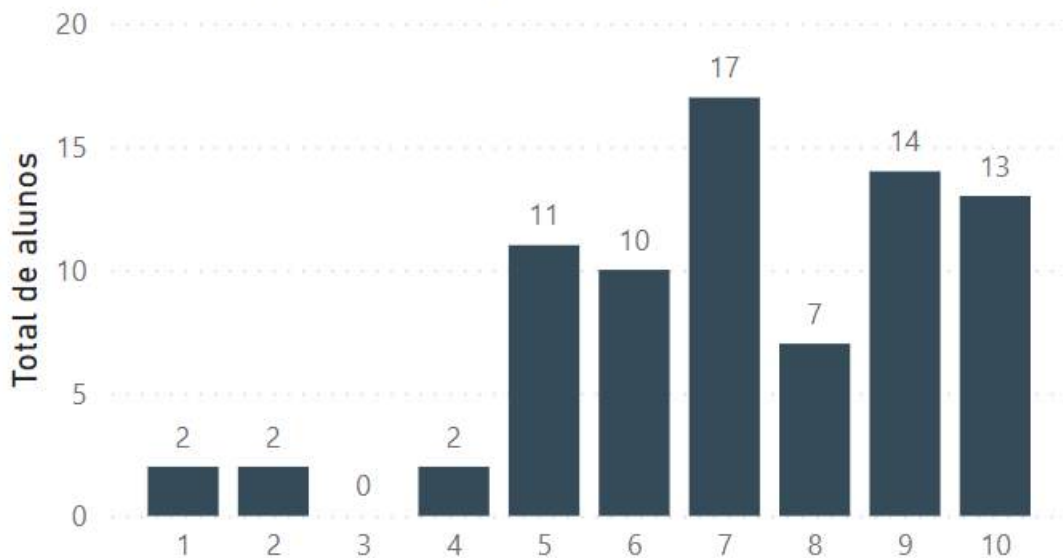
4.3.3.2 Numa escala de 1 a 10, indique o quanto o jogo "Eureka AI!" aumentou os seus conhecimentos sobre as descobertas fundamentais para o avanço da humanidade.

De acordo com a análise das 78 respostas dos alunos à pergunta "Em uma escala de 1 a 10, indique o quanto o jogo "Eureka AI!" aumentou seu conhecimento sobre descobertas fundamentais para o avanço da humanidade", o jogo parece ter melhorado sua compreensão desses temas. A distribuição dos dados, conforme o Gráfico 6, sugere que o jogo foi útil para a maioria dos alunos, sendo a resposta mais comum o 7 (22%, que representa 17 alunos da amostra), seguido de perto pelo 9 e 10.

Gráfico 6 – Escala em relação ao aumento dos conhecimentos sobre as descobertas

fundamentais para o avanço da humanidade na perspectiva dos alunos

Numa escala de 1 a 10, quanto o jogo "EUREKA AI!" aumentou os seus conhecimentos sobre as descobertas fundamentais para o avanço da humanidade?



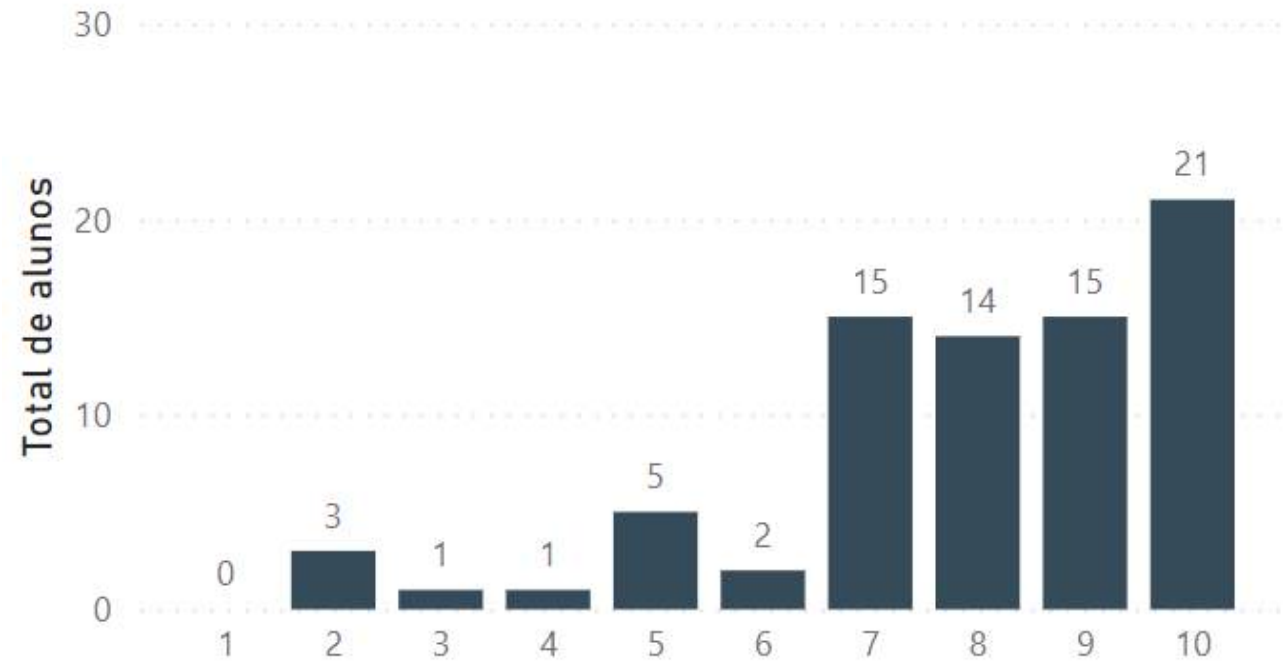
Fonte: o autor, 2023.

4.3.3.3 Numa escala de 1 a 10, indique o quanto o jogo "Eureka AI!" teve potencial para aguçar a sua curiosidade sobre a história dos cientistas e suas descobertas.

A análise das respostas de 78 alunos à pergunta "Em uma escala de 1 a 10, indique o quanto o jogo "Eureka AI!" tinha potencial para despertar sua curiosidade sobre a história dos cientistas e suas descobertas" indica que o jogo foi muito bem-sucedido em estimular o interesse dos alunos sobre estes aspectos. A maior parte das respostas está a partir do valor "7", dado o Gráfico 7, sugerindo um alto grau de envolvimento com o conteúdo do jogo. Pontuações como 7 (22%, que equivale a 17 alunos do total), 9 (18%, que corresponde a 14 discentes da amostra) e 10 (17%, o que dá 13 estudantes) foram as mais comuns, indicando que o jogo foi bom em despertar o interesse dos alunos pela história dos cientistas e suas realizações.

Além disso, podemos dizer também que o jogo possibilitou a construção de uma atmosfera de sala de aula positiva, amigável e de apoio, ao criar um ambiente de aprendizagem no qual os participantes puderam se envolver ativamente com os fenômenos científicos, bem como discutir seus entendimentos com os colegas, professora da turma e investigadores (BULUNUZ, 2015).

Gráfico 7 – Escala em relação ao quanto o jogo “Eureka AI!” teve potencial para aguçar a curiosidade sobre a história dos cientistas e suas descobertas na perspectiva dos alunos
Numa escala de 1 a 10, quanto o jogo "EUREKA AI!" teve potencial para aguçar a sua curiosidade sobre a história dos cientistas e suas descobertas?



Fonte: o autor, 2023.

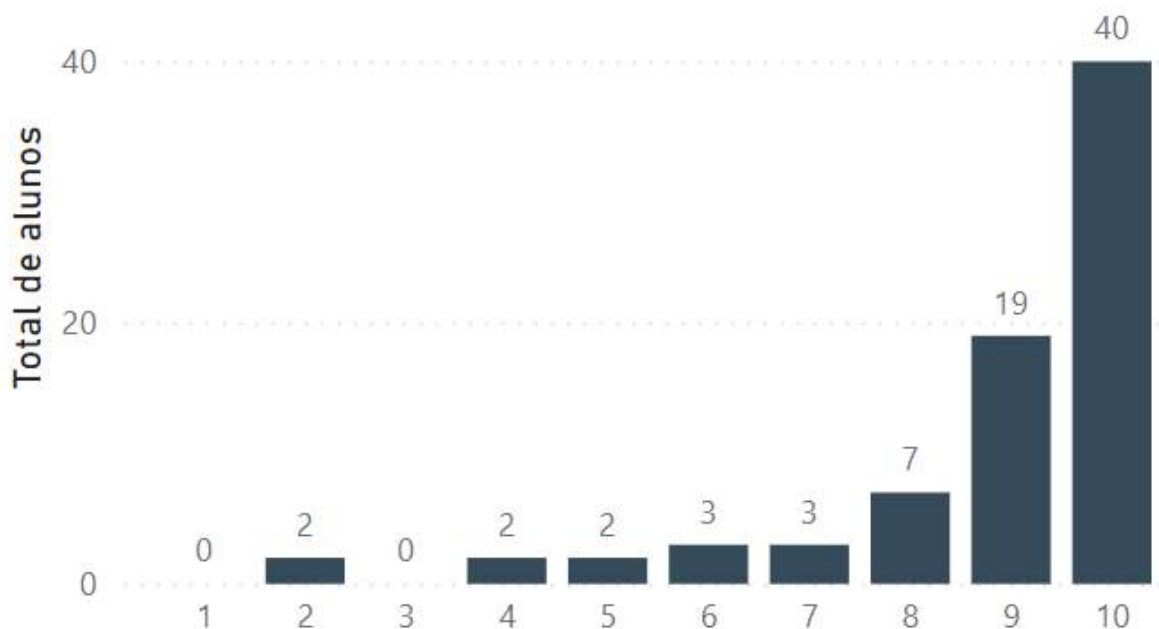
4.3.3.4 Numa escala de 1 a 10, avalie o jogo “Eureka AI!”

As 78 respostas dos alunos à pergunta "Em uma escala de 1 a 10, avalie o jogo "Eureka AI!" sugerem uma alta satisfação geral com o jogo. O Gráfico 8 mostra que o jogo recebeu nota 8 (9%), 9 (24%) e 10 (52%), da maioria dos alunos, indicando uma reação altamente favorável. No entanto, também existem algumas classificações menores, incluindo duas 5 (2,6%), duas 4 (2,6%) e duas 2 (2,6%). Essas pontuações mais baixas podem indicar que nem todos os alunos acharam o jogo tão divertido ou educativo quanto os outros, identificando uma área potencial de desenvolvimento para melhorar a experiência de jogo para todos os alunos. Essas percepções sugerem que a maioria dos alunos teve uma experiência favorável com o "Eureka AI!" jogo e considerou-o um recurso com potencial interessante e útil para aprender sobre os cientistas e suas descobertas. As poucas classificações mais baixas destacam possíveis áreas de desenvolvimento, como

jogabilidade, complexidade das informações oferecidas ou como essas informações são incorporadas à experiência do jogo. Entretanto, foi observado em Cleophas e Bedin (2023) resultados semelhantes ao nosso estudo, pois o jogo "Eureka AI!" teve uma função complementar ao ensino didático tradicional ao demonstrar ser uma estratégia de ensino e de aprendizagem inovadora, motivadora e divertida.

Gráfico 8 – Escala que mensura a relação da avaliação do jogo na perspectiva dos alunos

Numa escala de 1 a 10, avalie o jogo "EUREKA AI!"



Fonte: o autor, 2023.

4.3.3.5 Numa escala de 1 a 10, indique o quanto você gostou de participar do jogo "Eureka AI!" em grupo.

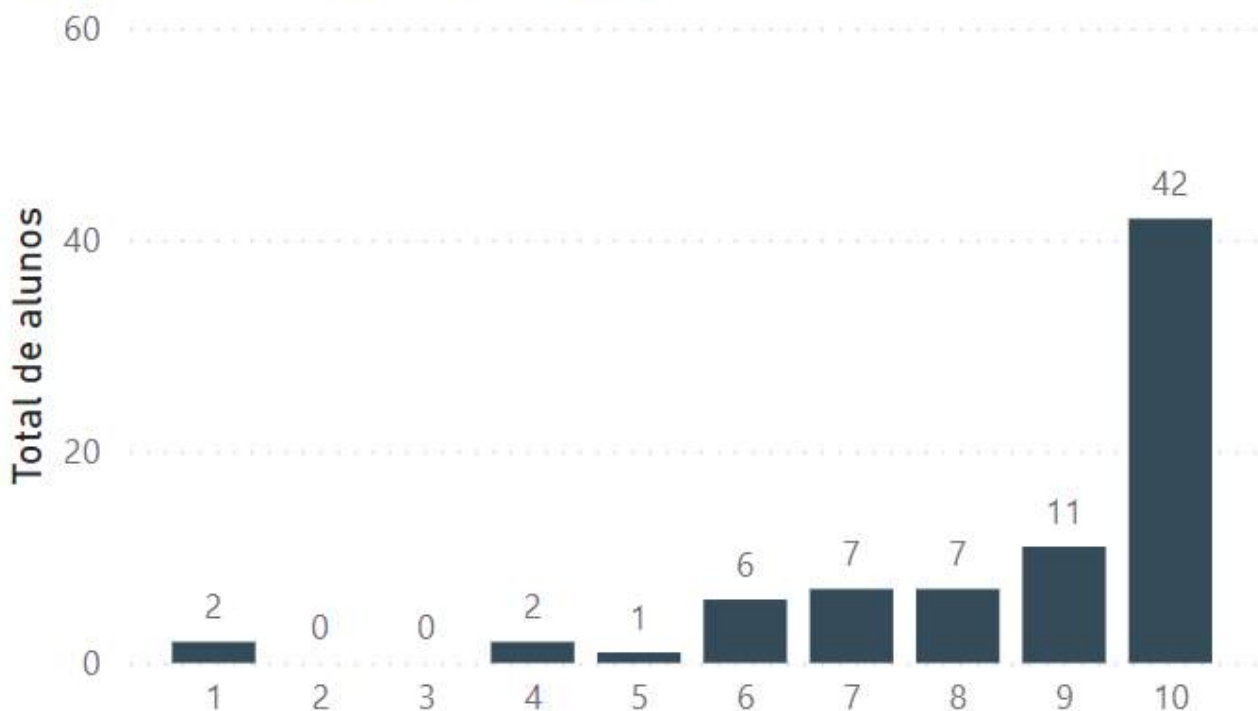
Os 78 alunos responderam à pergunta "Em uma escala de 1 a 10, quanto você gostou de participar do "Eureka AI!" jogo em grupo?", o que dá sinais de uma experiência boa com a participação em grupo. Analisando o Gráfico 9, a maioria dos alunos classificou sua satisfação em participar do jogo como 8 (9%), 9 (14,1%) e 10 (54%), indicando uma preferência substancial pelo recurso de trabalho em grupo, pois a colaboração costuma ser uma forma produtiva de resolver problemas complexos e não

rotineiros (AVRY *et al.* 2020). Todavia, existem algumas classificações menores, incluindo uma de 5 (1,3%), duas de 4 (2,6%) e duas de 1 (2,6%). Isso pode significar que alguns alunos não gostaram tanto dos jogos em grupo, para outros, os motivos podem estar atrelados às suas preferências pessoais ou pela dinâmica do grupo. Contrariamente, para estes discentes, o jogo não foi produtivo no que concerne ao seu uso como recurso que desencadeia a aprendizagem colaborativa. Para Dillenbourg (1999), este tipo de aprendizagem é desencadeada por meio da interação social, o que denota que alguns discentes não interagiram, ainda que o propósito do jogo fosse este.

Essas descobertas indicam que a maioria dos alunos considerou a colaboração parte do "Eureka AI!" jogo seja uma experiência interessante e agradável. Classificações mais baixas podem representar preferências pessoais para jogabilidade solitária ou possíveis desafios em dinâmica de grupo, indicando uma área potencial para futura investigação e desenvolvimento de um design de jogo ou procedimento de formação de grupo.

Gráfico 9 – Escala que mensura se os alunos gostaram de ter jogado em grupo

Numa escala de 1 a 10, quanto você gostou de participar do jogo "EUREKA AI!" em grupo



Fonte: o autor, 2023.

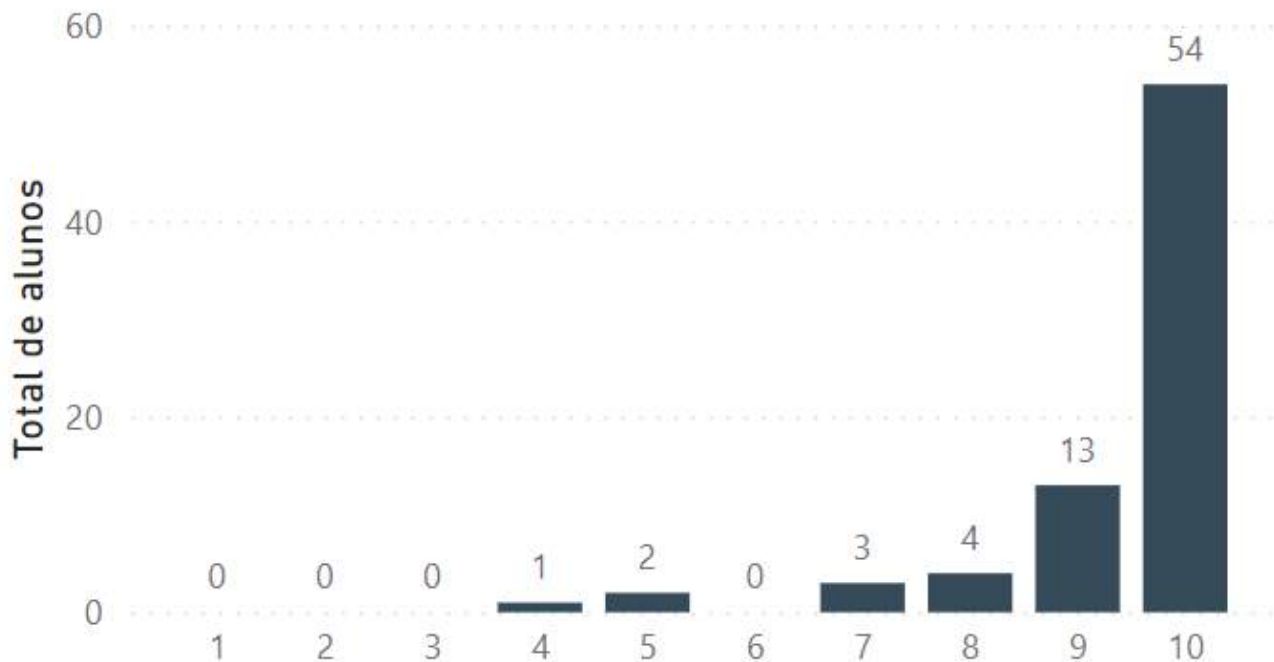
4.3.3.6 Numa escala de 1 a 10, indique o quanto as imagens dos Cientistas no jogo

“Eureka AI!” estão visualmente atrativas (bem-feitas).

Os alunos também responderam à pergunta "Em uma escala de 1 a 10, quão visualmente atraentes (bem feitas) são as imagens dos Cientistas no “Eureka AI!”?". Das 78 respostas, observamos uma impressão extremamente favorável sobre a qualidade do design visual. Conforme o Gráfico 10, a maioria dos alunos (69,2%) deu nota 10 às imagens, indicando que achavam os designs dos cientistas extremamente bem feitos e visualmente atraentes. Esse item não recebeu nenhuma nota 1, 2 ou 3, essas análises indicam que o design visual dos cientistas do "Eureka AI!" foi muito bem recebido pelos alunos participantes.

Gráfico 10 – Escala que mensura a relação entre a aceitação dos alunos em função do design do jogo

Numa escala de 1 a 10, quanto as imagens dos cientistas no jogo "EUREKA AI!" estão visualmente atrativas (bem-feitas)



Fonte: o autor, 2023.

4.3.3.7 *Descreva, com uma única palavra, a sua experiência com o jogo “Eureka AI!”*

Observamos que a maioria das palavras são relativas à aceitabilidade do

jogo, o que indica uma reação geralmente positiva à experiência proporcionada pelo o "Eureka AI!". Podemos observar (Figura 24) que a palavra mais frequente é "Legal", mencionada dezessete vezes, seguida de "Boa", mencionada nove vezes e "Divertida" e "Interessante", ambas mencionadas oito vezes cada. Essas palavras indicam que os alunos acharam a experiência do jogo agradável e envolvente. Outras palavras frequentemente mencionadas incluem "Incrível" e "Conhecimento", ambos citados cinco vezes, e "Top", "Bacana", e "Ótima", mencionados três vezes cada. Tais palavras sugerem que os alunos consideram a experiência do jogo positiva, enriquecedora e útil para o seu aprendizado. Já algumas palavras indicam possíveis desafios ou dificuldades na experiência do jogo, como "Confusa" e "Estressante", cada uma mencionada duas e uma vezes respectivamente. Isso poderia sugerir que alguns alunos tiveram dificuldade em compreender, o que pode ser um ponto a ser considerado para melhorias futuras. Em geral, os dados sugerem que a maioria dos alunos teve uma experiência positiva com o jogo "Eureka AI!", vendo-o como um recurso atraente e benéfico para o aprendizado. As opiniões negativas, embora mínimas, servem como um indicativo de áreas que podem necessitar de ajustes para melhorar a experiência geral do usuário.

Figura 24: Resultado das experiências dos discentes com o jogo “Eureka AI!”



Fonte: o autor, 2023.

4.3.3.8 Caso queira, adicione aqui sugestões e críticas em relação ao jogo “Eureka AI!”

De acordo com a análise temática, grande parte dos comentários (39 ao todo para esse *feedback*) dos jogadores (59%, 23 comentários) indicou algum grau de incerteza e dificuldade de compreensão do jogo no início. Isso implica que instruções mais detalhadas, simples e claras melhorariam a experiência de jogo. Afirmativas positivas e apreciação geral do jogo representaram 26% das respostas, equivalente a dez comentários, indicando que o jogo gerou um alto grau de participação e prazer. O conteúdo do jogo obteve 15% das respostas (6 alunos), indicando um desejo de conhecer uma gama maior de cientistas e descobertas e também mencionaram os recursos de acessibilidade do jogo, como tamanho do texto e código de cores das cartas.

Com efeito, algumas sugestões foram muito boas, como a de um vídeo explicativo sobre as regras do jogo, isto aponta que diferentes pessoas têm vários métodos de aprendizagem. Alguns jogadores gostam de ler as instruções, enquanto outros preferem assistir e ouvir as instruções sendo demonstradas. Assim, um tutorial em vídeo pode fornecer instruções detalhadas e passo a passo sobre como jogar o jogo, incluindo demonstrações de jogabilidade. Além disso, pode abordar ideias e métodos cruciais, auxiliando os jogadores na melhor compreensão do jogo.

Quadro 6: Sugestões e críticas em relação ao jogo “Eureka AI!”

| Temas | Frequência (%) | Excerto (exemplos de declarações) |
|--|----------------|---|
| Clareza das Instruções | 59% (n = 23) | "Melhorar a explicação", "Difícil de entender no começo", "Estava ótimo, só um pouco confuso as regras", "Melhorar explicação", "Podia ter um manual", "Vídeo explicativo ou mais instruções" |
| <i>Feedback</i> positivo sem sugestão de melhorias | 26% (n = 10) | "Ótimo", "Estava ótimo", "Continuem assim, vocês motivam as pessoas! <3", "Achei o jogo sensacional, aumentamos nossos conhecimentos" |
| Acessibilidade e adição de | 15% (n = 6) | "Aumentar o tamanho das |

| | | |
|----------|--|--|
| conteúdo | | letras", "A carta poderia ser toda de uma cor para facilitar", "Mais cartas", "Seria mais divertido ainda ter mais cientistas, principalmente mulheres, para maiores conhecimento" |
|----------|--|--|

Fonte: o autor, 2023.

4.4 SESSÃO DE DEBRIEFING

Após a sessão do jogo de "Eureka AI!", os participantes se reuniram para uma sessão de *debriefing* para discutir sua experiência e refletir sobre as dinâmicas e aprendizados obtidos durante o jogo. Os participantes destacaram como a cooperação e a estratégia foram importantes para o sucesso da equipe. Os participantes apreciaram a representação visual dos cientistas, expressando como esses elementos despertam o interesse na participação da atividade.

A maioria dos alunos expressou a sensação de que o tempo atribuído para a atividade foi insuficiente. Os estudantes enfatizaram que a quantidade limitada de tempo foi um fator limitante para aprofundar ainda mais a imersão no jogo. Grande parte demonstrou o desejo de ter a oportunidade de explorar cada carta, compartilhar mais conhecimentos das descobertas dos físicos e matemáticos famosos representadas nas cartas. Apesar do tempo limitado, os alunos enfatizaram que a atividade foi muito proveitosa e educativa, proporcionando uma experiência efetiva de aprendizado sobre a história dos personagens da Ciência e suas contribuições. Essa percepção coletiva do tempo escasso demonstra o envolvimento verdadeiro e o interesse despertado pela atividade.

No geral, a sessão de *debriefing* reforçou os resultados já obtidos, demonstrando que o jogo "Eureka AI!" proporcionou uma experiência divertida e educativa, fortalecendo o espírito de equipe e estimulando o pensamento crítico dos participantes. Além disso, eles expressaram a satisfação de aprender sobre os físicos e matemáticos famosos enquanto enfrentavam os desafios do jogo. Por fim, percebemos que a sessão de *debriefing* serviu como um espaço para reflexão e troca de ideias, permitindo que os participantes sintetizassem suas opiniões.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho demonstrou alguns dos benefícios potenciais de trazer a inteligência artificial para ambientes educacionais, além da implantação efetiva da tecnologia de IA no processo de elaboração de um jogo. O uso do chatGPT, para descrição do jogo e o seu refinamento, foi fundamental na criação do jogo através de uma ideia inicial. Já a utilização do MidJourney para a produção de imagens criou uma identidade visual, além de deixar o “Eureka AI!” mais atraente. No entanto, o processo de elaboração do jogo envolveu não apenas a criação e design de conteúdo, mas também o refinamento de frases de *feedback* e estratégias de diálogo para orientar a IA a nos fornecer resultados pertinentes à estrutura do jogo.

O jogo “Eureka AI!” demonstrou potencial para contribuir com o aprimoramento da apreensão pelos discentes de que a ciência é engendrada mediante a colaboração sinérgica de inúmeros cientistas de variadas culturas, com o intuito de promover o desenvolvimento do senso de apreciação em relação aos estudos científicos. Além disso, o jogo foi bastante útil como ferramenta de divulgação científica porque incentivou o acesso ao conhecimento científico, estimulou o pensamento crítico e reflexivo, favoreceu a conexão entre a ciência e o cotidiano, incentivou a vocação científica e promoveu a cidadania científica.

Ademais, o uso do jogo em um ambiente de escola pública rendeu insights sobre a eficácia do “Eureka AI!”. O *feedback* favorável dos alunos e o envolvimento ativo no jogo demonstram o potencial da tecnologia de IA para melhorar o processo de aprendizagem e tornar a educação mais divertida e adaptada as novas gerações. Percebemos que a integração de sistemas inteligentes em jogos educacionais não apenas aprimora o pensamento crítico e as habilidades de resolução de problemas, mas também estimula a criatividade e a participação do aluno.

Durante a fase de avaliação do jogo, os alunos forneceram informações úteis, oferecendo *insights* sobre seus pontos de vista e recomendações para aprimoramentos futuros. Uma das sugestões de destaque foi a de fornecer um vídeo de jogabilidade como um recurso extra. Os alunos indicaram que fornecer uma representação visual da jogabilidade os ajudaria a entender e aproveitar mais o jogo. Desse modo, a implementação de um vídeo de jogabilidade não apenas forneceria uma descrição completa da mecânica do jogo, mas também funcionaria como uma ferramenta promocional, atraindo usuários adicionais e gerando interesse no material instrucional. Esta proposta será

considerada para desenvolvimento futuro, ilustrando o valor do *feedback* do usuário para a melhoria de toda a experiência do jogo.

Os resultados desta pesquisa destacam a importância do uso da tecnologia de IA na criação de auxílios instrucionais, uma ferramenta que o educador pode explorar a fim de chamar mais atenção dos alunos para o ensino. É importante notar que o uso de instruções (*prompts*) assertivas ao criar um jogo com ChatGPT é fundamental, o chat pode fazer o trabalho “cansativo”, mas ele precisa de uma mente pensante por trás e é essa a função do educador. Logo, o uso efetivo da IA neste jogo funciona como uma prova de conceito, demonstrando o potencial para avanços adicionais na criação de mecânica de jogos e no design de jogos educacionais.

Algumas das dificuldades encontradas foram no processo da ideia inicial, até chegar num modelo que agradasse levou um tempo considerável. O mesmo problema ocorreu para a geração das imagens no MidJourney, que apesar de arte ser um gosto pessoal, leva um tempo até entender os melhores *prompts* necessários para a situação desejada. Caso os *prompts* não sejam bem projetados ou não forem suficientemente criativos, isso pode refletir na qualidade do resultado final. O modelo adotado para o jogo “Eureka AI!” criou uma dependência em impressão, para o jogo poder existir. Assim, para atualizá-lo, seria necessário imprimir mais cartas. Com relação a aplicação do jogo, a maior dificuldade foi na compreensão dos alunos em entender as regras. Uma possível melhoria, conforme foi citada no *feedback*, seria apresentar um vídeo com uma *gameplay* explicativa.

A integração desses sistemas inteligentes ampliou as possibilidades de criação de jogos educativos e pedagógicos, abrindo portas para novos métodos de ensino e aprendizagem. É possível capacitar alunos e educadores adotando a IA na educação, estimulando uma vontade maior pelo aprendizado e preparando as gerações futuras com as habilidades necessárias para o sucesso na era digital.

REFERÊNCIAS

- ALLAMAR, J. Visualizing A Neural Machine Translation Model (Mechanics of Seq2seq Models With Attention). **The Illustrated Transformer**, 2023. Disponível em: <<https://jalammar.github.io/visualizing-neural-machine-translation-mechanics-of-seq2seq-models-with-attention/>>. Acesso em: 07 jun. 2023.
- ANNETTA, L. A. Video games in education: Why they should be used and how they are being used. **Theory into Practice**, v. 47, n. 3, p. 229-239, 2008.
- AVRY, S. *et al.* Achievement appraisals, emotions and socio-cognitive processes: How they interplay in collaborative problem-solving?. **Computers in Human Behavior**, v. 107, p. 106267, 2020.
- BAKER, R. S.; INVENTADO, P. S. Educational data mining and learning analytics. *In*: LARUSSON, J. A.; WHITE, B. (Eds.). **Learning analytics: From research to practice**. Nova Iorque: Springer, 2014. p. 61-75.
- BENGIO, Y.; LECUN, Y.; HINTON, G. Deep Learning for AI. **Communications of the ACM**, v. 64, n. 7, p. 58-65, 2021.
- BENGIO, Y.; SIMARD, P.; FRASCONI, P. Learning long-term dependencies with gradient descent is difficult. **IEEE transactions on neural networks**, v. 5, n. 2, p. 157-166, 1994.
- BOGDAN, R.; BIKLEN, S. **Investigação Qualitativa em Educação**. Porto: Porto Editora, 1994.
- BOZDOĞAN, A. E.; DURUKAN, Ü. G.; HACIOĞLU, Y. Middle school students' perceptions about the scientists. **Participatory Educational Research**, v. 5, n. 2, p. 95-117, 2018.
- BUCHNER, J.; RÜTER, M.; KERRES, M. Learning with a digital escape room game: before or after instruction? **Research and practice in technology enhanced learning**, v. 17, n.1, p. 1-16, 2022.
- BULUNUZ, M. The role of playful science in developing positive attitudes toward teaching science in a science teacher preparation program. **Eurasian Journal of Educational Research**, n. 58, p. 67-88, 2015.
- CARRARO, L. Transformers: um guia introdutório. **Medium**, 2021. Disponível em: <https://medium.com/kompa-data-ai/tranformers-um-guia-introduct%C3%B3rio-5c9416a5f512>. Acesso em: 12 jun. 2023.
- CAMCI-ERDOĞAN, S. Gifted and Talented Students' Images of Scientists. **Turkish Journal of Giftedness & Education**, v. 3, n. 1, 2013.
- CHANG, K. *et al.* Development and behavioral pattern analysis of a mobile guide system with augmented reality for painting appreciation instruction in an art museum. **Computers & education**, v. 71, p. 185-197, 2014.

CLEOPHAS, M. G.; BEDIN, E. PROFESSORES, VAMOS ESCAPAR DA SALA? O escape room como ferramenta didática no ensino de química. **Revista Exitus**, v. 13, p. 01-25, 2023.

CLEOPHAS, M. G.; SOARES, M. H. F. B. **Didatização Lúdica no Ensino de Química/Ciências**. Primeira edição. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2018.

CONNOLLY, T. M. *et al.* A systematic literature review of empirical evidence on computer games and serious games. **Computers & Education**, v. 59, n. 2, p. 661-686, 2012.

CRESWELL, J. W. **Educational Research: Planning, Conducting, and Evaluating Quantitative and Qualitative Research**. Quarta edição. Pearson: Boston, 2012.

CRESWELL, A.; WHITE, T.; DUMOULIN, V.; ARULKUMARAN, K.; SENGUPTA, B.; BHARATH, A. A. Generative Adversarial Networks: An Overview. **IEEE Signal Processing Magazine**, v. 35, n. 1, p. 53-65, 2018.

DILLENBOURG, P. **Collaborative-learning: Cognitive and Computational Approaches**. Oxford: Elsevier, 1999.

DEVLIN, J.; CHANG, M. W.; LEE, K.; TOUTANOVA, K. BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding. *In: PROCEEDINGS OF THE 2019 CONFERENCE OF THE NORTH AMERICAN CHAPTER OF THE ASSOCIATION FOR COMPUTATIONAL LINGUISTICS: HUMAN LANGUAGE TECHNOLOGIES*, p. 4171–4186, 2018. Disponível em: <<https://www.semanticscholar.org/reader/df2b0e26d0599ce3e70df8a9da02e51594e0e992>>. Acesso em 07 jun. 2023.

FONSECA, C. Word Embedding: fazendo o computador entender o significado das palavras. **Medium**, 2021. Disponível em: <<https://medium.com/turing-talks/word-embedding-fazendo-o-computador-entender-o-significado-das-palavras-92fe22745057>>. Acesso em: 07 jun. 2023.

GARRIS, R.; AHLERS, R.; DRISKELL, J. E. Games, motivation, and learning: A research and practice model. **Simulation & gaming**, v. 33, n. 4, p. 441-467, 2002.

GEE, J. P. Learning by design: Good video games as learning machines. **E-learning and Digital Media**, v. 2, n. 1, p. 5-16, 2005.

GOODFELLOW, I.; BENGIO, Y.; COURVILLE, A. **Deep learning**. Londres: MIT Press, 2016.

GOODFELLOW, I.; POUGET-ABADIE, J.; MIRZA, M.; XU, B.; WARDE-FARLEY, D.; OZAIR, S.; COURVILLE, A.; BENGIO, Y. Generative adversarial networks. *In: PROCEEDINGS OF 27 ADVANCES IN NEURAL INFORMATION PROCESSING SYSTEMS*, p. 2672-2680, 2014. Disponível em: <<https://arxiv.org/pdf/1406.2661.pdf>>. Acesso em: 07 jun. 2023.

HAINEY, T. *et al.* The differences in motivations of online game players and offline game players: A combined analysis of three studies at higher education level. **Computers & Education**, v. 57, n. 4, p. 2197-2211, 2011.

HOLFLOD, K. Voices of playful learning: Experimental, affective and relational perspectives across social education and teacher education. **Journal of Play in Adulthood**, v. 4, n. 1, p. 72-91, 2022.

HOLMES, W.; BIALIK, M.; FADEL, C. **Artificial intelligence in education: Promises and implications for teaching and learning**. Primeira edição. Boston: The Center for Curriculum Redesign, 2019.

HOLMES, W.; BIALIK, M.; FADEL, C. Artificial intelligence in education: Promises and implications for teaching and learning. **The Center for Curriculum Redesign, Boston, MA**, 2019.

JANA, A. Machine Translation using Attention with PyTorch. **A developer diary**, 2020. Disponível em: <<https://www.adeveloperdiary.com/data-science/deep-learning/nlp/machine-translation-using-attention-with-pytorch/>>. Acesso em: 07 jun. 2023.

JIANG, F.; JIANG, Y.; ZHI, H.; DONG, Y.; LI, H.; MA, S.; WANG, Y. Artificial intelligence in healthcare: past, present and future. **Stroke and Vascular Neurology**, v. 2, p. 230-243, 2017.

JONES, M. G.; HOWE, A.; RUA, M. J. Gender differences in students' experiences, interests, and attitudes toward science and scientists. **Science education**, v. 84, n. 2, p. 180-192, 2000.

JURAFSKY, D.; MARTIN, J. H. **Speech and Language Processing**. Rascunho da terceira edição. Disponível em: <<https://web.stanford.edu/~jurafsky/slp3/ed3book.pdf>>. Acesso em: 07 jun. 2023.

KARRAS, T.; LAINE, S.; AILA, T. A style-based generator architecture for generative adversarial networks. *In: PROCEEDINGS OF THE IEEE/CVF CONFERENCE ON COMPUTER VISION AND PATTERN RECOGNITION*, p. 4401-4410, 2019. Disponível em: <https://openaccess.thecvf.com/content_CVPR_2019/papers/Karras_A_Style-Based_Generator_Architecture_for_Generative_Adversarial_Networks_CVPR_2019_paper.pdf>. Acesso em: 07 jun. 2023.

KASNECI, Enkelejda et al. ChatGPT for good? On opportunities and challenges of large language models for education. **Learning and Individual Differences**, v. 103, p. 102274, 2023.

KICKMEIER-RUST, M. D.; HILLEMANN, E. C.; ALBERT, D. Game-based assessment of competencies. *In: LEITNER, G.; HITZ, M.; HOLZINGER, A. (Eds.). HCI in Work and Learning, Life and Leisure*. Springer, 2011. p. 537-548.

KIRSCHNER, P. A.; SWELLER, J.; CLARK, R. E. Why minimal guidance during instruction does not work: An analysis of the failure of constructivist, discovery, problem-based, experiential, and inquiry-based teaching. **Educational Psychologist**, v. 41, n. 2, p. 75-86, 2006.

KUHLTHAU, C. C.; MANIOTES, L. K.; CASPARI, Ann K. **Guided inquiry: Learning in the 21st century: Learning in the 21st century**. Segunda edição. Santa Barbara (CA): Abc-Clio, 2015.

KUMAR, A. Demystifying Encoder Decoder Architecture & Neural Network. **Data Analytics**, 2023. Disponível em: <vitalflux.com/encoder-decoder-architecture-neural-network/>. Acesso em: 07 jun. 2023.

LECUN, Y.; BENGIO, Y.; HINTON, G. Deep learning. **Nature**, v. 521, n. 7553, p. 436-444, 2015.

LOMAS, D. *et al.* Optimizing challenge in an educational game using large-scale design experiments. In: **PROCEEDINGS OF THE SIGCHI CONFERENCE ON HUMAN FACTORS IN COMPUTING SYSTEMS**, ACM, p. 89-98, 2013.

MAYER, R. E. Computer games in education. **Annual review of psychology**, v. 70, p. 531-549, 2019.

MERRIT, R. O que é um Modelo Transformer?. **NVidia**, 2022, Disponível em: <<https://blog.nvidia.com.br/2022/04/19/o-que-e-um-modelo-transformer/>>. Acesso em: 07 jun. 2023.

MIKOLOV, T. *et al.* Distributed representations of words and phrases and their compositionality. In: **PROCEEDINGS OF 26 ADVANCES IN NEURAL INFORMATION PROCESSING SYSTEMS**, p. 3111-3119, 2013. Disponível em: <<https://proceedings.neurips.cc/paper/2013/hash/9aa42b31882ec039965f3c4923ce901b-Abstract.html>>. Acesso em: 07 jun. 2023.

MISLEVY, R. J. *et al.* Design and discovery in educational assessment: Evidence-centered design, psychometrics, and educational data mining. **Journal of Educational Data Mining**, v. 4, n. 1, p. 11-48, 2012.

MITTELSTADT, B.; ALLO, P.; TADDEO, M.; WACHTER, S.; FLORIDI, L. The ethics of algorithms: Mapping the debate. **Big Data & Society**, v. 3, n. 2, p. 2053951716679679, 2016.

PANDEMIC. **Galápagos Jogos**, 2023. Disponível em: <<https://www.mundogalapagos.com.br/jogo-de-tabuleiro-pandemic/produto/PAN001>>. Acesso em 07 jun. 2023.

PAPASTERGIOU, M. Digital game-based learning in high school computer science education: Impact on educational effectiveness and student motivation. **Computers & education**, v. 52, n. 1, p. 1-12, 2009.

PASSER, M. W. *et al.* **Psychology: Frontiers and applications**. Terceira edição. Nova Iorque: McGraw-Hill, 2008.

PAVLIK, J. V. Collaborating With ChatGPT: Considering the Implications of Generative Artificial Intelligence for Journalism and Media Education. **Journalism & Mass Communication Educator**, v. 78, n. 1, p. 84-93, 2023.

PERUZZO, Círcia M. Krohling. Pressupostos epistemológicos e metodológicos da pesquisa participante: da observação participante à pesquisa-ação. **Estudos sobre Culturas Contemporâneas**, v. 23, n. 3, pág. 161-190, 2017.

POOLE, D. L.; MACKWORTH, A. K. **Artificial intelligence: Foundations of computational agents**. Segunda edição. Nova Iorque: Cambridge University Press, 2017.

PSCHEIDT, C. F. D. M.; CLEOPHAS, M. G. Escape room pedagógico como uma estratégia de aprendizagem para o desenvolvimento das competências educacionais e desencadeamento do flow. **Revista Eletrônica Ludus Scientiae**, v. 5, n. 1-2, p. 1-24, 2021.

RADFORD, A *et al.* **GPT-4: Language Models are Few-Shot Learners**, 2020. Disponível em: <<https://arxiv.org/abs/2005.14165>>. Acesso em: 07 jun. 2023.

RADFORD, A.; NARASIMHAN, K.; SALIMANS, T.; SUTSKEVER, I. (2018). **Improving Language Understanding by Generative Pre-Training**. OpenAI. https://s3-us-west-2.amazonaws.com/openai-assets/research-covers/language-unsupervised/language_understanding_paper.pdf

RUSSELL, S.; NORVIG, P. **Artificial intelligence: A modern approach**. Terceira edição. Nova Jersey: Pearson, 2016.

SCHULTZ, D. P.; SCHULTZ, S. E. **A history of modern psychology**. Décima edição. Boston: Cengage Learning, 2011.

SHUTE, V. J.; VENTURA, M. **Measuring and supporting learning in games: Stealth assessment**. Primeira edição. Cambridge: MIT Press, 2013.

SHUTE, V. J.; VENTURA, M.; KE, F. The power of play: The effects of Portal 2 and Lumosity on cognitive and noncognitive skills. **Computers & education**, v. 80, p. 58-67, 2015.

SILVA, A. C. R.; LACERDA, P. L.; CLEOPHAS, M. G. Jogar e compreender a Química: ressignificando um jogo tradicional em didático. **Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemáticas**, v. 13, n. 28, p. 132-150, 2017.

SITZMANN, T. A meta-analytic examination of the instructional effectiveness of computer-based simulation games. **Personnel psychology**, v. 64, n. 2, p. 489-528, 2011.

SQUIRE, K. **Video Games and Learning: Teaching and Participatory Culture in the Digital Age**. Nova Iorque: Teachers College Press, 2011.

STRUBELL, E.; GANESH, A.; MCCALLUM, A. Energy and policy considerations for deep learning in NLP. *In*: **PROCEEDINGS OF THE 57TH ANNUAL MEETING OF THE ASSOCIATION FOR COMPUTATIONAL LINGUISTICS**, 2019. Disponível em: <<https://www.semanticscholar.org/reader/d6a083dad7114f3a39adc65c09bfbb6cf3fee9ea>>. Acesso em: 07 jun. 2023.

SUTSKEVER, I.; VINYALS, O.; LE, Q. V. Sequence to sequence learning with neural networks. **Advances in neural information processing systems**, v. 27, p. 3104-3112, 2014.

TEGMARK, M. **Life 3.0: Being Human in the Age of Artificial Intelligence**. Primeira edição. Nova Iorque: Knopf, 2017.

TURING, A. M. Computing machinery and intelligence (1950). **The Essential Turing: the Ideas That Gave Birth to the Computer Age**, p. 433-464, 2012.

VANLEHN, K. The relative effectiveness of human tutoring, intelligent tutoring systems, and other tutoring systems. **Educational Psychologist**, v. 46, n. 4, p. 197-221, 2011.

VASWANI, A. *et al.* Attention is All you Need. *In: PROCEEDINGS OF 30 ADVANCES IN NEURAL INFORMATION PROCESSING SYSTEMS*, p. 5998-6008, 2017.

VLACHOPOULOS, D.; MAKRI, A. The effect of games and simulations on higher education: A systematic literature review. **International Journal of Educational Technology in Higher Education**, v. 14, n. 1, p. 1-33, 2017.

YANG T. C.; HWANG, G. J.; YANG S. J. H. Development of a personalized educational computer game based on students' learning styles. **Journal of Educational Technology & Society**, v. 16, n. 1, p. 183-193, 2013.

APÊNDICES

APÊNDICE A – PROMPTS UTILIZADOS PARA O CHATGPT

Figura 1 – *Prompt* inicial para a geração do jogo “Eureka AI!” e a ideia inicial do chat

N Crie um jogo que contenha cartas com o tema principal: físicos e matemáticos famosos, com as suas contribuições. O jogo precisa ter uma duração de 15 a 30 minutos. Podendo ser jogado de 2 a 8 jogadores. O jogo é de cooperação, no estilo do jogo de tabuleiro "Pandemia". Esse jogo será um trabalho de tema de conclusão de curso para o curso de Engenharia Física.

Claro, vou criar um esboço para um jogo de cartas de cooperação com tema de físicos e matemáticos famosos.

Nome do Jogo: Descobertas Geniais

Número de jogadores: 2-8

Duração do jogo: 15-30 minutos

Objetivo: O objetivo do jogo é cooperar para descobrir as contribuições de físicos e matemáticos famosos, coletando cartas que representam suas descobertas e evitando cartas que representam obstáculos para a pesquisa.

Preparação: Embaralhe o baralho de cartas e coloque-o de cabeça para baixo na mesa. Cada jogador recebe três cartas de Obstáculos para começar o jogo.

Jogabilidade:

1. Na primeira rodada, o jogador mais novo começa o jogo. Esse jogador vira a carta do topo do baralho e coloca-a no centro da mesa. Esta carta representa a descoberta de um físico ou matemático famoso.
2. O jogador, em seguida, deve jogar uma carta de Descoberta da mão que corresponda ao físico ou matemático da carta virada para cima na mesa. Se o jogador não tiver uma carta de Descoberta que corresponda ao físico ou matemático, ele deve descartar uma carta de Obstáculo para poder jogar uma carta de Descoberta.
3. Se o jogador não tiver uma carta de Obstáculo para descartar ou não quiser descartar uma carta de Obstáculo, ele deve pegar uma carta do topo do baralho.
4. O jogo continua no sentido horário até que todos os jogadores tenham tido uma chance de jogar uma carta.
5. Se um jogador não puder jogar uma carta de Descoberta, ele deve jogar uma carta de Obstáculo.
6. Se um jogador jogar uma carta de Obstáculo, ele deve explicar como essa carta representa um obstáculo para a pesquisa em física ou matemática. Por exemplo, a carta "Falta de Financiamento" pode significar que um físico ou matemático não tinha dinheiro para comprar materiais ou financiar suas pesquisas.
7. Se todos os jogadores jogarem uma carta de Obstáculo consecutivamente, o jogo termina e os jogadores perdem.
8. Se os jogadores coletarem todas as cartas de Descoberta correspondentes aos físicos e matemáticos no jogo antes de ficarem sem cartas no baralho, eles ganham.


Conclusão:

O jogo Descobertas Geniais permite que os jogadores cooperem para descobrir as contribuições de físicos e matemáticos famosos e compreenderem os desafios que eles enfrentaram em suas pesquisas. O jogo é uma forma divertida e educativa de aprender sobre a história da física e da matemática e suas contribuições para a humanidade. Além disso, o jogo também incentiva a cooperação e o pensamento crítico.

Fonte: ChatGPT

Figura 2 – Prompt para adição das cartas de cientistas no “Eureka AI!”

N Acrescente os físicos e matemáticos como um tipo de carta neste jogo. Faça um novo jogo baseado neste feito com esse acréscimo.

 Com certeza, aqui está uma nova versão do jogo Descobertas Geniais, com cartas de físicos e matemáticos famosos adicionadas:

Nome do Jogo: Descobertas Geniais: Físicos e Matemáticos

Número de jogadores: 2-8

Duração do jogo: 15-30 minutos

Objetivo: O objetivo do jogo é cooperar para descobrir as contribuições de físicos e matemáticos famosos, coletando cartas que representam suas descobertas e evitando cartas que representam obstáculos para a pesquisa.

Preparação: Embaralhe o baralho de cartas e coloque-o de cabeça para baixo na mesa. Separe as cartas de Descoberta, Obstáculo e Físicos/Matemáticos em pilhas separadas. Cada jogador recebe três cartas de Obstáculos para começar o jogo.

Jogabilidade:

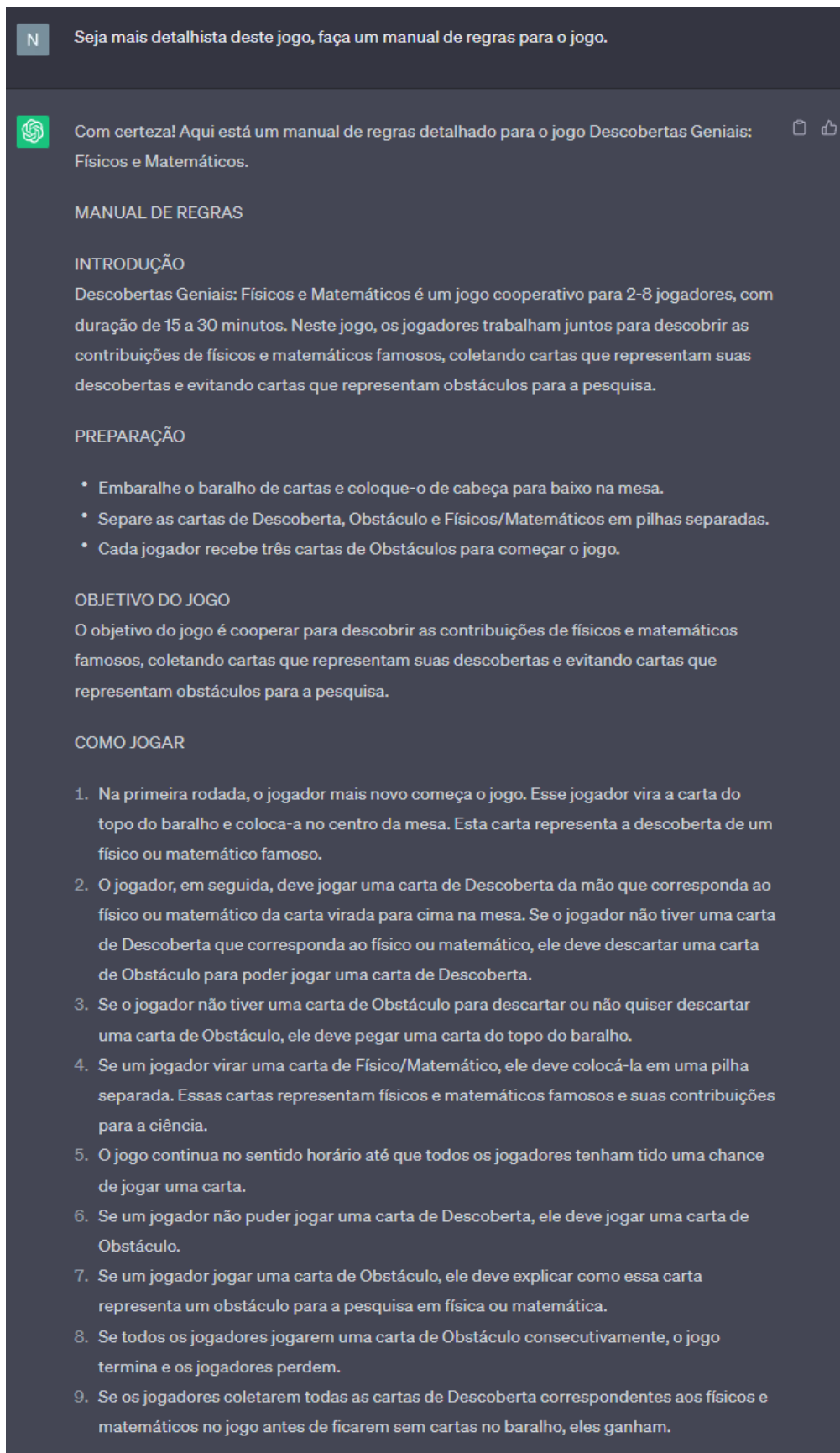
1. Na primeira rodada, o jogador mais novo começa o jogo. Esse jogador vira a carta do topo do baralho e coloca-a no centro da mesa. Esta carta representa a descoberta de um físico ou matemático famoso.
2. O jogador, em seguida, deve jogar uma carta de Descoberta da mão que corresponda ao físico ou matemático da carta virada para cima na mesa. Se o jogador não tiver uma carta de Descoberta que corresponda ao físico ou matemático, ele deve descartar uma carta de Obstáculo para poder jogar uma carta de Descoberta.
3. Se o jogador não tiver uma carta de Obstáculo para descartar ou não quiser descartar uma carta de Obstáculo, ele deve pegar uma carta do topo do baralho.
4. Se um jogador virar uma carta de Físico/Matemático, ele deve colocá-la em uma pilha separada. Essas cartas representam físicos e matemáticos famosos e suas contribuições para a ciência.
5. O jogo continua no sentido horário até que todos os jogadores tenham tido uma chance de jogar uma carta.
6. Se um jogador não puder jogar uma carta de Descoberta, ele deve jogar uma carta de Obstáculo.
7. Se um jogador jogar uma carta de Obstáculo, ele deve explicar como essa carta representa um obstáculo para a pesquisa em física ou matemática.
8. Se todos os jogadores jogarem uma carta de Obstáculo consecutivamente, o jogo termina e os jogadores perdem.
9. Se os jogadores coletarem todas as cartas de Descoberta correspondentes aos físicos e matemáticos no jogo antes de ficarem sem cartas no baralho, eles ganham.

Conclusão:

A adição de cartas de físicos e matemáticos famosos torna o jogo Descobertas Geniais ainda mais educativo e interessante. Os jogadores podem aprender sobre a vida e as contribuições desses grandes cientistas enquanto jogam. Além disso, o jogo ainda incentiva a cooperação e o pensamento crítico.

Fonte: ChatGPT

Figura 3 – Prompt para o chat detalhar mais, adicionar o manual de regras







Fonte: ChatGPT

Figura 4 – Resposta do chat à adição de detalhes e manual de regras

CARTAS DO JOGO

- Cartas de Descoberta: Existem 8 cartas de Descoberta no jogo, cada uma representando uma descoberta de um físico ou matemático famoso. Cada carta tem o nome do físico ou matemático, uma imagem que representa sua descoberta e

N Continue a resposta.

 uma breve descrição da descoberta. Para jogar uma carta de Descoberta, ela deve corresponder ao físico ou matemático da carta virada para cima na mesa.   

- Cartas de Obstáculo: Existem 15 cartas de Obstáculo no jogo, cada uma representando um obstáculo que pode impedir a pesquisa em física ou matemática. Quando um jogador joga uma carta de Obstáculo, ele deve explicar como essa carta representa um obstáculo para a pesquisa.
- Cartas de Físico/Matemático: Existem 7 cartas de Físico/Matemático no jogo, cada uma representando um físico ou matemático famoso e suas contribuições para a ciência. Quando um jogador vira uma carta de Físico/Matemático, ele deve colocá-la em uma pilha separada.

VENCENDO O JOGO

Os jogadores ganham o jogo se coletarem todas as cartas de Descoberta correspondentes aos físicos e matemáticos no jogo antes de ficarem sem cartas no baralho. Se eles conseguirem coletar todas as cartas de Descoberta correspondentes, mas ainda houver cartas no baralho, eles podem continuar jogando até que todas as cartas sejam coletadas.

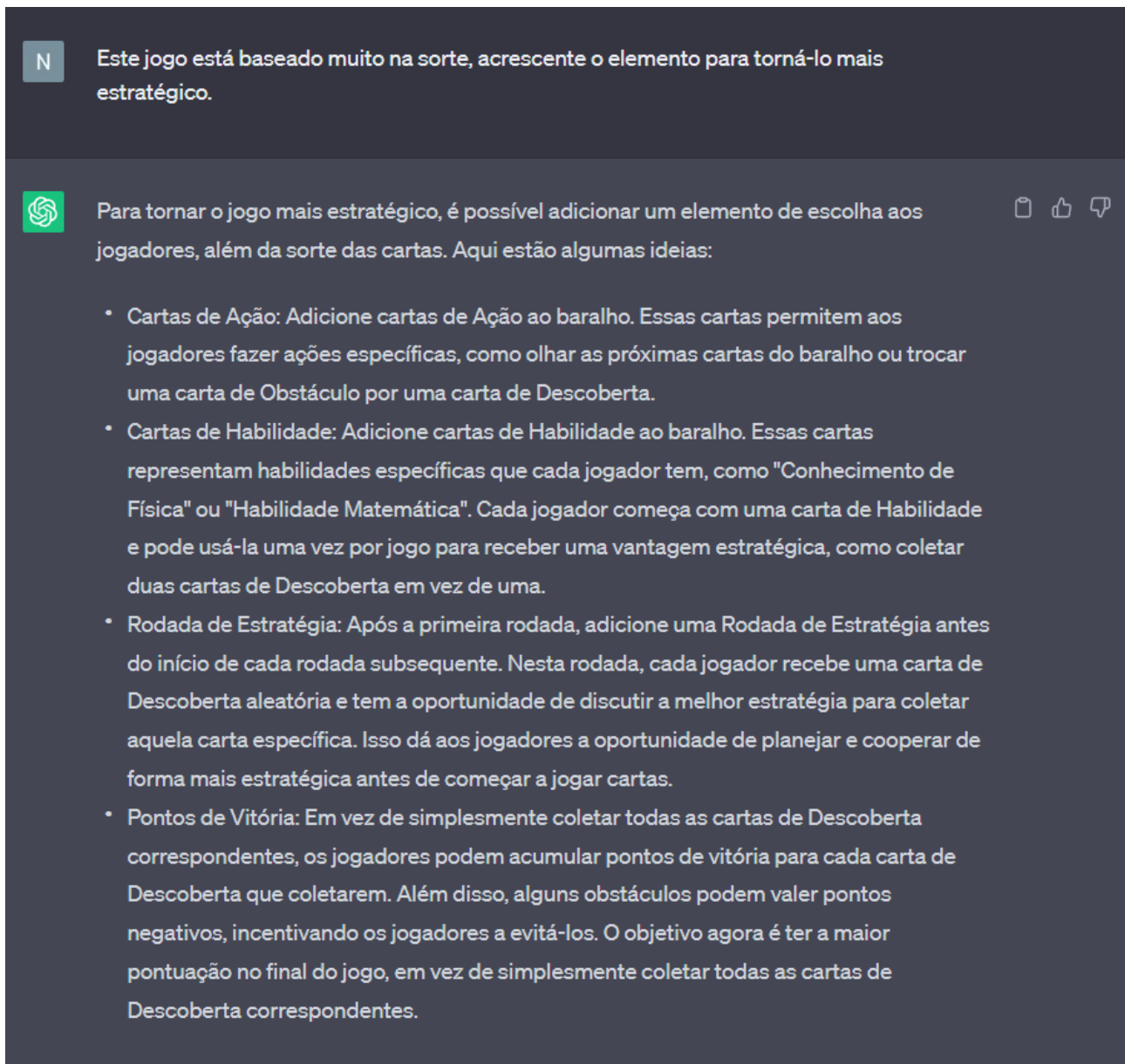
PERDENDO O JOGO

Os jogadores perdem o jogo se todos os jogadores jogarem uma carta de Obstáculo consecutivamente. Isso significa que eles não conseguiram superar os obstáculos para a pesquisa em física ou matemática e não conseguiram coletar todas as cartas de Descoberta correspondentes.

CONCLUSÃO

Descobertas Geniais: Físicos e Matemáticos é um jogo divertido e educativo que incentiva a cooperação e a aprendizagem sobre os físicos e matemáticos famosos e suas contribuições para a ciência. Com um tempo de jogo rápido e uma jogabilidade fácil, é perfeito para jogar com amigos e familiares interessados em ciência.

Fonte: ChatGPT

Figura 5 – Prompt pedindo ao chat para acrescentar elementos de estratégia no jogo

N Este jogo está baseado muito na sorte, acrescente o elemento para torná-lo mais estratégico.


Para tornar o jogo mais estratégico, é possível adicionar um elemento de escolha aos jogadores, além da sorte das cartas. Aqui estão algumas ideias:

- **Cartas de Ação:** Adicione cartas de Ação ao baralho. Essas cartas permitem aos jogadores fazer ações específicas, como olhar as próximas cartas do baralho ou trocar uma carta de Obstáculo por uma carta de Descoberta.
- **Cartas de Habilidade:** Adicione cartas de Habilidade ao baralho. Essas cartas representam habilidades específicas que cada jogador tem, como "Conhecimento de Física" ou "Habilidade Matemática". Cada jogador começa com uma carta de Habilidade e pode usá-la uma vez por jogo para receber uma vantagem estratégica, como coletar duas cartas de Descoberta em vez de uma.
- **Rodada de Estratégia:** Após a primeira rodada, adicione uma Rodada de Estratégia antes do início de cada rodada subsequente. Nesta rodada, cada jogador recebe uma carta de Descoberta aleatória e tem a oportunidade de discutir a melhor estratégia para coletar aquela carta específica. Isso dá aos jogadores a oportunidade de planejar e cooperar de forma mais estratégica antes de começar a jogar cartas.
- **Pontos de Vitória:** Em vez de simplesmente coletar todas as cartas de Descoberta correspondentes, os jogadores podem acumular pontos de vitória para cada carta de Descoberta que coletarem. Além disso, alguns obstáculos podem valer pontos negativos, incentivando os jogadores a evitá-los. O objetivo agora é ter a maior pontuação no final do jogo, em vez de simplesmente coletar todas as cartas de Descoberta correspondentes.

Fonte: ChatGPT

Figura 6 – Prompt pedindo ao chat para acrescentar cartas de ação e remodelar o jogo

N Acrescente as cartas de ação e remodele o jogo novamente.

 Com certeza, aqui está uma nova versão do jogo Descobertas Geniais: Físicos e Matemáticos, com cartas de ação adicionais para tornar o jogo mais estratégico:

Nome do Jogo: Descobertas Geniais: Físicos e Matemáticos - Edição de Estratégia

Número de jogadores: 2-8

Duração do jogo: 30-45 minutos

Objetivo: O objetivo do jogo é cooperar para descobrir as contribuições de físicos e matemáticos famosos, coletando cartas que representam suas descobertas e evitando cartas que representam obstáculos para a pesquisa. O jogador com a maior pontuação no final do jogo vence.

Preparação:

- Embaralhe o baralho de cartas e coloque-o de cabeça para baixo na mesa.
- Separe as cartas de Descoberta, Obstáculo e Físicos/Matemáticos em pilhas separadas.
- Adicione 12 cartas de Ação ao baralho, 3 de cada tipo de ação.
- Cada jogador recebe uma carta de Habilidade aleatória para começar o jogo.


Jogabilidade:

1. Na primeira rodada, o jogador mais novo começa o jogo. Esse jogador vira a carta do topo do baralho e coloca-a no centro da mesa. Esta carta representa a descoberta de um físico ou matemático famoso.
2. O jogador, em seguida, deve jogar uma carta de Descoberta da mão que corresponda ao físico ou matemático da carta virada para cima na mesa. Se o jogador não tiver uma carta de Descoberta que corresponda ao físico ou matemático, ele deve descartar uma carta de Obstáculo para poder jogar uma carta de Descoberta.
3. Se o jogador não tiver uma carta de Obstáculo para descartar ou não quiser descartar uma carta de Obstáculo, ele deve pegar uma carta do topo do baralho.
4. Se um jogador virar uma carta de Físico/Matemático, ele deve colocá-la em uma pilha separada. Essas cartas representam físicos e matemáticos famosos e suas contribuições para a ciência.
5. Após cada rodada, os jogadores podem jogar uma carta de Ação da mão, seguindo as instruções na carta. Cada jogador pode jogar apenas uma carta de Ação por rodada.
6. A carta de Habilidade pode ser usada uma vez por jogo para dar uma vantagem estratégica ao jogador que a usa.
7. O jogo continua no sentido horário até que todos os jogadores tenham tido uma chance de jogar uma carta.
8. Se um jogador não puder jogar uma carta de Descoberta, ele deve jogar uma carta de Obstáculo.
9. Se um jogador jogar uma carta de Obstáculo, ele deve explicar como essa carta representa um obstáculo para a pesquisa em física ou matemática.
10. Se todos os jogadores jogarem uma carta de Obstáculo consecutivamente, o jogo termina e os jogadores perdem.
11. O jogo termina quando todas as cartas de Descoberta e Físico/Matemático tiverem sido coletadas ou quando o baralho acabar. Os jogadores somam suas pontuações, que incluem as cart

Fonte: ChatGPT

Figura 7 – Continuação da resposta do chat ao *prompt* de acrescentar cartas de ação e remodelar o jogo “Eureka AI!”

N Continue.

 as de Descoberta coletadas e quaisquer pontos de vitória adicionais obtidos através das cartas de Ação e Habilidade. O jogador com a maior pontuação vence o jogo.

Cartas do Jogo:

- Cartas de Descoberta: Existem 8 cartas de Descoberta no jogo, cada uma representando uma descoberta de um físico ou matemático famoso. Cada carta tem o nome do físico ou matemático, uma imagem que representa sua descoberta e uma breve descrição da descoberta. Para jogar uma carta de Descoberta, ela deve corresponder ao físico ou matemático da carta virada para cima na mesa.
- Cartas de Obstáculo: Existem 15 cartas de Obstáculo no jogo, cada uma representando um obstáculo que pode impedir a pesquisa em física ou matemática. Quando um jogador joga uma carta de Obstáculo, ele deve explicar como essa carta representa um obstáculo para a pesquisa.
- Cartas de Físico/Matemático: Existem 7 cartas de Físico/Matemático no jogo, cada uma representando um físico ou matemático famoso e suas contribuições para a ciência. Quando um jogador vira uma carta de Físico/Matemático, ele deve colocá-la em uma pilha separada.
- Cartas de Ação: Existem 12 cartas de Ação no jogo, 3 de cada tipo de ação. As cartas de Ação permitem aos jogadores fazer ações específicas, como olhar as próximas cartas do baralho ou trocar uma carta de Obstáculo por uma carta de Descoberta.
- Cartas de Habilidade: Existem 8 cartas de Habilidade no jogo, uma para cada jogador. Cada carta de Habilidade representa uma habilidade específica que o jogador tem, como "Conhecimento de Física" ou "Habilidade Matemática". Cada jogador começa com uma carta de Habilidade e pode usá-la uma vez por jogo para receber uma vantagem estratégica, como coletar duas cartas de Descoberta em vez de uma.

Vencendo o Jogo:

Os jogadores ganham o jogo se coletarem todas as cartas de Descoberta correspondentes aos físicos e matemáticos no jogo antes de ficarem sem cartas no baralho. Além disso, os jogadores acumulam pontos de vitória para cada carta de Descoberta coletada e quaisquer pontos adicionais obtidos através das cartas de Ação e Habilidade. O jogador com a maior pontuação no final do jogo vence.


Perdendo o Jogo:

Os jogadores perdem o jogo se todos os jogadores jogarem uma carta de Obstáculo consecutivamente. Isso significa que eles não conseguiram superar os obstáculos para a pesquisa em física ou matemática e não conseguiram coletar todas as cartas de Descoberta correspondentes.

Fonte: ChatGPT

Figura 8 – Prompt para refinamento do jogo conforme algumas necessidades que foram adotadas

N Diminua o tempo de duração do jogo para o intervalo de 15 a 30 minutos. Lembrando que é um jogo de cooperação, ou todos ganham, ou todos perdem. Baseado nisso, remodele novamente.

 Claro, aqui está uma nova versão do jogo Descobertas Geniais: Físicos e Matemáticos, com um tempo de jogo de 15 a 30 minutos e com o objetivo de vitória ou derrota compartilhado pelos jogadores:

Nome do Jogo: Descobertas Geniais: Físicos e Matemáticos - Edição Rápida de Cooperação

Número de jogadores: 2-6

Duração do jogo: 15-30 minutos

Objetivo: O objetivo do jogo é cooperar para descobrir as contribuições de físicos e matemáticos famosos, coletando cartas que representam suas descobertas e evitando cartas que representam obstáculos para a pesquisa. Todos os jogadores devem coletar todas as cartas de Descoberta correspondentes antes de ficarem sem cartas no baralho. Se eles conseguirem coletar todas as cartas de Descoberta correspondentes, eles ganham o jogo. Se eles não conseguirem, eles perdem o jogo.

Preparação:

- Embaralhe o baralho de cartas e coloque-o de cabeça para baixo na mesa.
- Separe as cartas de Descoberta, Obstáculo e Físicos/Matemáticos em pilhas separadas.
- Cada jogador recebe uma carta de Habilidade aleatória para começar o jogo.


Jogabilidade:

1. Na primeira rodada, o jogador mais novo começa o jogo. Esse jogador vira a carta do topo do baralho e coloca-a no centro da mesa. Esta carta representa a descoberta de um físico ou matemático famoso.
2. O jogador, em seguida, deve jogar uma carta de Descoberta da mão que corresponda ao físico ou matemático da carta virada para cima na mesa. Se o jogador não tiver uma carta de Descoberta que corresponda ao físico ou matemático, ele deve descartar uma carta de Obstáculo para poder jogar uma carta de Descoberta.
3. Se o jogador não tiver uma carta de Obstáculo para descartar ou não quiser descartar uma carta de Obstáculo, ele deve pegar uma carta do topo do baralho.
4. Se um jogador virar uma carta de Físico/Matemático, ele deve colocá-la em uma pilha separada. Essas cartas representam físicos e matemáticos famosos e suas contribuições para a ciência.
5. Após cada rodada, os jogadores podem jogar uma carta de Habilidade da mão, seguindo as instruções na carta. Cada jogador pode jogar apenas uma carta de Habilidade por jogo.
6. O jogo continua no sentido horário até que todos os jogadores tenham jogado suas cartas.
7. Se um jogador não puder jogar uma carta de Descoberta, ele deve jogar uma carta de Obstáculo.
8. Se um jogador jogar uma carta de Obstáculo, ele deve explicar como essa carta representa um obstáculo para a pesquisa em física ou matemática.
9. Se todos os jogadores jogarem uma carta de Obstáculo consecutivamente, o jogo termina e os jogadores perdem.
10. O jogo termina quando todas as cartas de Descoberta e Físico/Matemático tiverem sido coletadas ou quando o baralho acabar.
11. Os jog

Fonte: ChatGPT

Figura 9 – Continuação do refinamento do jogo “Eureka AI!”

N Continue.

 11. Os jogadores somam suas cartas de Descoberta coletadas. Se todos os jogadores coletaram todas as cartas de Descoberta correspondentes antes do final do jogo, eles ganham o jogo. Se um ou mais jogadores não conseguiram coletar todas as cartas de Descoberta correspondentes, eles perdem o jogo.

Cartas do Jogo:

- Cartas de Descoberta: Existem 8 cartas de Descoberta no jogo, cada uma representando uma descoberta de um físico ou matemático famoso. Cada carta tem o nome do físico ou matemático, uma imagem que representa sua descoberta e uma breve descrição da descoberta. Para jogar uma carta de Descoberta, ela deve corresponder ao físico ou matemático da carta virada para cima na mesa.
- Cartas de Obstáculo: Existem 15 cartas de Obstáculo no jogo, cada uma representando um obstáculo que pode impedir a pesquisa em física ou matemática. Quando um jogador joga uma carta de Obstáculo, ele deve explicar como essa carta representa um obstáculo para a pesquisa.
- Cartas de Físico/Matemático: Existem 7 cartas de Físico/Matemático no jogo, cada uma representando um físico ou matemático famoso e suas contribuições para a ciência. Quando um jogador vira uma carta de Físico/Matemático, ele deve colocá-la em uma pilha separada.
- Cartas de Habilidade: Existem 8 cartas de Habilidade no jogo, uma para cada jogador. Cada carta de Habilidade representa uma habilidade específica que o jogador tem, como "Conhecimento de Física" ou "Habilidade Matemática". Cada jogador começa com uma carta de Habilidade e pode usá-la uma vez por jogo para receber uma vantagem estratégica, como coletar duas cartas de Descoberta em vez de uma.

Vencendo o Jogo:

Os jogadores ganham o jogo se todos os jogadores coletarem todas as cartas de Descoberta correspondentes antes de ficarem sem cartas no baralho.

Perdendo o Jogo:

Os jogadores perdem o jogo se todos os jogadores jogarem uma carta de Obstáculo consecutivamente. Isso significa que eles não conseguiram superar os obstáculos para a pesquisa em física ou matemática e não conseguiram coletar todas as cartas de Descoberta correspondentes.

Fonte: ChatGPT

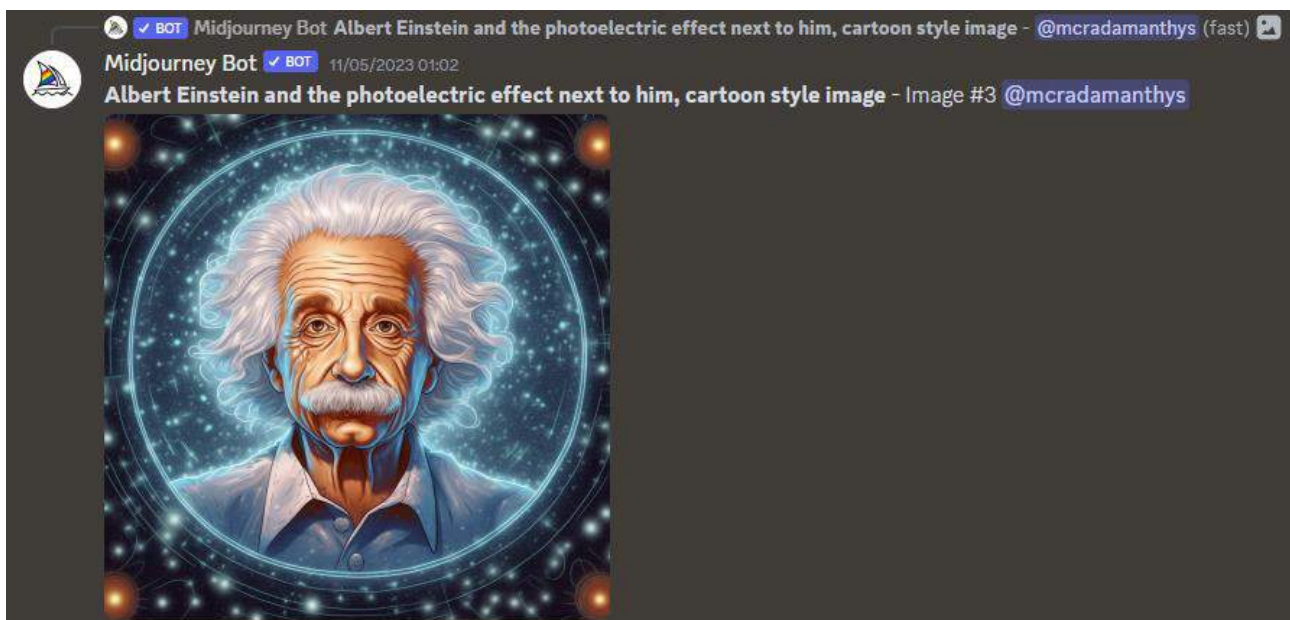
APÊNDICE B – PROMPTS UTILIZADOS PARA O MIDJOURNEY

Figura 1 – *Prompt* para a geração do Isaac Newton



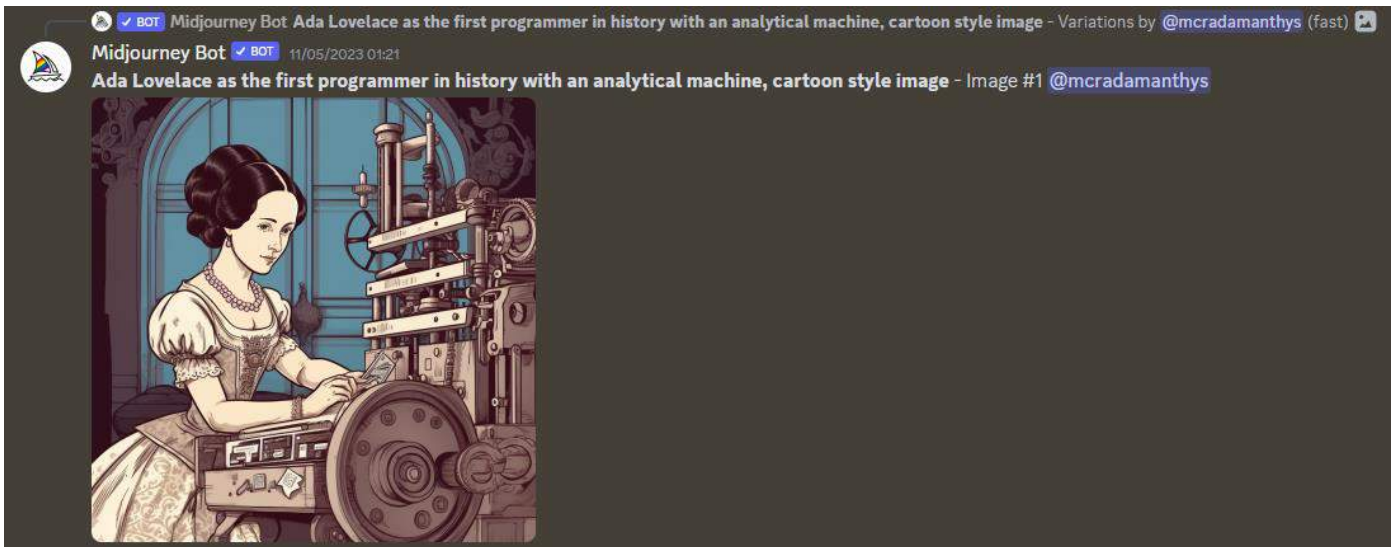
Fonte: Midjourney.

Figura 2 – *Prompt* para a geração do Albert Einstein



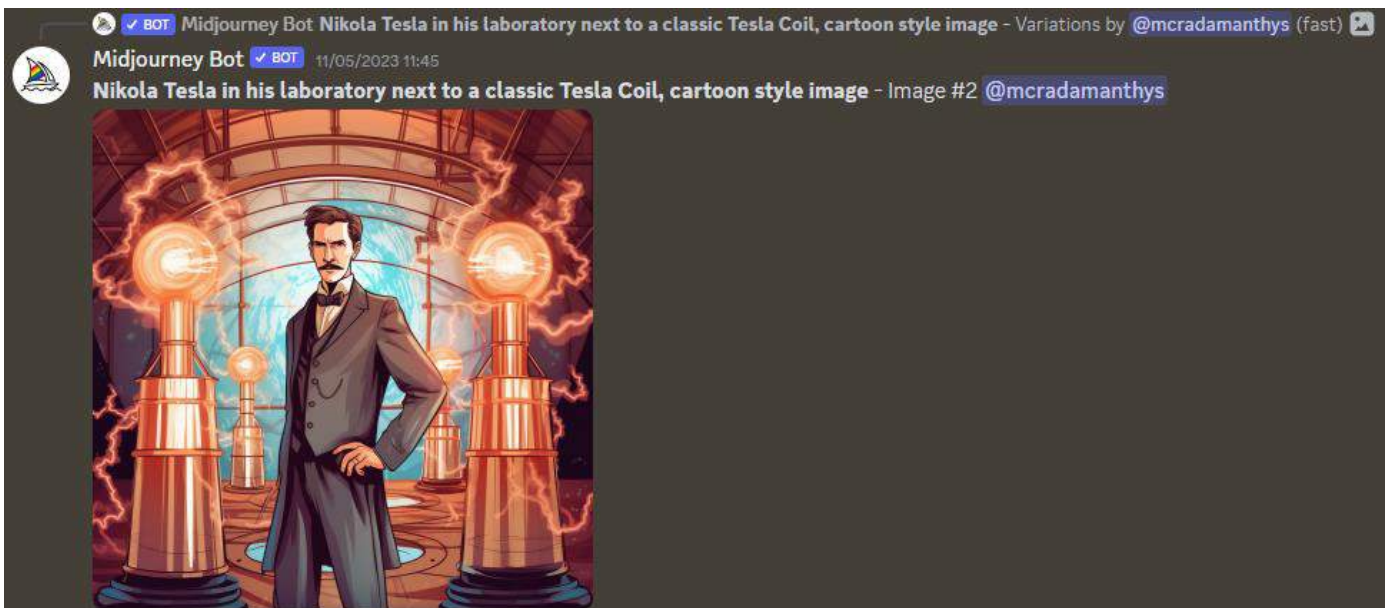
Fonte: Midjourney.

Figura 3 – Prompt para a geração da Ada Lovelace



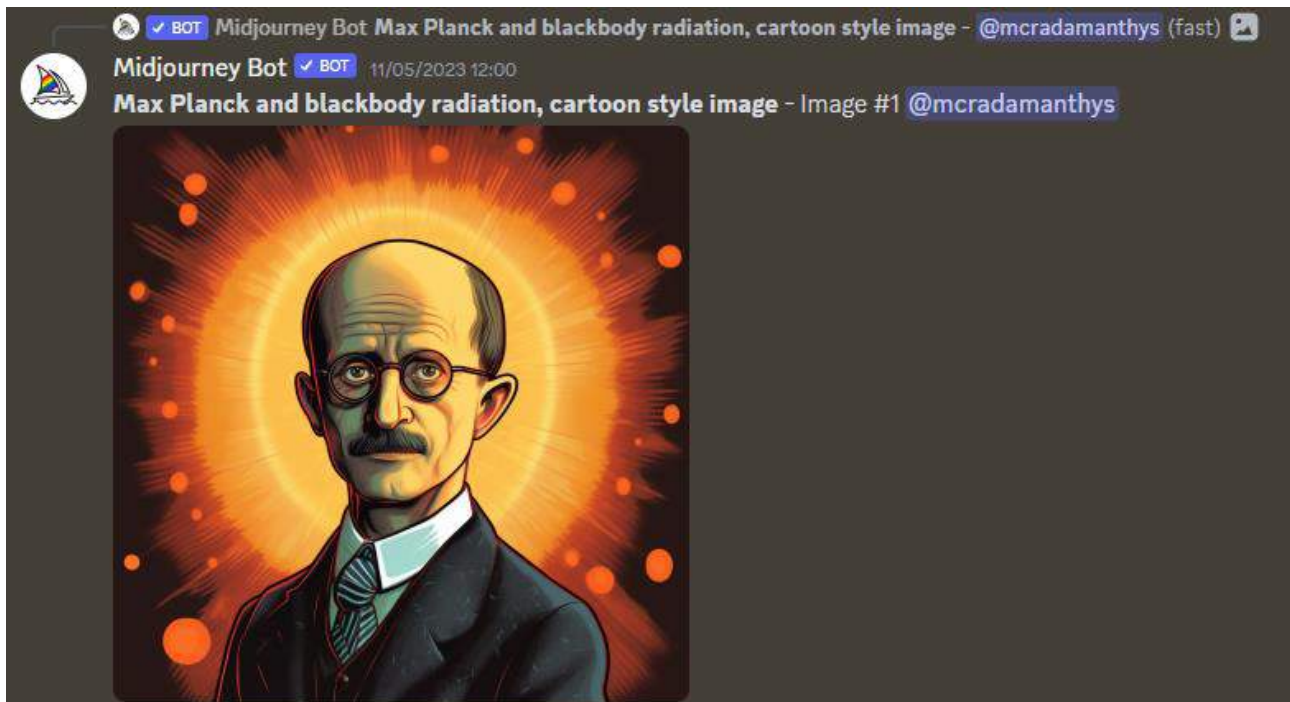
Fonte: Midjourney.

Figura 4 – Prompt para a geração do Nikola Tesla



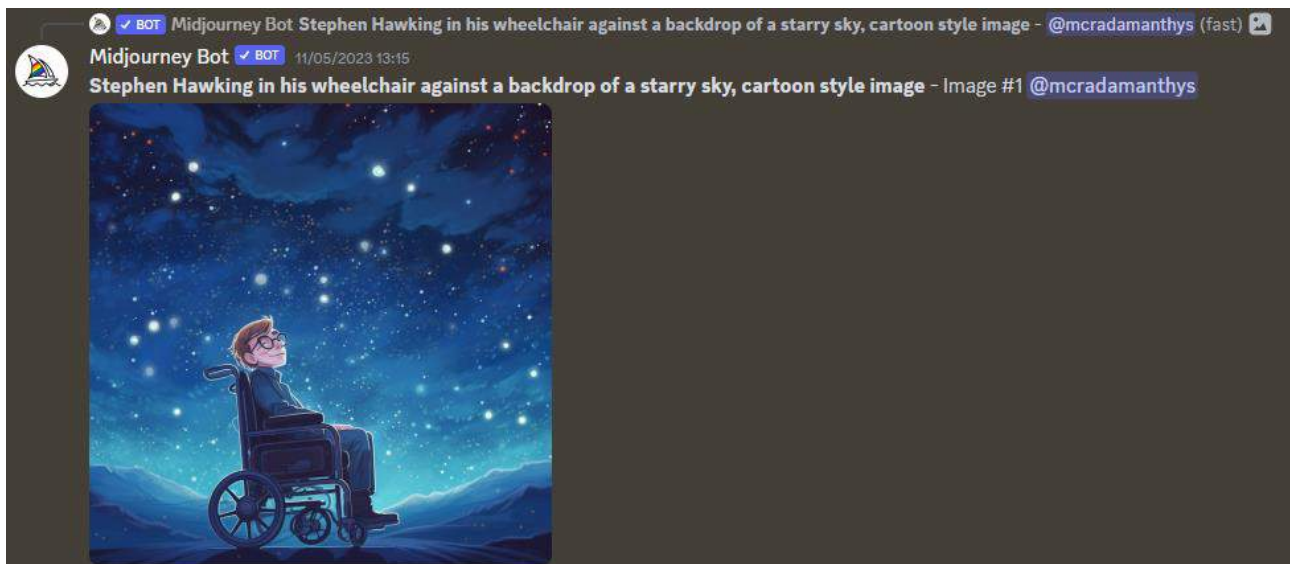
Fonte: Midjourney.

Figura 5 – Prompt para a geração do Max Planck



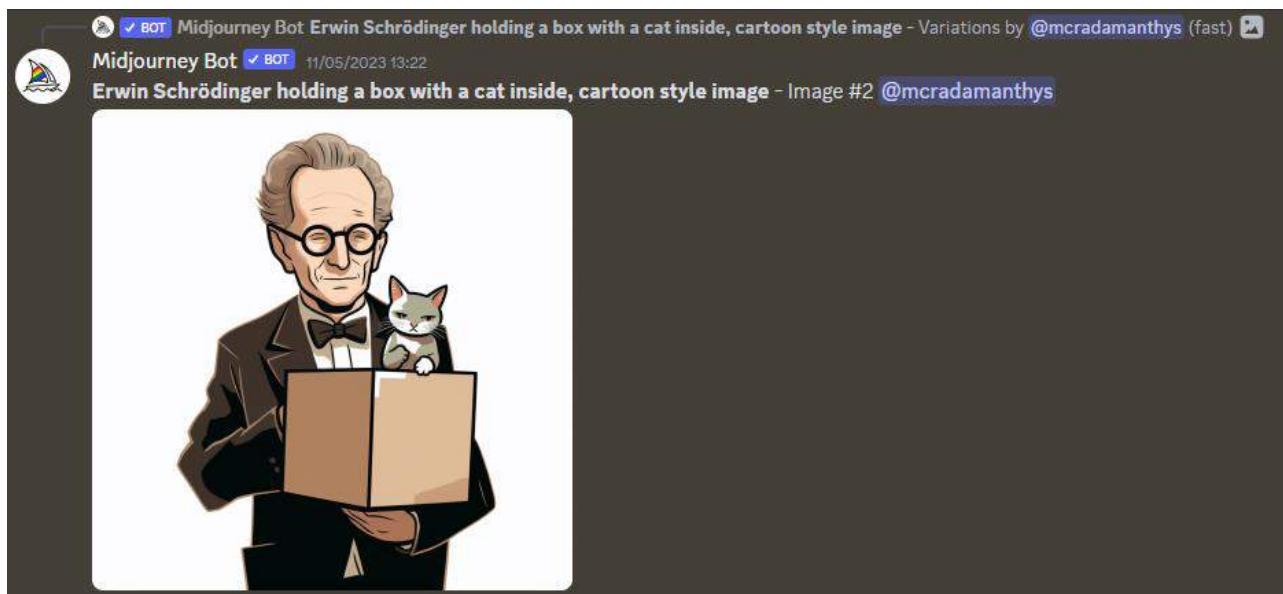
Fonte: Midjourney.

Figura 6 – Prompt para a geração do Stephen Hawking



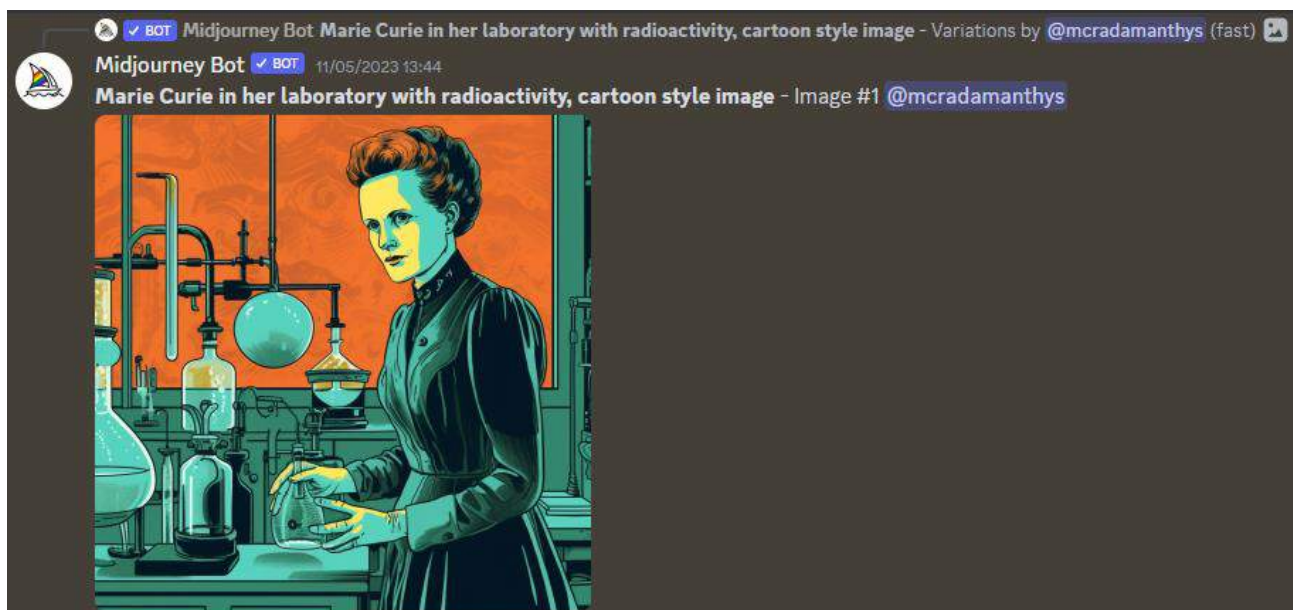
Fonte: Midjourney.

Figura 7 – Prompt para a geração do Erwin Schrödinger



Fonte: Midjourney.

Figura 8 – Prompt para a geração da Marie Curie



Fonte: Midjourney.

Figura 9 – Prompt para a geração do Alan Turing



Fonte: Midjourney.

Figura 10 – Prompt para a geração do Galileu Galilei



Fonte: Midjourney.

Figura 11 – *Prompt* para a geração do Werner Heisenberg



Fonte: Midjourney.

Figura 12 – *Prompt* para a geração do Ernest Rutherford



Fonte: Midjourney.

Figura 13 – *Prompt* para a geração do Michael Faraday



Fonte: Midjourney.

Figura 14 – *Prompt* para a geração do Niels Bohr



Fonte: Midjourney.

Figura 15 – Prompt para a geração do Arquimedes



Fonte: Midjourney.

Figura 16 – Prompt para a geração do César Lattes



Fonte: Midjourney.

Figura 17 – Prompt para a geração do Joseph John Thomson



Fonte: Midjourney.

Figura 18 – Prompt para a geração do Enrico Fermi



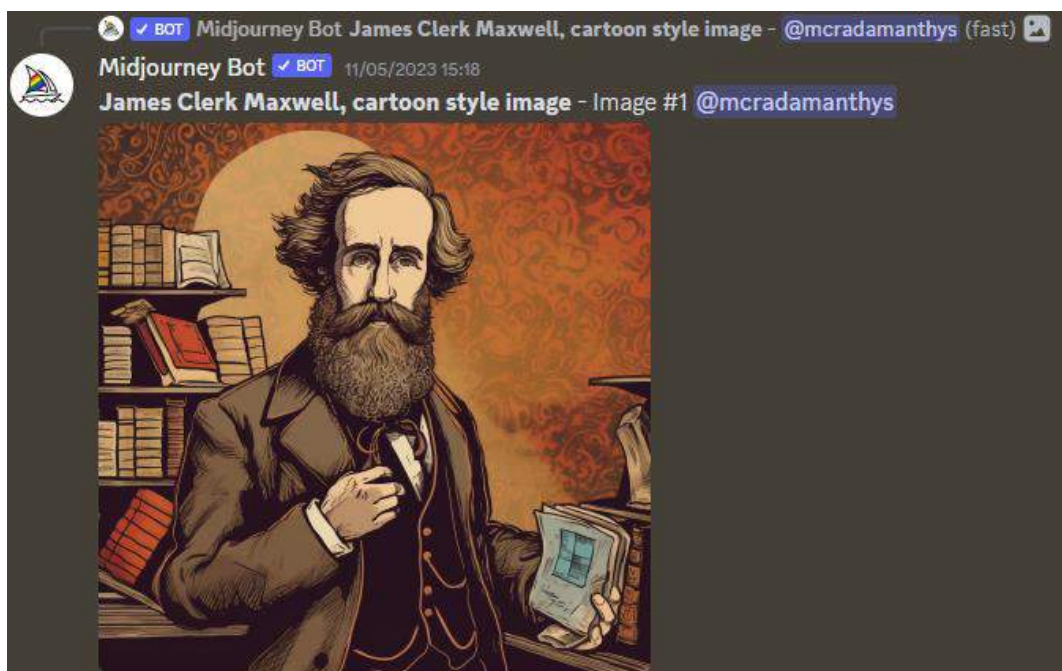
Fonte: Midjourney.

Figura 19 – *Prompt* para a geração do Richard Feynman



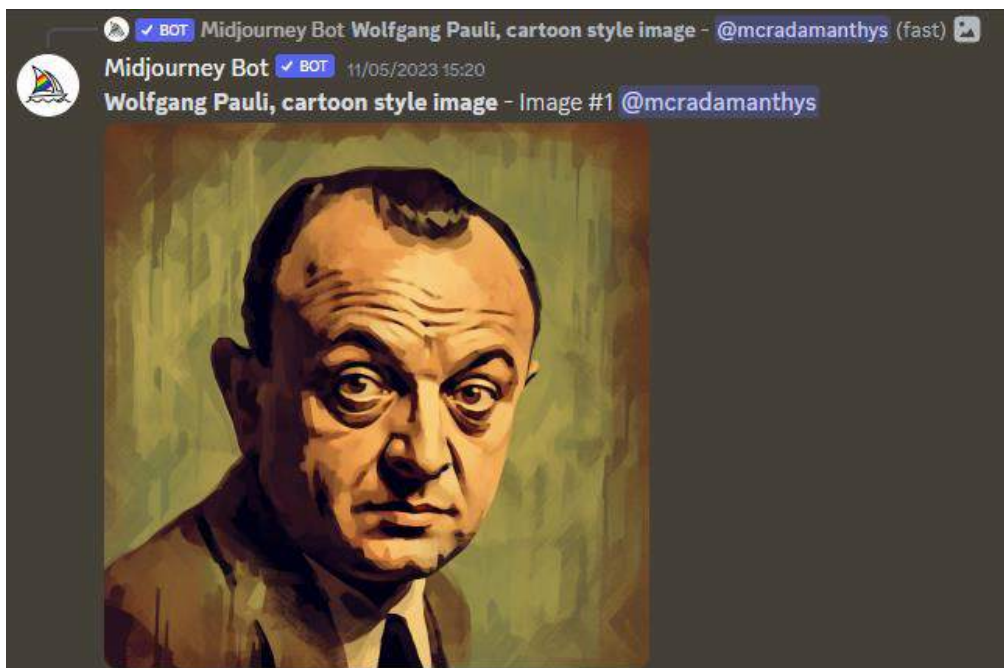
Fonte: Midjourney.

Figura 20 – *Prompt* para a geração do James Clerk Maxwell



Fonte: Midjourney.

Figura 21 – *Prompt* para a geração do Wolfgang Pauli



Fonte: Midjourney.

Figura 22 – *Prompt* para a geração do Paul Dirac



Fonte: Midjourney.

Figura 22 – Prompt para a geração do Johannes Kepler



Fonte: Midjourney.

Figura 24 – Prompt para a geração do Linus Pauling



Fonte: Midjourney.

Figura 25 – *Prompt* para a geração do Blaise Pascal



Fonte: Midjourney.

Figura 26 – *Prompt* para a geração do André-Marie Ampère



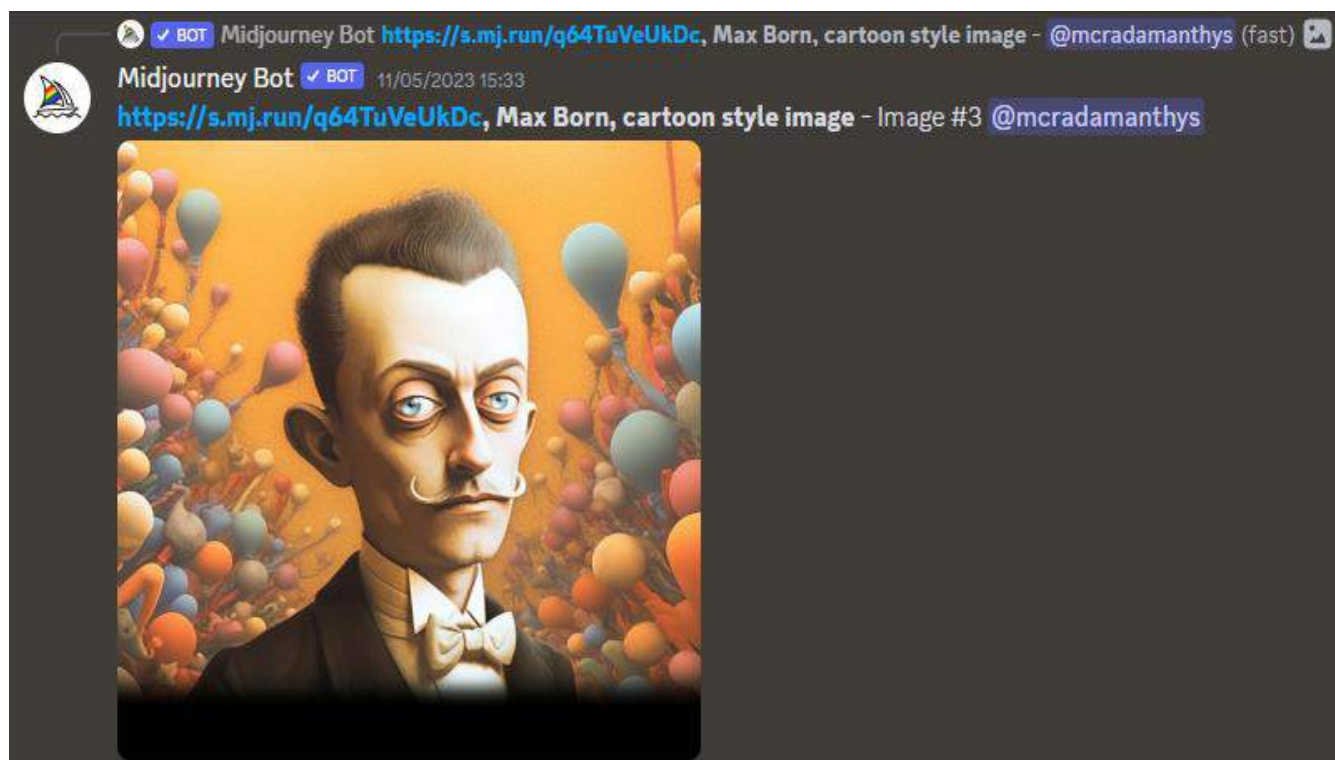
Fonte: Midjourney.

Figura 27 – Prompt para a geração do Alessandro Volta



Fonte: Midjourney.

Figura 28 – Prompt para a geração do Max Born



Fonte: Midjourney.

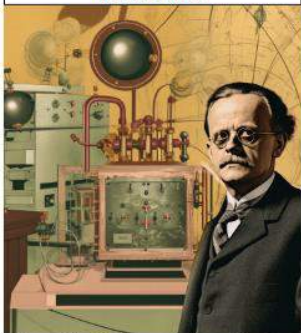
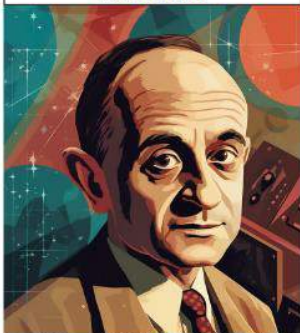

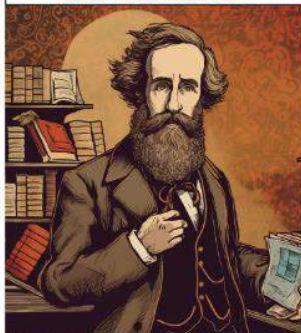

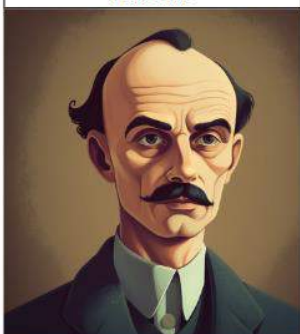
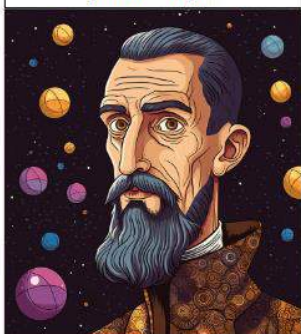

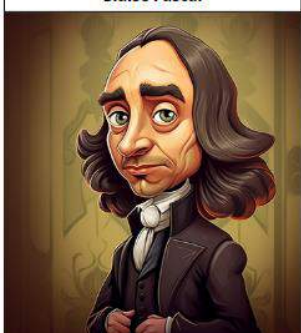


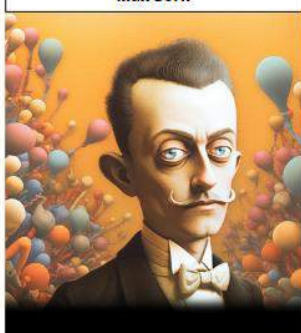
APÊNDICE C – CARTAS DO JOGO “Eureka AI!”

Figura 1 - Cientistas presentes no jogo Eureka AI!

| | | | |
|---|---|---|---|
| <p>Isaac Newton</p>  <p>Isaac Newton teve um grande interesse por química, dedicando-se a experimentos e estudos sobre a transmissão de metais e a busca pelo pedrão filosófico, além de escrever mais de um milhão de palavras sobre o assunto.</p> | <p>Albert Einstein</p>  <p>Albert Einstein teve dificuldades no início com a fala, desenvolvendo uma linguagem tardia. Ele também foi um violinista habilidoso e tinha uma grande paixão pela música.</p> | <p>Ada Lovelace</p>  <p>Era filha do poeta Lord Byron, sendo assim uma figura interessante que uniu a criatividade artística do pai com o talento matemático e científico dela. Ela tinha um interesse particular em voar e projetou planos para uma máquina voadora.</p> | <p>Nikola Tesla</p>  <p>Era conhecido por ter uma memória fotográfica excepcional, e que lhe permitia memorizar livros inteiros e trabalhar com complexos cálculos e projetos sem a necessidade de anotações.</p> |
| <p>Max Planck</p>  <p>Era um ávido músico e tocava piano de forma habilidosa. Sua paixão pela música o levou a ter uma amizade próxima com o renomado compositor Richard Wagner e a se converter secretamente ao sítio musical de sua época.</p> | <p>Stephen Hawking</p>  <p>Desenvolveu uma forma de comunicação única, utilizando um sistema de voz computadorizado ativado por meio de um sensor em sua bochecha. Isso permitiu que ele continuasse a compartilhar suas ideias, mesmo após perder a capacidade de falar devido à esclerose lateral amiotrófica (ELA).</p> | <p>Erwin Schrödinger</p>  <p>Tinha um grande amor pelas gatos. Também era um amante da filosofia oriental, particularmente do Vedanta, uma das tradições filosóficas do hinduísmo.</p> | <p>Marie Curie</p>  <p>Durante a Primeira Guerra Mundial, ela instalou unidades móveis de radiografia, conhecidas como "pequenas Curies", para auxiliar no tratamento de soldados feridos.</p> |
| <p>Alan Turing</p>  <p>Foi um corredor de longa distância excepcional. Ele era conhecido por suas habilidades atléticas e chegou a competir em maratonas, conquistando tempo impressionantes.</p> | <p>Galileu Galilei</p>  <p>Ele enfrentou a inquisição e foi condenado por heresia devido à defesa de suas descobertas que contrariavam o modelo geocêntrico tradicional. Ele foi forçado a renunciar publicamente às suas ideias e passou o resto de sua vida em prisão domiciliar.</p> | <p>Werner Heisenberg</p>  <p>Foi um dos principais defensores da responsabilidade ética dos cientistas. Após a Segunda Guerra Mundial, ele refletiu a importância de considerações éticas na pesquisa científica, especialmente quando se trata de tecnologias potencialmente destrutivas, como a energia nuclear.</p> | <p>Isaac Ernest Rutherford</p>  <p>Foi o mentor de Niels Bohr, um dos grandes físicos quânticos do século XX. Rutherford convidou Bohr para trabalhar em seu laboratório em Manchester, onde Bohr desenvolveu seu modelo de átomo, conhecido como modelo de Bohr.</p> |
| <p>Michael Faraday</p>  <p>Acreditava que a ciência deveria estar disponível a todos e lutou para tornar a educação científica mais acessível. Como parte de seus esforços, ele fundou o Royal Institution Christmas Lectures, uma série de palestras científicas destinadas ao público em geral, especialmente crianças.</p> | <p>Niels Bohr</p>  <p>Tinha um senso de humor peculiar e muitas vezes usava histórias e aneddotas em suas apresentações científicas. Ele era conhecido por sua capacidade de contar piadas e usar exemplos engraçados para transmitir conceitos complexos de física quântica.</p> | <p>Arquimedes</p>  <p>Uma lenda diz que ele descobriu o princípio da flutuação ao tomar banho. Segundo a lenda, ele estava tomando banho quando percebeu que a água deslocada pelo corpo era igual ao volume do corpo, o que lhe permitiu descobrir a fórmula para calcular o volume de objetos irregulares.</p> | <p>César Lattes</p>  <p>Foi um defensor ativo da cooperação científica internacional. Durante sua carreira, ele estabeleceu colaborações com cientistas de diversas partes e participou de projetos conjuntos em várias instituições de renome mundial.</p> |

Fonte: o autor, 2023.

Figura 2 – Cientistas presentes no jogo e algumas cartas de descobertas

| | | | |
|---|--|--|---|
| <p>J. J. Thomson</p>  <p>Recebeu o Prémio Nobel de Física em 1906 pelo seu trabalho pioneiro no estudo dos elétrons. Ele foi o primeiro cientista a receber o Prémio Nobel por descobertas relacionadas à estrutura do átomo.</p> | <p>Enrico Fermi</p>  <p>Ére conhecido por sua habilidade em estimar valores aproximados de grandezas físicas de forma rápida e precisa. Essa habilidade ficou conhecida como "Método de Fermi" ou "raciocínio de Fermi".</p> | <p>Richard Feynman</p>  <p>Ére um talentoso músico. Além de sua genialidade no físico, Feynman era um habilíssimo tocador de bongô e chegou a se apresentar com um banda chamada "The Feynmanians" durante seu tempo em Los Alamos, onde trabalhava no Projeto Manhattan.</p> | <p>James Clerk Maxwell</p>  <p>Foi um dos primeiros cientistas a perceber a importância da cor em fotografias. Ele realizou experimentos para reproduzir cores em fotografias utilizando um método chamado tricromia, combinando três imagens em preto e branco de diferentes filtros coloridos.</p> |
| <p>Wolfgang Pauli</p>  <p>Quando um físico apresentou uma ideia que Pauli considerou insatisfatória, ele escreveu uma carta para o colega: "Não é apenas errado, é tão errado que nem está errado". Essa frase passou a ser conhecida como o "Princípio da Exclusão de Pauli".</p> | <p>Paul Dirac</p>  <p>Foi agraciado com diversos prêmios, entre eles o Prémio Nobel de Física em 1928, que ele dividiu com Erwin Schrödinger. No entanto, ele recusou o título de cavaleiro, pois preferiu não ser tratado pelo seu primeiro nome.</p> | <p>Johannes Kepler</p>  <p>Foi um dos primeiros cientistas a propor que a Lua exerce uma influência significativa nas marés terrestres. Embora essa ideia já tivesse sido levantada anteriormente, Kepler foi o primeiro a fornecer uma explicação matemática precisa para o fenômeno das marés.</p> | <p>Linus Pauling</p>  <p>Foi o único pessoa a receber dois prêmios Nobel atribuídos em diferentes áreas científicas. Em 1954, ele ganhou o Prémio Nobel de Química por suas pesquisas sobre a natureza dos ligantes químicos e suas aplicações no estrutura das moléculas. Mais tarde, em 1962, ele recebeu o Prémio Nobel da Paz por seu ativismo contra a possibilidade de armas nucleares e seu trabalho em prol do desarmamento.</p> |
| <p>Blaise Pascal</p>  <p>Aos 16 anos, ele escreveu um tratado matemático chamado "Ensaio sobre as Cônicas", que estabeleceu importantes fundamentos da geometria projetiva. Sua obra foi tão impressionante que influenciou grandes matemáticos da época, como Pierre de Fermat e René Descartes.</p> | <p>André-Marie Ampère</p>  <p>Além de seus trabalhos científicos, ele escreveu extensivamente sobre questões filosóficas, como a natureza da realidade e a relação entre o físico e o religioso. Apesar de estar interessado em explorar as conexões entre o físico e a filosofia, buscando uma compreensão mais profunda de natureza e do universo.</p> | <p>Alessandro Volta</p>  <p>Tinha uma rivalidade científica com Luigi Galvani, outro renomado cientista da época. Galvani era conhecido por suas pesquisas sobre eletricidade animal, enquanto Volta defendia a teoria de que a eletricidade era uma propriedade inerente aos metais.</p> | <p>Max Born</p>  <p>Teve que deixar o Alemanha nazista devido à políticas discriminatórias e antissemitas do regime. Born, que era judeu, emigrou para o Reino Unido em 1933, onde continuou suas pesquisas e contribuições para a física.</p> |
| <p>Leis de Newton</p> <ul style="list-style-type: none"> Primeira Lei de Newton (Lei da Inércia) Segunda Lei de Newton (Lei da Aceleração) Terceira Lei de Newton (Lei da Ação e Reação) | <p>Cálculo</p> <ul style="list-style-type: none"> Isaac Newton é creditado com a invenção de um ramo da matemática denominado como Cálculo. O cálculo é dividido em dois grandes ramos: <ul style="list-style-type: none"> Cálculo Diferencial Cálculo Integral | <p>Lei da Gravitação Universal</p> <ul style="list-style-type: none"> De acordo com a Lei da Gravitação Universal de Isaac Newton: <ul style="list-style-type: none"> Todas as partículas de matéria se atraem mutuamente. A força de atração é proporcional ao produto das massas e inversamente proporcional ao quadrado da distância entre elas. Quanto maior a massa ou mais próximo os objetos, maior é a força gravitacional. A lei explica por que os humanos permanecem na Terra e os planetas orbitam o Sol. | <p>Teoria da Relatividade Restrita</p> <ul style="list-style-type: none"> A Teoria da Relatividade Especial de Albert Einstein é composta pelos conceitos: <ul style="list-style-type: none"> O Princípio da Relatividade afirma que as regras da física são iguais em todos os referenciais inerciais. A velocidade da luz é constante no vácuo para todos os observadores. |

Fonte: o autor, 2023.

Figura 3 – Cartas de descobertas presentes

| | | | |
|--|--|---|--|
| <p>Teoria da Relatividade Geral</p> <ul style="list-style-type: none"> A Teoria da Relatividade Geral de Einstein redefine a gravidade como resultado da curvatura do espaço-tempo. Princípio da Equivalência: campo gravitacional e aceleração equivalente são indistinguíveis. Curvatura do espaço-tempo: os objetos seguem caminhos de menor resistência em espaço-tempo curvo, definido pela massa e energia. Quanto mais massa ou energia, mais curvo é o espaço-tempo. A luz também segue essa curvatura, permitindo a detecção de processos como lentes gravitacionais. | <p>Efeito Fotoelétrico</p> <ul style="list-style-type: none"> Albert Einstein ganhou o Prêmio Nobel em 1921 por explicar o efeito fotoelétrico. Efeito fotoelétrico: Luz atinge a superfície metálica liberando elétrons, com luz atuando como partículas (fótons). | <p>Algoritmo para a Máquina Analítica</p> <ul style="list-style-type: none"> Ada Lovelace, vista como a primeira programadora de computador. Sua principal contribuição foram as anotações sobre a Engine, contendo o que se creê ser o primeiro algoritmo para processamento de computador. Um algoritmo é uma sequência de instruções direcionando o que o computador deve executar. | <p>Primeiros Conceitos de Programação</p> <ul style="list-style-type: none"> Ada Lovelace é considerada a primeira programadora de computador, contribuiu com: Conceito de ramificação condicional, que executa instruções alternativas dependendo do resultado de uma condição. Conceito de loops, que repetem uma sequência de instruções até que uma condição específica seja atendida. Introduziu a prática de depuração, que encontra e corrige erros. |
| <p>Visão Potencial dos Computadores</p> <ul style="list-style-type: none"> Ada Lovelace concebeu que a Máquina Analítica poderia processar mais do que apenas números. Imaginou que, com os algoritmos e entradas corretos, as máquinas poderiam gerar qualquer tipo de conteúdo, incluindo arte e música. Compreendeu os limites das máquinas, percebendo que elas só poderiam realizar tarefas que lhes fossem instruídas, sem capacidade de criação autônoma. | <p>Corrente Alternada (CA)</p> <ul style="list-style-type: none"> Nikola Tesla promoveu e desenvolveu o conceito de corrente alternada (CA), um tipo de corrente elétrica em que o fluxo de carga muda de direção periodicamente. Tesla desenvolveu um sistema completo de energia CA, incluindo geradores, transformadores, linhas de transmissão e iluminação. Na "Guerra das Correntes" no final do século XIX, o sistema CA de Tesla prevaleceu sobre o sistema de corrente contínua de Thomas Edison, devido à superioridade na transmissão de energia a longas distâncias. | <p>Bobina de Tesla</p> <ul style="list-style-type: none"> A Bobina de Tesla, uma invenção de Nikola Tesla, gera eletricidade de corrente alternada de alta tensão, baixa corrente e alta frequência utilizando energia CA. | <p>Motor de Indução</p> <ul style="list-style-type: none"> A maior contribuição de Nikola Tesla para o desenvolvimento do CA foi a invenção do motor de indução CA. O motor de indução CA usa um campo eletromagnético para transformar energia elétrica em energia mecânica. A invenção do motor CA representou uma melhoria significativa em relação aos motores de corrente contínua (CC) de sua época. |
| <p>Quantização da Energia</p> <ul style="list-style-type: none"> Max Planck investigou a radiação do corpo negro, um fenômeno que envolve objetos aquecidos liberando radiação. Introduziu a ideia revolucionária de quantização de energia. Segundo Planck, a energia não é contínua, mas vem em pacotes discretos chamados "quanta". | <p>Constante de Planck</p> <ul style="list-style-type: none"> A Constante de Planck (h) determina a magnitude dos fenômenos quânticos. É utilizada na equação E=hν, representando energia quântica (E), frequência da radiação (ν) e a própria Constante de Planck (h). É utilizada para calcular a energia de um fóton. | <p>Radiação Hawking</p> <ul style="list-style-type: none"> A Radiação Hawking é uma previsão teórica do físico Stephen Hawking feita em 1974. Envolve a geração e aniquilação de pares de partículas e antipartículas perto do horizonte de eventos de um buraco negro. Ocasionalmente, uma partícula cai no buraco negro e a outra escapa, esta última é chamada de Radiação Hawking. Este processo pode levar à perda de massa do buraco negro e, eventualmente, ao seu desaparecimento. | <p>Teoremas de Singularidade do Espaço-Tempo</p> <ul style="list-style-type: none"> Hawking e Roger Penrose desenvolveram teoremas que descrevem as circunstâncias que levam a uma singularidade gravitacional - um ponto onde as forças gravitacionais se tornam infinitas. Os teoremas também sugerem que o universo provavelmente se originou de uma singularidade, conhecida como Big Bang. |
| <p>Modelo de Hartle-Hawking</p> <ul style="list-style-type: none"> Hawking e James Hartle propuseram um modelo para o estado inicial do universo. No modelo Hartle-Hawking, o universo não tem uma singularidade inicial ou "começo". A história do universo é retratada como uma curva fechada sem fim, similar à superfície da Terra. | <p>Equação de Schrödinger</p> <ul style="list-style-type: none"> Erwin Schrödinger é famoso por sua equação de onda. A equação de Schrödinger permite calcular a função de onda de um sistema físico e prever seu comportamento, sendo essencial na mecânica quântica. Schrödinger recebeu o Prêmio Nobel de Física em 1933 por este significativo avanço na disciplina. | <p>Paradoxo do Gato de Schrödinger</p> <ul style="list-style-type: none"> Erwin Schrödinger é conhecido pelo experimento mental "Gato de Schrödinger", que ilustra a superposição quântica, onde um gato pode estar vivo e morto simultaneamente. A superposição quântica persiste até que o estado do gato seja observado. O experimento mental expressa a insatisfação de Schrödinger com a ideia de superposição e a influência do observador nos sistemas quânticos. | <p>Princípio da Superposição Quântica</p> <ul style="list-style-type: none"> Schrödinger desempenhou um papel importante na definição desse princípio. De acordo com este princípio, um sistema físico existe simultaneamente em todos os estados possíveis. No entanto, quando medido ou observado, o sistema apresenta apenas uma das possíveis configurações. |

Fonte: o autor, 2023.

Figura 4 – Continuação das cartas de descobertas presentes

| | | | |
|---|--|--|--|
| <p>Descoberta do Polônio</p> <ul style="list-style-type: none"> • Marie e Pierre Curie descobriram o elemento radioativo polônio em 1898. • O polônio foi nomeado em homenagem à Polônia, país natal de Marie. | <p>Descoberta do Rádio</p> <ul style="list-style-type: none"> • Marie Curie descobriu um segundo elemento radioativo chamado rádio. • A descoberta do rádio teve impactos significativos, incluindo sua aplicação em terapias contra o câncer e contribuição para a teoria atômica. • Os Curie desenvolveram procedimentos rigorosos para isolar o rádio do minério de urânio. | <p>Pesquisa pioneira em radioatividade</p> <ul style="list-style-type: none"> • Marie Curie foi pioneira no estudo da radioatividade, cunhou o termo "radioatividade" e formulou teorias para explicá-lo. • Estabeleceu métodos para isolar isótopos radioativos. • Ela foi a primeira mulher a ganhar um Prêmio Nobel por suas contribuições neste campo. • Curie ainda é a única pessoa a ter ganho Prêmios Nobel em duas áreas científicas distintas - física e química. | <p>Máquina de Turing</p> <ul style="list-style-type: none"> • Alan Turing é famoso por suas contribuições à ciência da computação, desenvolveu a Máquina de Turing em 1936. • A Máquina de Turing é um dispositivo teórico que manipula símbolos com base em regras. |
| <p>Teste de Turing</p> <ul style="list-style-type: none"> • Turing propôs o Teste de Turing para avaliar a inteligência de uma máquina. • O teste envolve uma conversa em linguagem natural entre um juiz humano, uma pessoa e uma máquina. • Se o juiz não consegue diferenciar a máquina da pessoa, considera-se que a máquina passou no teste. | <p>Quebra do código Enigma</p> <ul style="list-style-type: none"> • Turing ajudou a decifrar o código Enigma alemão durante a Segunda Guerra Mundial. • Ele contribuiu na invenção da Bombe, máquina que decifrava o Enigma rapidamente. • O trabalho de Turing teve impacto significativo no andamento da guerra, economizando tempo e vidas. • A contribuição de Turing permaneceu secreta por anos após a guerra devido à sua natureza confidencial. | <p>Telescópio Astronômico</p> <ul style="list-style-type: none"> • Galileo Galilei aprimorou o telescópio para observação celeste, as melhorias aumentaram a ampliação do telescópio. • Fez observações detalhadas da lua, estrelas e planetas. • As descobertas de Galilei, incluindo as crateras da lua e as luas de Júpiter, expandiram nosso conhecimento do universo. | <p>Leis do Movimento dos Planetas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Galileu observou o sistema solar e forneceu evidências para o modelo copernicano. • As observações de Vênus foram cruciais para apoiar a teoria de que os planetas orbitam o Sol, não a Terra. • Seus estudos serviram como base para as equações de movimento de Newton e a lei da gravitação universal. |
| <p>Princípio da Relatividade Galileiana</p> <ul style="list-style-type: none"> • Galileu propôs o princípio da relatividade, afirmando que as regras da física são consistentes em qualquer sistema movendo-se a uma velocidade constante. • Galileu usou esta teoria para desafiar a visão aristotélica de que a Terra é fixa no centro do cosmos. | <p>Princípio da Incerteza</p> <ul style="list-style-type: none"> • Werner Heisenberg é reconhecido por estabelecer o Princípio da Incerteza. • O Princípio da Incerteza postula que é impossível medir simultaneamente a posição e o momento de uma partícula com precisão total. • Esse princípio, apresentado em 1927, representou um rompimento significativo com a física clássica. | <p>Mecânica Matricial</p> <ul style="list-style-type: none"> • Heisenberg introduziu a mecânica matricial em 1925, que possibilita o cálculo consistente do comportamento de sistemas quânticos ao longo do tempo, alinhado com dados experimentais. • Em 1932, Heisenberg foi laureado com o Prêmio Nobel de Física devido a suas contribuições pioneiras para o desenvolvimento da mecânica quântica. | <p>Modelo do núcleo atômico</p> <ul style="list-style-type: none"> • Heisenberg propôs um modelo de núcleo atômico com prótons e nêutrons em estados quânticos, interagindo por meio da força nuclear. • Suas contribuições pavimentaram o caminho para o desenvolvimento da energia e armas nucleares. |
| <p>Modelo Planetário do Átomo</p> <ul style="list-style-type: none"> • Rutherford é reconhecido por criar o modelo planetário do átomo. • No modelo de Rutherford, o átomo é descrito como um núcleo pequeno, compacto e carregado positivamente, com elétrons negativamente carregados circulando ao redor, semelhante à estrutura do sistema solar. | <p>Descoberta do núcleo atômico</p> <ul style="list-style-type: none"> • A descoberta mais significativa de Rutherford foi a do núcleo atômico. • Em seu famoso experimento com a folha de ouro em 1911, Rutherford observou partículas alfa sendo desviadas de volta para a fonte, sugerindo uma carga positiva concentrada no núcleo do átomo. • O resultado desse experimento deu origem ao conceito de núcleo atômico central. | <p>Descoberta da partícula alfa</p> <ul style="list-style-type: none"> • Rutherford descobriu as partículas alfa, um tipo de radiação ionizante composta por dois prótons e dois nêutrons. • Em seus estudos de radioatividade, ele identificou a emissão de partículas alfa de certos compostos radioativos. • Sua pesquisa sobre a natureza das partículas alfa contribuiu para o nosso entendimento da estrutura atômica e dos processos nucleares. | <p>Leis da Indução Eletromagnética</p> <ul style="list-style-type: none"> • Michael Faraday descobriu as leis da indução eletromagnética nos anos 1830. • Ele demonstrou que um campo magnético variável gera uma corrente elétrica em um condutor. |

Fonte: o autor, 2023.

Figura 5 – Mais cartas de descobertas presentes

| | | | |
|---|---|--|---|
| <p>Invenção do Transformador</p> <ul style="list-style-type: none"> Faraday pesquisou a indução eletromagnética, que resultou no conceito do transformador. Um transformador é um dispositivo que altera a tensão de uma corrente alternada utilizando o princípio da indução eletromagnética. O princípio de indução eletromagnética funciona através de um campo magnético variável numa bobina de fio que gera uma tensão numa segunda bobina. | <p>Invenção do Motor Elétrico</p> <ul style="list-style-type: none"> Faraday é creditado pela invenção do primeiro motor elétrico. Em 1821, demonstrou que a corrente elétrica pode causar movimento, o que estabeleceu as bases para motores elétricos. O dispositivo inventado por Faraday era um circuito simples que se movia ao redor de um ímã quando uma corrente elétrica fluía através dele. | <p>Modelo Atômico de Bohr</p> <ul style="list-style-type: none"> Niels Bohr é reconhecido pelo seu modelo atômico, o Modelo de Bohr, introduzido em 1913. O Modelo de Bohr expandiu o modelo nuclear de Rutherford usando a teoria quântica para detalhar o comportamento dos elétrons. Bohr sugeriu que os elétrons se movem em órbitas definidas em torno do núcleo e só podem absorver ou emitir quantidades específicas de energia ao mudar entre estas órbitas. | <p>Princípio da Correspondência</p> <ul style="list-style-type: none"> Niels Bohr estabeleceu o Princípio da Correspondência como parte de seu modelo atômico. O Princípio da Correspondência afirma que, para números quânticos elevados, o comportamento dos sistemas segundo a teoria quântica reproduz a física clássica. |
| <p>Liquidação da Teoria Quântica Antiga</p> <ul style="list-style-type: none"> A "liquidação" de Bohr da teoria quântica anterior foi um marco importante para o desenvolvimento e aceitação da mecânica quântica. Bohr reconheceu as limitações de seu modelo e da teoria quântica tradicional, especialmente na descrição de fenômenos como o efeito Zeeman e o efeito Zeeman anômalo. | <p>Princípio de Arquimedes</p> <ul style="list-style-type: none"> O Princípio de Arquimedes afirma que um objeto submerso em um fluido é empurrado para cima por uma força igual ao peso do fluido deslocado. | <p>Parafuso de Arquimedes</p> <ul style="list-style-type: none"> Arquimedes é creditado pela invenção do Parafuso de Arquimedes. O Parafuso de Arquimedes é uma bomba usada para mover água de áreas mais baixas para mais altas. A invenção funciona através de uma superfície helicoidal dentro de um tubo, que, ao girar, impulsiona a água para cima. | <p>Aproximação do valor de pi</p> <ul style="list-style-type: none"> Arquimedes estabeleceu limites para o valor de Pi inscrevendo e circunscrevendo polígonos ao redor de um círculo. A estimativa de Arquimedes para Pi era entre $3 + 1/7$ e $3 + 10/71$. |
| <p>Descoberta do méson pi</p> <ul style="list-style-type: none"> César Lattes é reconhecido pela descoberta do méson pi ou pión, uma partícula subatômica crucial. O pión desempenha um papel vital na força nuclear que mantém os núcleos atômicos unidos. | <p>Estudo de raios cósmicos</p> <ul style="list-style-type: none"> Lattes foi um pioneiro no estudo dos raios cósmicos, partículas de alta energia provenientes do espaço. As contribuições de Lattes incluem o desenvolvimento da técnica de emulsão nuclear para detecção de raios cósmicos. Este método foi fundamental na descoberta do pión. | <p>Participação na criação do CNPq</p> <ul style="list-style-type: none"> Lattes desempenhou um papel fundamental na formação do cenário científico e técnico do Brasil. Ele teve um papel crucial na criação do CNPq. O CNPq é uma agência brasileira dedicada ao fomento da pesquisa científica e ao desenvolvimento técnico. | <p>Descoberta do elétron</p> <ul style="list-style-type: none"> J.J. Thomson é conhecido pela descoberta do elétron em 1897. Seus estudos revelaram que os raios catódicos eram compostos de partículas carregadas negativamente desconhecidas. As partículas, inicialmente chamadas de "corpúsculos", foram posteriormente denominadas elétrons. |
| <p>Modelo do pudim de passas (ou ameixas)</p> <ul style="list-style-type: none"> Thomson desenvolveu o modelo do "pudim de ameixa" após descobrir o elétron. Nesse modelo, o átomo é representado como uma esfera de carga positiva ("pudim") com elétrons ("ameixas") distribuídos nela. | <p>Raios catódicos</p> <ul style="list-style-type: none"> Thomson conduziu pesquisas importantes com raios catódicos, fluxos de elétrons em tubos de vácuo. Sua investigação revelou que os raios catódicos consistiam em partículas carregadas negativamente, os elétrons. Ele demonstrou isso desviando a trajetória dos raios catódicos usando um campo magnético. | <p>Primeiro reator nuclear controlado</p> <ul style="list-style-type: none"> Enrico Fermi é reconhecido pela criação da primeira reação nuclear em cadeia autossustentável. O experimento, conhecido como Chicago Pile-1, demonstrou a viabilidade da energia nuclear. | <p>Estatística Fermi-Dirac</p> <ul style="list-style-type: none"> Fermi contribuiu significativamente para a formulação das estatísticas de Fermi-Dirac que descrevem a distribuição de partículas entre níveis de energia em sistemas com múltiplas partículas idênticas. Eles aderem ao Princípio da Exclusão de Pauli. As estatísticas de Fermi-Dirac são aplicáveis a férmions, incluindo elétrons, prótons e nêutrons. |

Fonte: o autor, 2023.

Figura 6 – Sequência das cartas de descobertas do jogo

| | | | |
|---|--|---|---|
| <p>Teoria do decaimento beta</p> <ul style="list-style-type: none"> Fermi propôs a teoria do decaimento beta, que engloba a interação fraca, uma das quatro forças fundamentais da natureza. A teoria explica como um nêutron pode decair para um próton, um elétron e um neutrino (então hipotético). | <p>Eletrodinâmica quântica</p> <ul style="list-style-type: none"> Richard Feynman foi fundamental na criação da Eletrodinâmica Quântica (EDQ ou QED). A QED descreve a interação entre a luz e a matéria. Pelo seu trabalho em QED, Feynman foi co-destinatário do Prêmio Nobel de Física em 1965. | <p>Diagramas de Feynman</p> <ul style="list-style-type: none"> Os diagramas de Feynman simplificam significativamente os cálculos da teoria quântica de campos. | <p>Princípio da Mínima Ação</p> <ul style="list-style-type: none"> Feynman desenvolveu uma nova abordagem para a mecânica clássica, baseada no Princípio da Mínima Ação. Ele demonstrou que o caminho de um sistema físico pode ser determinado pelo que minimiza a ação, derivada da energia do sistema. |
| <p>Equações de Maxwell</p> <ul style="list-style-type: none"> Maxwell é conhecido por desenvolver as equações de Maxwell, que explicam a interação dos campos elétrico e magnético. Ele integrou eletricidade, magnetismo e luz em uma única estrutura teórica com estas equações. Seu trabalho provou que a luz é uma onda eletromagnética. | <p>Teoria Eletromagnética</p> <ul style="list-style-type: none"> A teoria eletromagnética de Maxwell descreve eletricidade, magnetismo e luz como manifestações do mesmo campo: o campo eletromagnético. Sua teoria também levou a avanços tecnológicos como o rádio, a televisão e o radar. | <p>Distribuição de Maxwell-Boltzmann</p> <ul style="list-style-type: none"> Maxwell e Ludwig Boltzmann desenvolveram a distribuição de Maxwell-Boltzmann, que define a distribuição de partículas em um gás ideal entre diferentes níveis de energia. A distribuição pressupõe que o gás está em equilíbrio térmico. | <p>Equação de Dirac</p> <ul style="list-style-type: none"> A equação de Dirac é uma equação de onda mecânica quântica relativística, que explica partículas com spins meio-inteiros, como os elétrons. A equação de Dirac considera partículas que viajam a velocidades próximas à velocidade da luz. A incorporação da teoria de Einstein ajudou a reconciliar discrepâncias entre a relatividade e a mecânica quântica. |
| <p>Estatística Fermi-Dirac</p> <ul style="list-style-type: none"> Paul Dirac contribuiu para o desenvolvimento das estatísticas de Fermi-Dirac, que são usadas para caracterizar partículas que seguem o princípio de exclusão de Pauli. Essas partículas incluem elétrons e prótons, conhecidos como férmions. Férmions só podem existir em estados quânticos distintos. | <p>Previsão da antimatéria</p> <ul style="list-style-type: none"> Dirac previu a existência da antimatéria. Segundo a equação de Dirac, cada partícula deve ter uma antipartícula com massa idêntica e carga elétrica oposta. A descoberta do pósitron, a antipartícula do elétron, aconteceu em 1932. | <p>Princípio de Exclusão de Pauli</p> <ul style="list-style-type: none"> Wolfgang Pauli é famoso pelo Princípio de Exclusão de Pauli, que afirma que dois férmions não podem ocupar o mesmo estado quântico simultaneamente. Férmions são partículas com spin meio-inteiro, como elétrons. | <p>Spin do elétron</p> <ul style="list-style-type: none"> Wolfgang Pauli incluiu o spin na estrutura da mecânica quântica, embora não tenha sido o criador do conceito. Pauli introduziu um número quântico de dois valores, chamado de spin. A ideia do spin foi utilizada para explicar a divisão da linha espectral no efeito Zeeman. O efeito Zeeman ocorre quando linhas espectrais se dividem na presença de um campo magnético. |
| <p>Matriz de Pauli</p> <ul style="list-style-type: none"> Pauli propôs um conjunto de três matrizes 2×2, conhecidas como matrizes de Pauli, elas têm papel fundamental na descrição de partículas de spin-1/2 na mecânica quântica. | <p>Ligação Química e Estrutura Molecular</p> <ul style="list-style-type: none"> Linus Pauling teve papel significativo no entendimento da ligação química e da estrutura molecular. Definiu a eletronegatividade e a utilizou para explicar a natureza da ligação química. | <p>Teoria da Hibridização de Orbitais</p> <ul style="list-style-type: none"> Linus Pauling criou a teoria da hibridação orbital na química, que descreve a combinação de orbitais atômicos para produzir novos orbitais híbridos que podem formar ligações químicas. | <p>Descoberta da estrutura da alfa-hélice</p> <ul style="list-style-type: none"> Linus Pauling e Robert Corey desenvolveram a estrutura alfa-hélice para proteínas. A alfa-hélice é um padrão comum de dobramento de proteínas. |

Fonte: o autor, 2023.

Figura 7 – Últimas cartas de descobertas do jogo

| | | | |
|---|---|--|--|
| <p>Primeira Lei de Kepler (Lei das Órbitas Elípticas)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Primeira Lei do Movimento Planetário de Kepler estabelece órbitas elípticas para planetas. • Sol é localizado em um dos dois focos de cada órbita elíptica. | <p>Segunda Lei de Kepler (Lei das Áreas)</p> <ul style="list-style-type: none"> • A Segunda Lei de Kepler, ou lei das áreas iguais, discute a velocidade de um planeta em órbita. • Uma linha conectando um planeta ao Sol varre áreas iguais em tempos iguais. • Planetas se movem mais rápido quando estão mais próximos do Sol e mais lentamente quando estão mais distantes. | <p>Terceira Lei de Kepler (Lei dos Períodos)</p> <ul style="list-style-type: none"> • A Terceira Lei de Kepler, ou lei dos harmônicos, descreve a relação entre o período orbital e o semi-eixo maior da órbita de um planeta. • O quadrado do período orbital é diretamente proporcional ao cubo do semi-eixo maior. • Essa relação é válida para todos os planetas do Sistema Solar. | <p>Invenção da Pilha</p> <ul style="list-style-type: none"> • Alessandro Volta inventou a bateria elétrica em 1800, conhecida como pilha voltaica, foi o primeiro dispositivo a fornecer uma corrente elétrica constante. |
| <p>Lei de Volta</p> <ul style="list-style-type: none"> • A Lei de Volta da série eletroquímica foi estabelecida por Alessandro Volta, a lei afirma que a força eletromotriz (fem) de uma célula galvânica é a diferença entre os potenciais de eletrodo dos metais utilizados. | <p>Efeito termoeletrônico</p> <ul style="list-style-type: none"> • Alessandro Volta contribuiu para nossa compreensão do efeito termoeletrônico, identificou e explicou o fenômeno que traduz diferenças de temperatura em tensão elétrica. | <p>Lei de Ampère</p> <ul style="list-style-type: none"> • André-Marie Ampère desenvolveu a Lei de Ampère. • A lei afirma que o campo magnético gerado por uma corrente elétrica é proporcional à sua magnitude. • A direção do campo magnético segue a direção da corrente. | <p>Fundação da Eletrodinâmica</p> <ul style="list-style-type: none"> • O trabalho de André-Marie Ampère resultou na fundação da eletrodinâmica. • A eletrodinâmica estuda as cargas elétricas em movimento, suas correntes, e suas interações com campos magnéticos e elétricos. |
| <p>Teoria Molecular do Magnetismo</p> <ul style="list-style-type: none"> • André-Marie Ampère propôs um modelo molecular de magnetismo, postulou que o magnetismo é causado por correntes elétricas circulantes no nível molecular. • Embora sua teoria não fosse totalmente correta, representou um avanço na compreensão do magnetismo em nível molecular. | <p>Princípio de Pascal</p> <ul style="list-style-type: none"> • O princípio afirma que as mudanças de pressão em um fluido incompressível confinado são transmitidas por todo o fluido. | <p>Teorema de Pascal</p> <ul style="list-style-type: none"> • O teorema afirma que, ao unir seis pontos arbitrários em uma cônica para formar um hexágono, os três pares de lados opostos do hexágono se encontram em três pontos em uma linha reta. • Essa linha reta é chamada de linha de Pascal do hexágono. • O Teorema de Pascal é aplicável a cônicas. | <p>Contribuições à Teoria das Probabilidades</p> <ul style="list-style-type: none"> • Blaise Pascal contribuiu para a teoria das probabilidades. • Junto com Pierre de Fermat, ele estabeleceu as bases para a teoria da probabilidade. • Suas contribuições foram baseadas em correspondências sobre jogos de azar. |
| <p>Interpretação probabilística da função de onda</p> <ul style="list-style-type: none"> • Max Born contribuiu para a física quântica com sua interpretação probabilística da função de onda. • Ele propôs que o quadrado do valor absoluto da função de onda em um ponto representa a probabilidade de encontrar uma partícula lá. | <p>Teorema da Adiabaticidade de Born-Oppenheimer</p> <ul style="list-style-type: none"> • Max Born e J. Robert Oppenheimer desenvolveram a aproximação de Born-Oppenheimer. • Ela simplifica a descrição matemática de sistemas moleculares separando o movimento nuclear e o movimento do elétron. • Isso permite tratar a estrutura eletrônica do sistema independentemente da estrutura nuclear. | <p>Desenvolvimento da Mecânica Quântica Matricial</p> <ul style="list-style-type: none"> • Max Born, junto de Werner Heisenberg e Pascual Jordan desenvolveram a mecânica quântica matricial. • A mecânica quântica matricial formou a base para grande parte da nossa compreensão atual da física quântica. | <p>Lei da Radiação de Planck</p> <ul style="list-style-type: none"> • A Lei da Radiação de Planck descreve a intensidade da radiação emitida por um corpo negro em equilíbrio térmico. • A lei de Planck resolveu a "catástrofe ultravioleta" prevista pela física clássica. • A lei de Planck fornece uma descrição precisa da radiação do corpo negro. |

Fonte: o autor, 2023.

Figura 8 – Cartas de obstáculos do jogo Eureka AI!

| | | | |
|---|--|---|--|
| <p>Falta de financiamento</p> <ul style="list-style-type: none"> • A pesquisa é limitada devido à falta de recursos financeiros. | <p>Guerra</p> <ul style="list-style-type: none"> • Conflitos armados e tensões políticas dificultam a cooperação e o progresso científico. | <p>Censura</p> <ul style="list-style-type: none"> • A liberdade acadêmica e a troca de informações são restringidas por autoridades políticas ou religiosas. | <p>Competição desleal</p> <ul style="list-style-type: none"> • A competição entre cientistas e instituições pode levar a práticas antiéticas. |
| <p>Barreiras de gênero</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mulheres e outras minorias enfrentam discriminação e preconceito no campo da ciência. | <p>Falta de reconhecimento</p> <ul style="list-style-type: none"> • As descobertas não são devidamente reconhecidas ou aceitas pela comunidade científica. | <p>Perseguição política</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cientistas são perseguidos ou marginalizados devido às suas opiniões políticas. | <p>Dificuldades na publicação</p> <ul style="list-style-type: none"> • O processo de publicação e revisão por pares pode ser demorado e burocrático, atrasando a divulgação das descobertas. |
| <p>Resistência às novas ideias</p> <ul style="list-style-type: none"> • A comunidade científica pode ser lenta para aceitar novas teorias e abordagens revolucionárias. | <p>Falta de colaboração</p> <ul style="list-style-type: none"> • A falta de cooperação e troca de ideias entre cientistas e instituições pode prejudicar o progresso científico. | <p>Fraude científica</p> <ul style="list-style-type: none"> • A ocorrência de fraudes, manipulação de dados e má conduta científica prejudica a integridade da pesquisa. | <p>Problemas éticos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Questões éticas podem dificultar a realização de certos tipos de pesquisa. |
| <p>Perda de Dados</p> <ul style="list-style-type: none"> • A destruição ou corrupção de dados cruciais pode atrasar ou prejudicar o progresso de pesquisas. | <p>Doença ou incapacidade</p> <ul style="list-style-type: none"> • Problemas de saúde pessoais podem interromper ou impedir a pesquisa de um cientista. | <p>Falta de acesso a recursos</p> <ul style="list-style-type: none"> • A falta de acesso a equipamentos, materiais ou informações relevantes pode prejudicar o progresso da pesquisa. | <p>Erros experimentais</p> <ul style="list-style-type: none"> • Erros na configuração, execução ou interpretação de experimentos podem levar a resultados incorretos ou inconclusivos. |

Fonte: o autor, 2023.

Figura 9 – Continuação das cartas de obstáculos e cartas de ação

| | | | |
|---|--|---|---|
| <p>Rivalidade acadêmica</p> <ul style="list-style-type: none"> • Rivalidades entre cientistas ou instituições podem prejudicar a colaboração e a comunicação aberta. | <p>Limitações tecnológicas</p> <ul style="list-style-type: none"> • A tecnologia disponível pode ser inadequada para a realização de experimentos ou medições precisas. | <p>Prioridades conflitantes</p> <ul style="list-style-type: none"> • As responsabilidades pessoais, profissionais ou institucionais podem dificultar a dedicação à pesquisa. | <p>Problemas ambientais</p> <ul style="list-style-type: none"> • Desastres naturais, poluição ou mudanças climáticas podem impactar negativamente a pesquisa. |
| <p>Teorias conflitantes</p> <ul style="list-style-type: none"> • A existência de teorias alternativas ou conflitantes pode causar confusão e atrasar a aceitação de novas ideias. | <p>Isolamento acadêmico</p> <ul style="list-style-type: none"> • A falta de interação com outros cientistas e comunidades acadêmicas pode limitar a exposição a novas ideias e perspectivas. | <p>Esgotamento</p> <ul style="list-style-type: none"> • O estresse e a pressão para produzir resultados podem levar ao esgotamento e à perda de motivação. | <p>Dificuldades na comunicação</p> <ul style="list-style-type: none"> • A comunicação inadequada de ideias e descobertas pode levar a mal-entendidos e ao não reconhecimento do trabalho. |
| <p>Restrições legais</p> <ul style="list-style-type: none"> • Leis e regulamentações podem impor limites à pesquisa e ao desenvolvimento científico. | <p>Falta de treinamento</p> <ul style="list-style-type: none"> • A falta de treinamento adequado ou oportunidades educacionais pode impedir o progresso científico. | <p>Desigualdade de recursos</p> <ul style="list-style-type: none"> • A distribuição desigual de recursos e oportunidades entre países e instituições pode prejudicar a pesquisa global. | <p>Desafios interdisciplinares</p> <ul style="list-style-type: none"> • A falta de conhecimento em campos interdisciplinares pode dificultar a compreensão de problemas complexos e o desenvolvimento de soluções inovadoras. |
| <p>Troca de conhecimento</p> <ul style="list-style-type: none"> • O jogador pode trocar uma carta da mão dele com a de outro jogador. | <p>Ganância por fama</p> <ul style="list-style-type: none"> • O jogador pode comprar duas cartas e as revelar, se comprou alguma de obstáculo, ele é obrigado a jogá-la. | <p>Resiliência</p> <ul style="list-style-type: none"> • O jogador descarta quantas cartas de obstáculo tiver na mão e compra o mesmo número. | <p>Alquimia</p> <ul style="list-style-type: none"> • Troque 3 cartas de descoberta de outros cientistas por uma do cientista em jogo. |

Fonte: o autor, 2023.

Figura 10 – Cartas de evento presentes no jogo

| | | | |
|--|--|---|--|
| <p>Conferência internacional</p> <ul style="list-style-type: none"> • Uma conferência reúne cientistas do mundo todo. Cada jogador pode trocar uma carta de sua mão com outro jogador. | <p>Prêmio Nobel</p> <ul style="list-style-type: none"> • Um cientista recebe o Prêmio Nobel. Procure a primeira carta de Descoberta relacionada ao cientista em jogo e coloque junto dele, embaralhe o resto do baralho em seguida. | <p>Prêmio Nobel</p> <ul style="list-style-type: none"> • Um cientista recebe o Prêmio Nobel. Procure a primeira carta de Descoberta relacionada ao cientista em jogo e coloque junto dele, embaralhe o resto do baralho em seguida. | <p>Descoberta espacial</p> <ul style="list-style-type: none"> • Uma missão espacial bem-sucedida revela informações valiosas. Todos os jogadores podem olhar secretamente as três primeiras cartas do baralho e decidir juntos qual carta de Descoberta coletar. |
| <p>Avanço na educação</p> <ul style="list-style-type: none"> • A educação em ciências melhora. Cada jogador pode remover uma carta de Obstáculo de sua mão e pegar uma carta do baralho. | <p>Controvérsia científica</p> <ul style="list-style-type: none"> • Um debate acalorado entre cientistas ocorre. O jogador é obrigado a jogar uma carta de Obstáculo (se no momento ele não tiver, vai revelando cartas do baralho até jogar uma). | <p>Descoberta de um novo fenômeno</p> <ul style="list-style-type: none"> • Um fenômeno natural ou físico previamente desconhecido é descoberto. O jogador pode revelar as três primeiras cartas do baralho e escolher uma carta para a sua mão. | <p>Financiamento generoso</p> <ul style="list-style-type: none"> • Financiamento substancial é oferecido para pesquisas. O jogador pode comprar duas cartas do baralho e escolher uma para ficar (a outra volta para o baralho). |
| <p>Colaboração histórica</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cientistas de diferentes campos trabalham juntos. O jogador pode ver as 3 primeiras cartas do baralho e ajeitar na ordem que quiser. | <p>Avanço Tecnológico</p> <ul style="list-style-type: none"> • Um avanço tecnológico melhora a pesquisa. Os jogadores podem remover uma carta de Obstáculo em jogo. | <p>Descoberta de um novo elemento</p> <ul style="list-style-type: none"> • Um novo elemento químico é descoberto. Cada jogador compra uma carta do baralho. | <p>Invenção revolucionária</p> <ul style="list-style-type: none"> • Uma invenção importante transforma o campo da pesquisa. Os jogadores podem remover uma carta de Obstáculo de suas mãos e comprar uma carta do baralho. |

Fonte: o autor, 2023.