

CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA
FACULDADE DE TECNOLOGIA DE CARAPICUÍBA
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM JOGOS DIGITAIS

FLAVIO AUGUSTO DE OLIVEIRA
JEFERSON SABINO DOS SANTOS JUNIOR
NATAN LAGO SOUSA
THIAGO HENRIQUE GRION SILVA

***MAGUS* - A INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NOS GAMES: um estudo**
sobre as aplicações práticas de DL e AG

CARAPICUÍBA

2021

FLAVIO AUGUSTO DE OLIVEIRA
JEFERSON SABINO DOS SANTOS JUNIOR
NATAN LAGO SOUSA
THIAGO HENRIQUE GRION SILVA

***MAGUS* - A INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NOS GAMES: um estudo
sobre as aplicações práticas de DL e AG**

Trabalho de Graduação apresentado à Faculdade de Tecnologia de Carapicuíba, do Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, como exigência parcial para aprovação na disciplina de Metodologia de Pesquisa Científico-Tecnológica, do Curso Superior de Criação de Jogos.

Orientador: Profa. Dra. Rosana Maria César
Del Picchia de Araújo Nogueira

CARAPICUÍBA

2021

Oliveira, Flavio Augusto de; Junior, Jeferson Sabino dos Santos;
Sousa, Natan Lago; Silva, Thiago Henrique Grion.

MAGUS: A Inteligência Artificial nos games: um estudo
sobre as aplicações práticas de *DL* e AG.
Carapicuíba, 2021.

Orientadora: Rosana Maria César Del Picchia de Araújo
Nogueira.
Jogos Digitais - FATEC Carapicuíba, 2021.

FLAVIO AUGUSTO DE OLIVEIRA
JEFERSON SABINO DOS SANTOS JUNIOR
NATAN LAGO SOUSA
THIAGO HENRIQUE GRION SILVA

***MAGUS* - A INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NOS GAMES: um estudo
sobre as aplicações práticas de DL e AG**

Esta pesquisa foi julgada e aprovada para a obtenção do Título de Jogos Digitais da Faculdade de Tecnologia de Carapicuíba.

Carapicuíba, de mês de 2021

Prof^a. Dra. Rosana Maria César Del Picchia de Araujo Nogueira

DEDICATÓRIA

Dedicamos esse trabalho a todos aqueles que nos apoiaram no decorrer do projeto.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradecemos a Deus por ter nos dado força e ânimo para enfrentar as dificuldades tanto acadêmicas quanto pessoais.

A esta Faculdade e aos professores, pois eles contribuíram muito para a nossa formação acadêmica e cultural.

A nossa orientadora, professora Dra. Rosana Maria Cesar Del Picchia de Araujo Nogueira, que foi dedicada, rígida e que acreditou no nosso trabalho.

A banca examinadora, que disponibilizou seu tempo para acompanhar a nossa apresentação.

Ao coordenador do curso Carlos Alberto Paiva e a todos os funcionários da instituição de ensino.

Aos nossos pais por todo o suporte oferecido para a conclusão do curso.

Em especial para as alunas Ingrid Ylena Nikitin Duran e Thauanny da Silva Batista que deram apoio para não desistir do curso e continuar com este projeto.

E a todos amigos e colegas que contribuíram direta ou indiretamente com nossa formação, muito obrigado.

RESUMO

A presente pesquisa relata como pode ser implementado de forma prática a Inteligência Artificial dentro dos jogos, usando o conceito de Deep Learning e Algoritmo Genético. O objetivo da pesquisa é mostrar como tal conceito quando implementado nos jogos, pode gerar novas decisões ao jogador através do aprendizado da análise dos resultados obtidos pelo mesmo.

Palavras-chave: Deep Learning; Algoritmo Genético; Inteligência Artificial; Decisões; Resultados.

ABSTRACT

This research reports how Artificial Intelligence can be implemented in a practical way within games, using the concept of Deep Learning and Genetic Algorithm. The objective of the research is to show how such a concept, when implemented in games, can generate new decisions for the player through learning the analysis of the results obtained by the same.

Keywords: *Deep Learning; Genetic Algorithm; Artificial intelligence; Decisions; Results.*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Cenário <i>Sci-fi</i> - Tutorial	23
Figura 2 - Cenário Floresta <i>Dark</i> – Fase Aranha	23
Figura 3 - Tela de <i>Loading</i>	24
Figura 4 - Tela do Menu Principal.....	25
Figura 5 - Ações de movimentação	25
Figura 6 - Ação de ataque	25
Figura 7 - Checkpoint desativado	26
Figura 8 - Checkpoint ativado.....	26
Figura 9 - Tela de Controles - Menu.....	26
Figura 10 - Fase Simulação - Tutorial	27
Figura 11 - Fase Aranha – Parte 1 – Início da Fase	28
Figura 12 - Fase Aranha – Parte 2 – Decisão do Caminho.....	28
Figura 13 - Fase Aranha – Parte 3 – Caminho do Labirinto.....	29
Figura 14 - Fase Aranha – Parte 4 – Caminho do Desafio	29
Figura 15 - Fase Aranha – Parte 5 – Final/ <i>BOSS</i>	29
Figura 16 - Arquitetura layout de Configuração.....	30
Figura 17 - Arquitetura layout de Fases.....	30
Figura 18 - Arquitetura organizacional das folhas de eventos.....	30
Figura 19 - Arquitetura organizacional dos objetos de jogo	30
Figura 20 - Arquitetura organizacional dos efeitos sonoros.....	31
Figura 21 - Padrão Código/Ações - Personagem	31
Figura 22 - Padrão Código/Ações - Mecânica.....	31
Figura 23 - Padrão Código/Ações - Fases.....	31
Figura 24 - Organograma da Equipe.....	32
Figura 25 - Resultado Natan.....	37
Figura 26 - Resultado Adailton	37
Figura 27 - Resultado Lucas.....	37
Figura 28 - Resultado Jennifer	37
Figura 29 - Resultado Davi	37
Figura 30 - Resultado Ingrid	37
Figura 31 - Resultado Lucas – Antes do <i>Deep Learning</i>	37
Figura 32 - Resultado Lucas – Depois do <i>Deep Learning</i>	37
Figura 33 - Resultado Jennifer – Antes do <i>Deep Learning</i>	38
Figura 34 - Resultado Jennifer – Depois do <i>Deep Learning</i>	38

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Porcentagem do gênero dos investigados	34
Gráfico 2 - Distribuição das dificuldades encontradas	35

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Características do Protagonista.....	22
Quadro 2 - Poses/Movimentação de Sasha.....	22
Quadro 3 – Representações e Características da IA	23
Quadro 4 - Obstáculos distribuídos na fase	25
Quadro 5 - Logo de cada ferramenta utilizada.....	31
Quadro 6 - Capas das referências do jogo.....	32
Quadro 7 - Logo das plataformas que o jogo ficará disponível.....	33
Quadro 8 - Cronograma Projeto de Pesquisa	33
Quadro 9 - Perfil dos investigados	34
Quadro 10 - Dificuldade dos investigados	35
Quadro 11 - Feedback dos investigados	36

LISTA DE SIGLAS

DL - Deep Learning

DRL - Deep Reinforcement Learning

AG – Algoritmo Genético

IA – Inteligência Artificial

NPC – *Non-Player Character*

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
1.1 TEMA E DELIMITAÇÃO DA PESQUISA	14
1.2 PROBLEMAS DE PESQUISA	14
1.3 HIPÓTESES	14
1.4 JUSTIFICATIVA	15
1.5 OBJETIVOS	15
1.5.1 GERAL	15
1.5.2 ESPECÍFICOS	15
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA/REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1 JOGOS: Um pouco de história.....	16
2.2 JOGOS DIGITAIS: Conceituação.....	16
2.3 INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL: Algumas reflexões.....	16
2.4 <i>DEEP LEARNING</i> : Conceituação	17
2.5 A APLICAÇÃO DO ALGORITMO GENÉTICO NOS JOGOS DIGITAIS	18
3. METODOLOGIA (MATERIAIS E MÉTODOS) / PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	19
3.1 METODOLOGIA DA PESQUISA	19
3.2 DESENVOLVIMENTO DA TEMÁTICA – <i>GAME DESIGN DOCUMENT</i> (GDD)	
20	
3.2.1 CONCEITO GERAL	20
3.2.1.1 METAPLOT	20
3.2.1.2 CONCEITO GERAL	20
3.2.1.3 OBJETIVO DO JOGO.....	20
3.2.1.4 ESTILO DE ARTE	20
3.2.1.5 JOGOS SIMILARES	20
3.2.1.6 PÚBLICO ALVO	20
3.2.1.7 NÚMERO DE JOGADORES	21
3.2.1.8 TEMPO ESTIMADO DE JOGO.....	21
3.2.1.9 PLATAFORMA	21
3.2.2 UNIVERSO	21
3.2.3 ARTE VISUAL	23
3.2.3.1 CENÁRIOS.....	23
3.2.3.2 <i>GAME WORLD</i>	24
3.2.3.3 <i>AUDIO DESIGN</i>	24
3.2.4 SISTEMA DE JOGO / MECÂNICAS BÁSICAS E ESPECÍFICAS	24
3.2.5 ESTRUTURA DE JOGO	27
3.2.6 INTERFACE	30
3.2.7 DESENVOLVIMENTO	30
3.2.7.2 PADRÕES DE CÓDIGO	31
3.2.7.3 SOFTWARES	31
3.2.8 EQUIPE	32
3.2.9 REFERÊNCIAS DO JOGO	32
3.2.10 SISTEMA DE MONETIZAÇÃO	33
4 CRONOGRAMA.....	33
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
5.1 PERFIL DOS SUJEITOS INVESTIGADOS	34
5.1.1 AVALIAÇÃO DO JOGO PELOS SUJEITOS INVESTIGADOS.....	35
5.1.2 RESULTADOS OBTIDOS PELOS SUJEITOS INVESTIGADOS.....	37
5.1.3 RESULTADO DE MELHORIA – <i>DEEP LEARNING</i> IMPLEMENTADO.....	37

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	38
REFERÊNCIAS	39

1. INTRODUÇÃO

Neste registro será apresentado o processo de criação do jogo MAGUS, utilizando o *Sistema Maximizado de Avaliação Unificada em Games* (SMAUG), desenvolvido para a construção de projetos em grupo pela FATEC de Carapicuíba. Apontaremos, desta forma, as ações realizadas pelos integrantes do grupo, onde cada um é responsável por uma parte da construção do mesmo.

O desenvolvimento do jogo ocorrerá por meio de leituras de pesquisas sobre Inteligência Artificial (IA), estabelecendo o foco em *Deep Learning* e em como o aprendizado poderá ocorrer por meio de máquinas, interferindo no comportamento do jogador, nas variáveis que podem desenvolver o comportamento dos desafios maiores (os “chefões”/boss do jogo). Sendo, como objetivo maior, a importância de o jogador compreender com esse *Deep Learning* uma forma de melhoria de suas próprias mecânicas como jogador.

1.1 TEMA E DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

O projeto de pesquisa sobre “inteligência artificial nos jogos digitais” tem com foco um estudo das aplicações práticas do *Deep Learning* (DL) e Algoritmo Genético (AG) nos jogos digitais.

1.2 PROBLEMAS DE PESQUISA

Neste trabalho algumas questões estiveram presentes: Como construir a compreensão do jogador sobre *Deep Learning*? O que é *Deep Learning*? O que é Algoritmo Genético?

1.3 HIPÓTESES

Parte-se do pressuposto de que aplicações práticas do Deep Learning facilitam e proporcionam um ganho de conhecimentos de como funciona uma Inteligência Artificial. Pode-se chegar a tal conclusão, pelo fato de que uma IA desenvolve-se a partir de um sistema de *Deep Learning*, de forma que se progride gradativamente a partir do resultado de testes, resolução de problemas, entre outros. Com base nisso, a proposta é demonstrar através do jogo, um sistema de DL que explora a evolução do jogador a partir de métodos aplicados, fazendo com que consiga abstrair (mesmo que de forma básica), a ideia do Aprendizado Profundo (DL) e Algoritmo Genético em uma IA.

1.4 JUSTIFICATIVA

Demonstrar, de forma aplicada, o funcionamento do aprendizado de uma inteligência artificial a partir do Deep Learning (DL) e de algoritmos genéticos (AG), tendo como base o cenário tecnológico atual, onde o estudo desses temas torna-se cada vez mais frequente para a evolução da tecnologia. Sendo assim, será discutido a relevância dessas técnicas de aprendizado para a produção de jogos, tal como sua possível aplicação em outras áreas.

Segundo Russel e Norvig (2003, p.14), “Um jogo do tipo presa-predador pode ser modelado como um sistema multiagente, onde cada predador é controlado por um agente inteligente. Neste caso, a inteligência dos NPCs do jogo pode ser controlada por um agente, sendo que um agente pode ser definido como uma entidade que percebe o ambiente e age sobre ele”.

1.5 OBJETIVOS

Serão apresentados os objetivos do projeto de pesquisa.

1.5.1 GERAL

- Refletir e analisar sobre inteligência artificial nos jogos digitais;
- Desenvolver um jogo digital sobre inteligência artificial em jogos digitais, tendo como foco um estudo das aplicações práticas do *DL*.

1.5.2 ESPECÍFICOS

- Elaborar estratégias que construam a compreensão do jogador diante do tema;
- Propor desafios ao jogador para a construção do Conhecimento da máquina;
- Compreender e apresentar a importância do *Deep Learning* e Algoritmo Genético em jogos digitais, tendo como foco a compreensão do jogador diante do material e desafios apresentados.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA/REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste momento serão apresentados os referenciais teóricos que embasaram o presente estudo.

2.1 JOGOS: Um pouco de história

O jogo mostra-se independente do querer humano porque se ele for “sujeito a ordens deixa de ser jogo. [Ele] é livre, é liberdade, (...) cria ordem e é ordem” (HUIZINGA, 1990, p.10;11;13).

Jogos são atividades estruturadas, com regras definidas, praticadas com fins recreativos, geralmente envolvem estimulação mental ou física e muitas vezes ambos. Muitos deles ajudam a desenvolver habilidades práticas, servem como uma forma de exercício ou realizam um papel educativo. Jogos são uma parte fundamental da existência humana (CRAWFORD, 1982).

Um jogo digital (ou videogame ou jogo eletrônico) é o termo genérico que se refere a jogos eletrônicos criados para serem jogados num computador, console ou outro dispositivo tecnológico (PIVEC; KEARNEY, 2007), como celulares. Pode ser definido como um jogo onde existe interação entre humano e computador, recorrendo ao uso de tecnologia (GEE, 2003).

2.2 JOGOS DIGITAIS: Conceituação

Para Huizinga (2003, p.256), “a análise dos jogos, numa visão mais ampla do termo, é uma atividade complexa devido à grandeza do campo de estudo, na qual o mesmo se insere.

O autor ainda introduz a ideia de que o jogo corresponde a um elemento muito primitivo, que antecede o surgimento da cultura na medida em que é um conceito compartilhado com outros animais. Exemplifica essa noção por meio da brincadeira realizada pelos caninos, na qual os animais convidam-se a participar de uma atividade lúdica onde disputam entre si, respeitando algumas regras. (HUIZINGA, 2003).

2.3 INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL: Algumas reflexões

Segundo Lattaro (2018, p.23), “primeiro, temos que ter em mente a seguinte ideia: o objetivo da IA (IA acadêmica), é diferente da IA apresentada nos games (Game AI). A principal diferença entre essas IAs é justamente o seu objetivo. A acadêmica tem como objetivo resolver algum problema complexo, como copiar algum tipo de comportamento humano. No caso da IA aplicada aos games, o objetivo é puramente lúdico. Aqui, não importa como o sistema “pensa”,

o que importa é como o sistema age.”

Já para Bottino e Laurentini (2001, p. 860), “a inteligência artificial (IA) é um segmento da ciência da computação, que propõe diversas técnicas e recursos no desenvolvimento de programas inteligentes, ou seja, programas capazes de tomar uma decisão semelhante ao humano”.

Segundo Millington (2006, p.26), “podemos ainda definir IA, como a capacidade de programar o computador para desempenhar tarefas que o pensamento humano e animal, são capazes de fazer naturalmente”.

Para Lattaro “um dos primeiros algoritmos utilizados foram os determinísticos e padrões de movimentos. São basicamente algoritmos que permitem ao sistema aplicar uma ideia de perseguição, evasão ou aleatoriedade de movimento de uma entidade”.

Dentre as diversas técnicas de Inteligência Artificial, as Máquinas de Estado Finitas têm sido as mais utilizadas na inteligência dos NPCs por serem de fácil implementação e com boa performance computacional. O ponto negativo destas Máquinas de Estado Finitas é a necessidade de mapear os estados que podem ocorrer durante o jogo, podendo essa quantidade de estados ser gigantesca (SWEETSER; WILES, 2002).

Outros exemplos de técnicas, que têm sido utilizadas, são *Scripting*, Aprendizado de máquina, Árvores de decisão, Redes neurais e Computação Evolutiva (CROCOMO, 2008).

2.4 DEEP LEARNING: Conceituação

Deep Learning (DL) ou Aprendizado Profundo, atualmente é uma área de pesquisa extremamente ativa, que tem obtido grande sucesso em uma vasta gama de aplicações, tais como reconhecimento de fala, visão computacional, entre outros. Companhias como Google e Facebook analisam grandes volumes de dados extraídos de diversas aplicações utilizando conceitos de DL, por exemplo, aplicações para tradução, reconhecimento de padrões de fala e visão computacional. (GRACE, et al., 2018; COPELAND, 2016).

Segundo a Equipe TOTVS (2020, INOVAÇÕES), “o conceito *Deep Learning* baseia-se em uma tecnologia chamada redes neurais, que tenta imitar o comportamento do cérebro humano para compreender as informações que o sistema capta, gerando resultados dinâmicos com esses dados. As redes neurais são camadas em cadeia que atuam de forma hierárquica no processamento de informações, o que permite uma análise maior e mais complexa sobre cada dado”.

Assim, as redes se assemelham ao funcionamento dos neurônios do cérebro humano,

indo de uma camada de entrada até uma de saída, conduzindo a informação. Para que um dado vá de uma camada para outra, são usados valores limítrofes definidos conforme a programação utilizada naquela rede.

Recentemente, modelos de *Deep Learning* vêm sendo utilizados para lidar com esse tipo de dificuldade. (LECUN et al., 2015).

Segundo Sutton e Barto (1998 apud LECUN et al., 2015, p.39), “As tarefas em que o objetivo de um agente é aprender comportamentos adequados recebendo um valor após cada ação realizada são descritas pelo paradigma de Aprendizado por Reforço”. Da combinação dessas duas áreas surgem modelos suficientemente robustos para lidar com os problemas citados, numa abordagem chamada de Aprendizado Profundo por Reforço (do inglês *Deep Reinforcement Learning* (DRL)) (MNIH et al., 2013, 2015 apud LECUN et al., 2015).

2.5 A APLICAÇÃO DO ALGORITMO GENÉTICO NOS JOGOS DIGITAIS

Um jogo do tipo presa-predador pode ser modelado como um sistema multiagente, por meio do qual cada predador é controlado por um agente inteligente. Neste caso, a inteligência dos NPCs do jogo pode ser controlada por um agente, sendo que um agente pode ser definido como uma entidade que percebe o ambiente e age sobre ele (RUSSEL; NORVIG, 2003).

O trabalho de Ray, Gordon e Vaucher (2014) descreve como o algoritmo genético foi utilizado para jogar QWOP (2008), jogo famoso pela sua dificuldade. O autor concluiu que por fatores aleatórios (devido ao motor de física do jogo) o algoritmo genético não foi capaz de sobressair a um humano. Já em um jogo de pedra-papel-tesoura, Ali, Nakao e Chen (2000) observaram que o algoritmo genético se saiu melhor do que um jogador humano, devido ao fato de padrões de jogo serem melhor detectados por computadores, aumentando assim sua capacidade de vencer.

Nesse sentido, pode-se dizer que os Algoritmos genéticos são uma classe particular de algoritmos evolutivos que usam técnicas inspiradas pela biologia evolutiva como hereditariedade, mutação, seleção natural e recombinação (ou crossing over) (LINDEN, 2006).

Vale a pena mencionar que, de acordo Foletto (2005 apud DA ROSA et al., 2013, p.3) “A inteligência e a tomada de decisão dos agentes inteligentes podem ser obtidas por meio de técnicas evolutivas”. O autor ainda cita a Programação Genética, a qual se utiliza de Árvores de Decisão para a representação do indivíduo, e os Algoritmos Genéticos Co Evolutivos, que utilizam de uma representação dos possíveis estados da percepção do agente e tem como indivíduo as possíveis ações, além de realizarem a evolução não só dos agentes predadores, mas

também dos agentes que controlam as presas. (FOLETTTO, 2005 apud DA ROSA et., 2013, p.75).

Como já explicitado, pode-se citar a Programação Genética (FOLETTTO, 2015), que utiliza de Árvores de Decisão para a representação do indivíduo, e os Algoritmos Genéticos Co Evolutivos (DA ROSA et al., 2013), que utilizam de uma representação dos possíveis estados da percepção do agente e tem como indivíduo as possíveis ações, além de realizarem a evolução não só dos agentes predadores, mas também dos agentes que controlam as presas.

3. METODOLOGIA (MATERIAIS E MÉTODOS) / PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Os procedimentos e métodos utilizados para o desenvolvimento desta pesquisa foram pesquisas com pessoas que jogaram o game que envolve os assuntos abordados na pesquisa, a fim de utilizar esses feedbacks e os resultados obtidos por elas para melhor definir como o conceito de *Deep Learning* foi implementado na prática para a pessoa.

3.1 METODOLOGIA DA PESQUISA

Foi utilizado o método de pesquisa exploratório com a finalidade de estudar a aplicação prática de Inteligência Artificial nos jogos através de um estudo profundo do *Deep Learning*, partindo de uma revisão bibliográfica composta por autores que abordam o assunto citado. A finalidade desta pesquisa é mostrar como aplicar tais conhecimentos de forma prática nos jogos.

Para isso, a pesquisa será baseada em estudos de campo de autores, como por exemplo Lattaro, Bottino, Laurentini e Millington que elaboraram trabalhos pertinentes ao assunto.

Como conhecimento empírico, foram selecionadas as ideias de *Deep Learning*, Árvore de Decisão e Algoritmo Genético, escolhidos por estarem diretamente ligados e atuantes na ideia de IA.

Partindo dos conceitos apresentados pelos autores nesta pesquisa, o trabalho analisará o uso destes conhecimentos empíricos, compreendendo toda a teoria, assim como a implementação prática de Inteligência Artificial nos jogos.

Este estudo terá caráter essencialmente qualitativo, com ênfase na pesquisa bibliográfica.

3.2 DESENVOLVIMENTO DA TEMÁTICA – *GAME DESIGN DOCUMENT* (GDD)

Apresentação do estudo realizado. Deve conter o objeto de estudo, isto é, a apresentação da pesquisa realizada. Se for um Estudo de Caso, por exemplo, deve-se discorrer sobre o caso, a empresa investigada, o que se verificou para se chegar nos resultados.

Nesta seção será desenvolvida a circunscrição da temática a fim de descrever o projeto técnico em questão.

3.2.1 CONCEITO GERAL

Neste momento, será apresentado o conceito geral do jogo, objetivos, tempo esimulado e público alvo.

3.2.1.1 METAPLOT

O Jogo tem uma tematica *sci-fi*, apresentando a ficção científica no *Deep Learning* da Inteligencia Artificial.

3.2.1.2 CONCEITO GERAL

É um jogo *singleplayer* do gênero plataforma no estilo *sci-fi*, contendo várias interações do personagem com o universo do jogo.

3.2.1.3 OBJETIVO DO JOGO

O jogo tem 2 objetivos sendo um direto e um indireto, ao qual o indireto é ter um aprendizado profundo (*deep learning*) durante vai progredindo no jogo, e o objetivo da fase (representada pelo medo de aranhas) é enfrentar seu próprio medo caso o tenha, passando por todos os desafios apresentados e derrotar a aranha final.

3.2.1.4 ESTILO DE ARTE

O jogo foi feito no estilo 2D de plataforma.

3.2.1.5 JOGOS SIMILARES

Inspirado nos jogos *Mega Man* e *Digimon World Data Squad*.

3.2.1.6 PÚBLICO ALVO

O jogo destina-se a jogadores da faixa etária a partir de 12 anos, por conter violência leve e conceitos de medos.

3.2.1.7 NÚMERO DE JOGADORES

O jogo contará com modo *Singleplayer*.

3.2.1.8 TEMPO ESTIMADO DE JOGO

O jogador demora de 20 a 30 minutos, dependendo da habilidade do *player*.

3.2.1.9 PLATAFORMA

O jogo estará disponível para PC – *desktop e browser*.

3.2.2 UNIVERSO

Neste momento, será apresentado o universo do jogo, roteiro, espaço e tempo.

3.2.2.1 HIGH CONCEPT

O jogador terá como incentivo a longo prazo chegar até o *Boss*, fazendo assim com que alcance o objetivo principal de superação dos próprios medos e desvendar o porquê dele estar preso naquele mundo.

3.2.2.2 ROTEIRO

Sasha é um jovem programador que é convidado a participar de testes para uma inteligência artificial que tem como objetivo criar uma realidade virtual perfeita.

Tudo vai bem até que dentro da realidade virtual Sasha perde o contato com o criador da inteligência e se encontra preso dentro desse mundo alternativo. Sem opções, ele se aventura por esse novo mundo em busca de respostas.

3.2.2.3 CRONOLOGIA DA TRAMA

O jogador entra em um mundo artificial, passando em uma simulação (tutorial) na qual aprende a se movimentar e compreender melhor como funciona esse novo mundo, passando por vários desafios ao longo da jornada, até chegar ao *Boss* ao final da trama.

3.2.2.4 TEMPO

O jogo se passa em uma linha do tempo futurística por volta do ano de 2030.

3.2.2.5 ESPAÇO

A história se passa dentro da simulação de um jogo de realidade aumentada.


3.2.2.6 PERSONAGENS

Neste momento, será apresentado os personagens do jogo e suas características gerais.

3.2.2.6.1 PROTAGONISTAS







O único protagonista é Sasha, um jovem renomado na área de programação de jogos. O que o torna ideal para esta história é sua experiência em encontrar brechas ou *bugs* em jogos, e suas características podem ser observadas no quadro 1 e seus *frames* de animação no quadro 2.

Quadro 1 - Características do Protagonista

	Nome	Sasha
	Tipo	Player
	Mecânicas	Andar; Pular; Agachar; Destruir inimigos com tiro; Acionar portas com tiro carregado;

Fonte: Elaborado pelos autores Flavio, Jeferson, Natan e Thiago, 2021

Quadro 2 - Poses/Movimentação de Sasha

					
Parado	Andando				Agachado

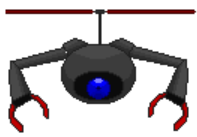


Fonte: Elaborado pelos autores Flavio, Jeferson, Natan e Thiago, 2021

3.2.2.6.1 ANTAGONISTA

O antagonista do jogo é a própria inteligência artificial que se opõe ao jogador, após ter sua programação corrompida, de forma que seus objetivos iniciais (criar um mundo melhor sem medos) tornaram-se os desafios da trama.

Como a IA é representada de várias formas, suas representações e características podem ser observadas no quadro 3.

Quadro 3 – Representações e Características da IA

	Nome	Drone da IA
	Tipo	NPC
	Mecânicas	Acompanha toda a trajetória do Jogador; Representa o conceito de que a IA está acompanhando todo seu progresso, para utilizar tudo que o jogador aprendeu contra ele mesmo, com base nas decisões tomadas por ele durante à aventura.
	Nome	Inimigo Fase 1
	Tipo	Inimigo
	Mecânicas	É obstáculo para o <i>Player</i> ; Persegue o <i>player</i> caso esteja dentro do campo de visão; Tem diferentes tonalidades de cor; Cada cor tem um dano e vida diferente;
	Nome	Chefão Fase 1
	Tipo	Chefão/Boss
	Mecânicas	É o inimigo final da Fase 1 para o <i>Player</i> ; Possui um total de 1000 de vida; Atira orbes de energia que causam dano ao <i>Player</i> ; Ataque: Orbes de Energia; Upgrade: Muda e aumenta sua sequencia de ataque com metade da vida perdida; Leva dano ao ser atingido pelos tiros do <i>player</i> .

Fonte: Elaborado pelos autores Flavio, Jeferson, Natan e Thiago, 2021

3.2.3 ARTE VISUAL

Jogo de plataforma 2D com alguns pontos de pixel art.

3.2.3.1 CENÁRIOS

Os cenários tem por temática os medos e será apresentado de inicio o cenário de simulação com temática *sci-fi* conforme a figura 1 e posteriormente será apresentado a fase/cenário do medo de aranha com um cenário mantendo a ideia da simulação, porém com um *background* de floresta mais *dark* conforme representado na figura 2.

Figura 1 - Cenário *Sci-fi* - Tutorial



Fonte: Level Design elaborado pelos autor es Jeferson e Natan, 2021

Figura 2 - Cenário Floresta *Dark* – Fase Aranha



Fonte: Level Design elaborado pelos autor es Jeferson e Natan, 2021

3.2.3.2 GAME WORLD

A história se passa dentro de uma simulação de realidade aumentada criada a princípio para ser um mundo perfeito, porém nem tudo saiu conforme o esperado na história.

3.2.3.3 AUDIO DESIGN

As músicas escolhidas trazem uma sensação de terror, suspense e ainda dando uma ambientação ainda mais tecnológica.

3.2.4 SISTEMA DE JOGO / MECÂNICAS BÁSICAS E ESPECÍFICAS

A partir deste tópico, será apresentado a idéia das mecânicas do jogo, desde as básicas até as mais específicas, mostrando quais os objetivos serão implementados.

3.2.4.1 PROGRESSÃO DE JOGO

O jogo tem como progressão você avançar enfrentando cada objetivo apresentado até chegar ao *BOSS* final completando a fase.

3.2.4.2 OBJETIVOS

O jogo tem dois objetivos, sendo um direto e outro indireto, ao qual o indireto é ter um aprendizado profundo (*deep learning*) durante vai progredindo no jogo, e o objetivo da fase (representada pelo medo de aranhas) é enfrentar seu próprio medo caso o tenha, passando por todos os desafios apresentados e derrotar a aranha final.

3.2.4.3 SISTEMA VISUAL

O jogo tem um sistema visual desde a tela de carregamento, onde tem *loading* com o personagem correndo enquanto o jogo inicia conforme a figura 3.

Figura 3 - Tela de Loading



Fonte: Elaborado pelo autor Jeferson, 2021

Logo após, é aberto um menu contendo a logo do jogo com uma animação e três botões de: jogar, história e controles conforme representada a figura 4.

Figura 4 - Tela do Menu Principal



Fonte: Elaborado pelo autor Jeferson, 2021

3.2.4.4 SISTEMA DE CONTROLE

O jogador poderá movimentar o jogador através das setas direita e esquerda, seta para baixo para agachar, seta para cima e espaço para pular, e a tecla Z para os ataques conforme as figuras 5,6.

Figura 5 - Ações de movimentação



Figura 6 - Ação de ataque

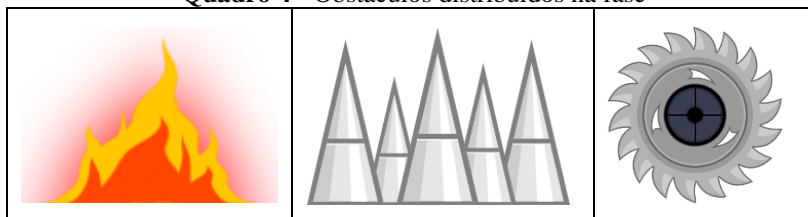


Fonte: Elaborado pelos autores Flavio, Jeferson, Natan e Thiago, 2021

3.2.4.5 OBSTÁCULOS

Jogador se movimentará com o personagem pela fase, poderá pular ou agachar para desviar de obstáculos tais como os do quadro 3, atacar inimigos e acionar portas que desativam os lasers através da sua mecânica de ataque.

Quadro 4 - Obstáculos distribuídos na fase



Fonte: Elaborado pelos autores Flavio, Jeferson, Natan e Thiago, 2021

3.2.4.6 SALVAMENTO AUTOMÁTICO

O jogo contará com um sistema de salvamento por *checkpoints* distribuídos pelas fases que funcionará conforme as figuras 7,8.

Figura 7 - Checkpoint desativado

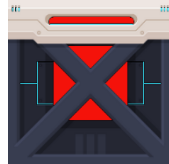
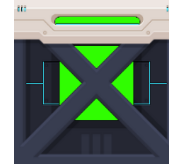


Figura 8 - Checkpoint ativado



Fonte: Elaborado pelos autores Flavio, Jeferson, Natan e Thiago, 2021

3.2.4.7 CONTROLES

O controle do jogo é realizado através das setas do teclado, em vista que foi desenvolvido para navegadores e *desktop* e pode ser visto em *game* durante a jogatina e através da tela de controles acessando pelo menu principal, conforme a figura 9 abaixo:

Figura 9 - Tela de Controles - Menu



Fonte: Elaborado pelo autor Jeferson, 2021

3.2.4.8 INCENTIVOS DE LONGO PRAZO

O jogador terá como incentivo a longo prazo chegar até o Boss, fazendo assim com que alcance o objetivo principal de superação dos próprios medos.

3.2.4.9 CONQUISTAS

O jogo concede a conquista da superação de medos e aprendizados de aprendizado profundo, mostrando no final um resultado de como foi seu desempenho, fazendo com que o jogador queira passar pelo desafio novamente com um resultado melhor.

3.2.4.10 DESAFIOS

O jogo propõe vários desafios, desde enfrentar os inimigos (aranhas) que estão distribuídos pelas fases, os obstáculos, terá também indiretamente um desafio posto para criar uma evolução lógica do intelecto do jogador, que encontrará portas que deverão ser acionadas seguindo um padrão lógico a qual o jogador deverá pensar antes de agir, e o BOSS que gera um desafio pelo fato de que não tem uma sequência de ataques padrões e ainda quando próximo de morrer, aumenta seu padrão de ataques em uma sequência ainda difícil que faz com que o jogador não apenas "decore" um padrão de ataque, criando uma dinâmica maior para enfrentá-lo.

3.2.5 ESTRUTURA DE JOGO

A partir deste tópico, será apresentado o conceito de forma simples do jogo, assim como foram criadas as ideias das fases e suas distribuições.

3.2.5.1 CONCEITO

O jogador entra em um mundo artificial, passando em uma simulação (tutorial) na qual aprende a se movimentar e compreender melhor como funciona esse novo mundo, passando por vários desafios ao longo da jornada, até chegar ao Boss ao final da trama.

3.2.5.2 FASES

O jogo é dividido em duas fases, sendo a primeira fase de simulação (tutorial) e a segunda fase da temática do medo de aranhas que é subdividida em 5 partes com desafios distintos.

A fase de simulação (tutorial) é onde o jogador irá aprender as mecânicas básicas de movimentação e irá aprender a identificar os obstáculos que lhe causam dano, fase representada na figura 10.



Fonte: Level Design elaborado pelos autores Jeferson e Natan, 2021

A fase da aranha é onde o jogador irá aprender as mecânicas específicas de tiro, irá identificar novos obstáculos e desafios lógicos implementado na ativação/desativação de portas, sendo a o início da fase representada na figura 11.

Figura 11 - Fase Aranha – Parte 1 – Início da Fase



Fonte: Level Design elaborado pelos autor es Jeferson e Natan, 2021

A segunda parte da fase da aranha é onde o jogador terá que tomar uma decisão entre 2 caminhos, entrando no conceito de “Arvore de Decisão” da inteligência artificial, onde, ambos caminhos levarão à mesma saída, porém sua decisão tornará o desafio mais fácil ou difícil, fase de decisão representada na figura 12.

Figura 12 - Fase Aranha – Parte 2 – Decisão do Caminho



Fonte: Level Design elaborado pelos autor es Jeferson e Natan, 2021

A terceira parte da fase da aranha é o caminho do labirinto, onde o jogador terá que descobrir a sequência lógica para desativação das portas e assim, liberar a saída da fase para a etapa final. Fase do labirinto representada na figura 13.

Figura 13 - Fase Aranha – Parte 3 – Caminho do Labirinto



Fonte: Level Design elaborado pelos autor es Jeferson e Natan, 2021

A quarta parte da fase da aranha é o caminho do desafio, onde o jogador terá que passar por vários obstáculos para chegar ao Boss. Fase do desafio representada na figura 14.

Figura 14 - Fase Aranha – Parte 4 – Caminho do Desafio



Fonte: Level Design elaborado pelos autor es Jeferson e Natan, 2021

A quinta e ultima parte da fase da aranha é o caminho que leva ao *BOSS*, onde o jogador encontrará o chefe final utilizando das mecânicas aprendidas no decorrer da aventura. Parte do *BOSS* representada na figura 15.

Figura 15 - Fase Aranha – Parte 5 – Final/*BOSS*



Fonte: Level Design elaborado pelos autor es Jeferson e Natan, 2021

3.2.6 INTERFACE

Em todas as fases, pode-se notar uma certa semelhança no aspecto visual das fases por se tratar de uma simulação, pois a inteligência artificial não tem dados suficientes sobre alguns elementos de forma que ela reaproveita elementos já utilizados anteriormente, por exemplo, as plataformas, acidos e as engrenagens rotativas.

3.2.7 DESENVOLVIMENTO

Neste momento, será apresentado como foi a organização do jogo, padronização dos códigos e softwares utilizados.

3.2.7.1 ARQUITETURA

A arquitetura do jogo foi organizada em pastas para cada nível hierárquico e subpastas para melhor compreensão e localização de cada layout, conforme representado a hierarquia nas figuras 16,17.

Figura 16 - Arquitetura layout de Configuração

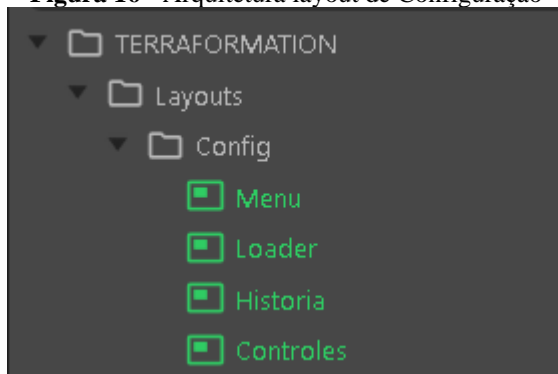
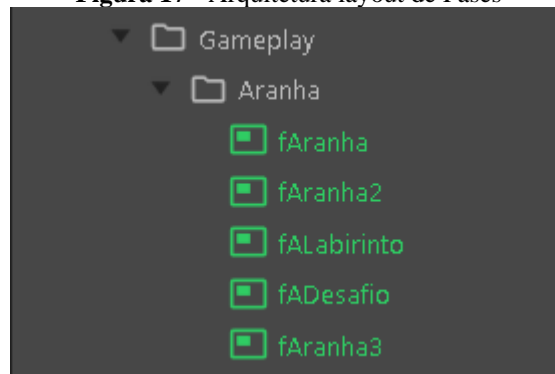


Figura 17 - Arquitetura layout de Fases



Fonte: Elaborado pelo autor Jeferson, 2021

A organização dos eventos (códigos), objetos (imagens) e efeitos sonoros foi feita da mesma maneira às figuras anteriores, conforme representado nas figuras 18,19,20.

Figura 18 - Arquitetura organizacional das folhas de eventos

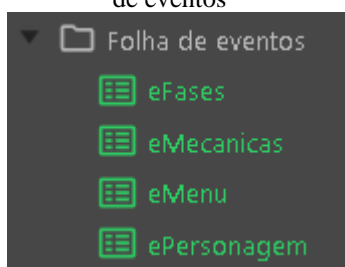
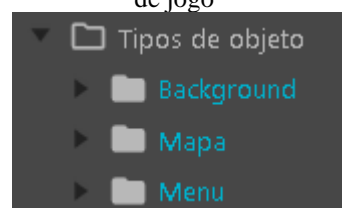
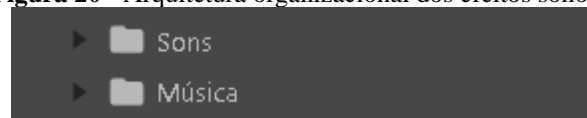


Figura 19 - Arquitetura organizacional dos objetos de jogo



Fonte: Elaborado pelo autor Jeferson, 2021

Figura 20 - Arquitetura organizacional dos efeitos sonoros



Fonte: Elaborado pelo autor Jeferson, 2021

3.2.7.2 PADRÕES DE CÓDIGO

Os códigos foram organizados por folhas de eventos específicas e cada ação foi separada em grupos e subgrupos conforme as figuras 21,22,23.

Figura 21 - Padrão Código/Ações - Personagem

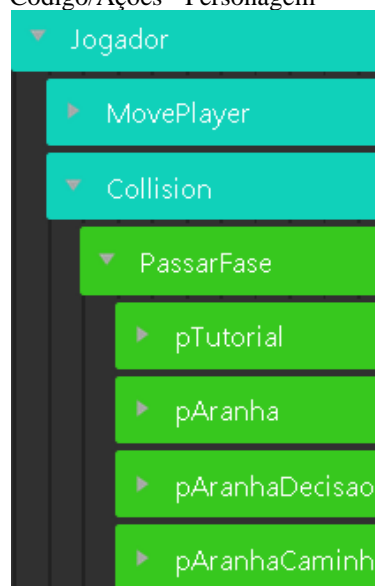
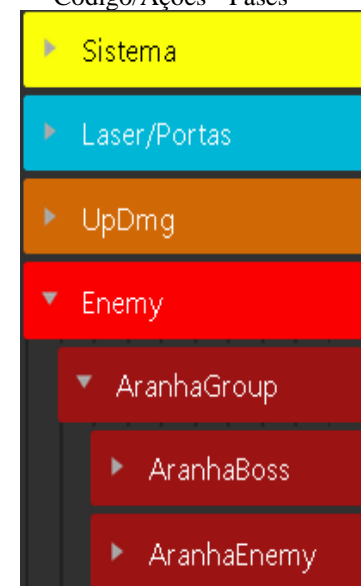


Figura 22 - Padrão Código/Ações - Mecânica



Figura 23 - Padrão Código/Ações - Fases

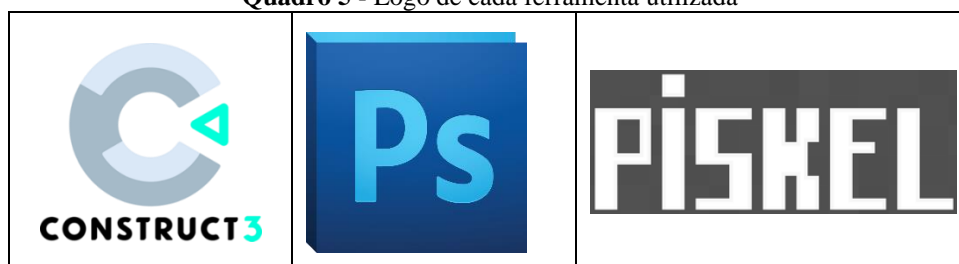


Fonte: Elaborado pelos autores Flavio, Jeferson, Natan e Thiago, 2021

3.2.7.3 SOFTWARES

Foi utilizado para o desenvolvimento do game o Construct 3, e para criação e manipulação das artes foram utilizadas as ferramentas Photoshop e Piskel, as quais suas logos foram representadas no quadro 5 abaixo:

Quadro 5 - Logo de cada ferramenta utilizada

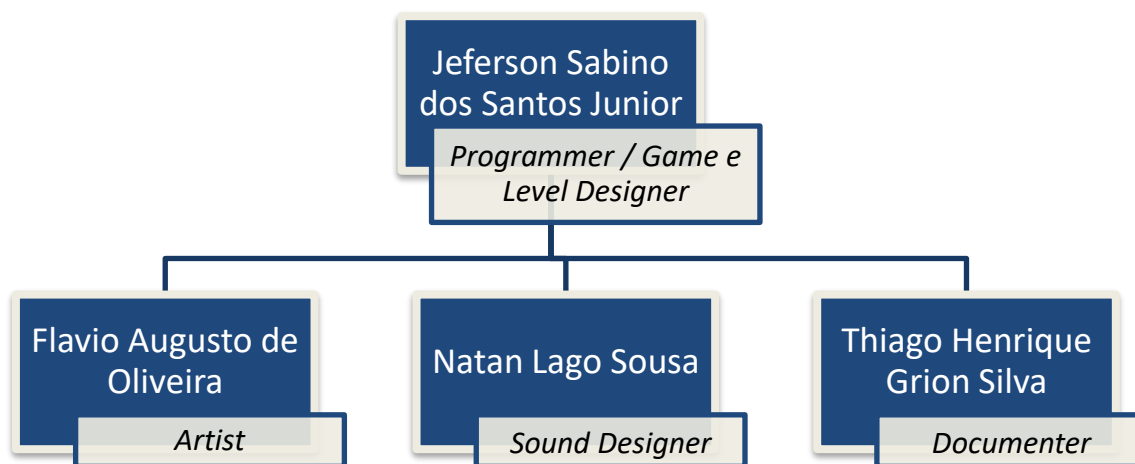


Fonte: Elaborado pelos autores Flavio, Jeferson, Natan e Thiago, 2021

3.2.8 EQUIPE

A equipe foi elaborada de acordo com as habilidades de cada componente como se pode notar na figura 24.

Figura 24 - Organograma da Equipe







Fonte: Elaborado pelos autores Flavio, Jeferson, Natan e Thiago, 2021

3.2.9 REFERÊNCIAS DO JOGO

Para o processo de criação do produto em questão, foram utilizadas como referências e inspirações o álbum *Simulation Theory* da banda Muse, anime *Sword Art Online* e os filmes jogador número 1 e Vingadores: Era de Ultron, referências representadas no quadro 6 abaixo:

Quadro 6 - Capas das referências do jogo

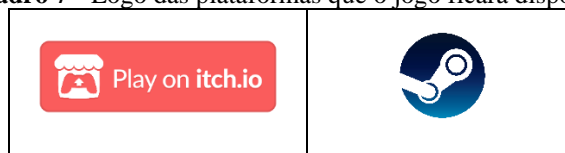
			
Muse – Simulation Theory	Sword Art Online	Jogador nº 1	Vingadores – Era de Ultron

Fonte: Imagens retiradas da internet, 2021

3.2.10 SISTEMA DE MONETIZAÇÃO

O jogo será distribuído na versão beta de forma gratuita na plataforma itch.io e posteriormente será lançado na plataforma *Steam*, as quais suas logos foram representadas no quadro 7 abaixo:

Quadro 7 - Logo das plataformas que o jogo ficará disponível



Fonte: Logos retiradas da internet, 2021

4 CRONOGRAMA

Faça um quadro ou uma tabela estabelecendo prazos para as atividades propostas no projeto. O plano de distribuição do projeto em estudo mostra as etapas para a execução bem como o período que despenderá conforme o trabalho de pesquisa em pauta é desenvolvido, como se pode observar no quadro 8:

Quadro 8 - Cronograma Projeto de Pesquisa

Mês/Etapa	Fevereiro/2021	Março/2021	Abril/2021	Maió/2021	Junho/2021
Escolha do tema	X	X			
Levantamento bibliográfico		X	X		
Leitura da bibliografia e fichamento			X		
Elaboração do projeto – 1ª. apresentação			X	X	
Coleta de dados				X	
Análise de dados				X	
Revisão e redação final				X	
Entrega do projeto					X
Devolutiva					X

Fonte: Elaborado pelos autores Flavio, Jeferson, Natan, Thiago, 2021

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como o trabalho se encontra em fase de desenvolvimento, serão apresentados alguns resultados parciais obtidos ao final do jogo como uma forma de implementar a mecânica e ideia da Inteligência Artificial gerando um “Resultado de simulação”, conceituando a aplicação do *deep learning* no jogo e utilizar deste resultado como base para a pesquisa científica.

5.1 PERFIL DOS SUJEITOS INVESTIGADOS

O perfil dos sujeitos investigados foi de interesse no mundo de jogos, para obter uma visão vasta com base na experiência já obtida em outros jogos do mesmo estilo.

O quadro 9 apresenta o nome, gênero e idade dos investigados.

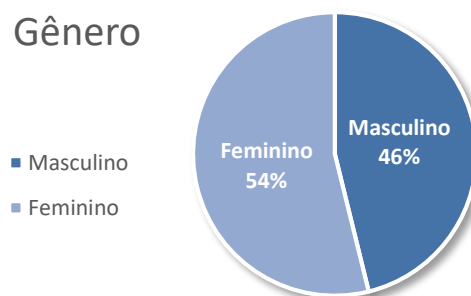
Quadro 9 - Perfil dos investigados

Nome	Gênero	Idade
Jeferson Sabino dos Santos Junior	Masculino	24
Natan Lago Sousa	Masculino	22
Adailton Ferreira Souza	Masculino	28
Pedro Augusto de Moraes	Masculino	19
Ingrid Ylena Nikitin Duran	Feminino	35
Jennifer Keity Guimarães	Feminino	24
Lucas Henrique Sales Rocha	Masculino	22
Davi Lesnieski	Masculino	18
Valéria de Oliveira	Feminino	28
Laysla Sabino dos Santos	Feminino	16
Vitória da Silva Gomes	Feminino	16

Fonte: Elaborado por Jeferson, 2021

O gráfico 1 apresenta a porcentagem dos investigados por gênero.

Gráfico 1 - Porcentagem do gênero dos investigados



Fonte: Elaborado por Jeferson, 2021

5.1.1 AVALIAÇÃO DO JOGO PELOS SUJEITOS INVESTIGADOS

A partir daqui, será apresentado o quadro 10 mostrando onde os investigados encontraram um pouco mais de dificuldade.

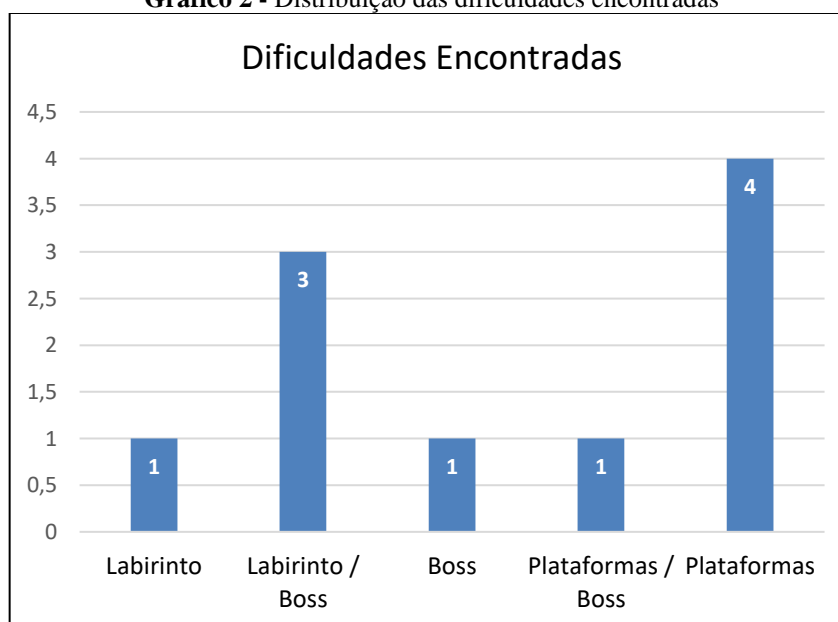
Quadro 10 - Dificuldade dos investigados

Nome	Dificuldade
Jeferson Sabino dos Santos Junior	Boss
Natan Lago Sousa	Labirinto / Boss
Adailton Ferreira Souza	Plataformas
Pedro Augusto de Moraes	Labirinto / Boss
Ingrid Ylena Nikitin Duran	Plataformas
Jennifer Keity Guimarães	Labirinto
Lucas Henrique Sales Rocha	Labirinto
Davi Lesnieski	Plataformas
Valéria de Oliveira	Labirinto / Boss
Laysla Sabino dos Santos	Plataformas / Boss
Vitória da Silva Gomes	Plataformas

Fonte: Elaborado por Jeferson, 2021

Representado a seguir no gráfico 2 a distribuição da dificuldade para melhor compreensão e análise.

Gráfico 2 - Distribuição das dificuldades encontradas



Fonte: Elaborado por Jeferson, 2021

Logo em seguida, é representado no quadro 11, os feedback dos investigados em relação à sua experiência de jogo para abstrair destes feedbacks, melhorias futuras ao jogo.

Quadro 11 - Feedback dos investigados

Nome	Feedback
Jeferson Sabino dos Santos Junior	É um jogo bem interessante que precisa se atentar às mecânicas para conseguir jogar tranquilo.
Natan Lago Sousa	É um tipo de jogo que enquanto não pegar o timing certo, não é bom ir afobado.
Adailton Ferreira Souza	É muito curto o tempo das plataformas, mas, o bacana é o pensar rápido e ser ágil. Ao final, dá um gostinho de quero mais. Muito legal, bem desenvolvido, explica bem a jogabilidade e o gráfico é muito bo.
Pedro Augusto de Moraes	É muito difícil, porém bem divertido.
Ingrid Ylena Nikitin Duran	O jogo ficou bom, testei os 2 caminhos, inimigos fáceis de matar. Na parte do Raio mais grosso indo pelo caminho de cima, tem como não morrer no raio caso caia, ficando parado no mesmo e se movimentando somente ao pular, não recebe o dano. Chefão bem fácil e fase curta indo contra o "longa jornada" que diz quando lê a história. Alguns bugs de movimentação, mas nada que atrapalhe a jogabilidade (só visualmente mesmo). Inimigos muito pixelados dando um conflito visual por conta do cenário e personagem estarem mais "limpos".
Jennifer Keity Guimarães	Tive mais dificuldade no labirinto, mas nada impossível, gostei bastante desta parte. Gostei bastante do jogo e jogaria novamente.
Lucas Henrique Sales Rocha	Bem divertido, achei muito intuitivo os obstáculos apresentados. Dificuldade média dependendo da experiência do jogador. O Boss está muito estático e poderia ser mais dinâmica a movimentação de batalha entre player e boss, mas ainda assim, é bem divertido, pena que acaba, pois dá vontade de continuar.
Davi Lesnieski	É um jogo muito legal, uma boa experiência de jogo, continuaria jogando.
Valéria de Oliveira	É um jogo que você quer continuar até o final.
Laysla Sabino dos Santos	É muito difícil, porém bem interessante e legal. Gostei muito.

Fonte: Elaborado por Jeferson, 2021

5.1.2 RESULTADOS OBTIDOS PELOS SUJEITOS INVESTIGADOS

Neste tópico será apresentado conforme as figuras abaixo, as imagens da tela final do jogo com o resultado obtido por alguns dos investigados após o termino da *gameplay*.

Figura 25 - Resultado Natan



Figura 28 - Resultado Jennifer

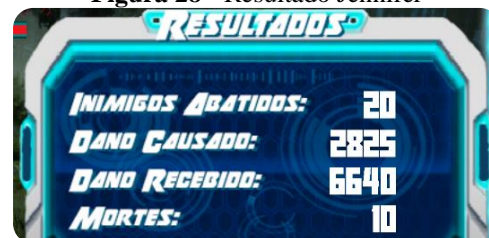


Figura 26 - Resultado Adailton



Figura 29 - Resultado Davi

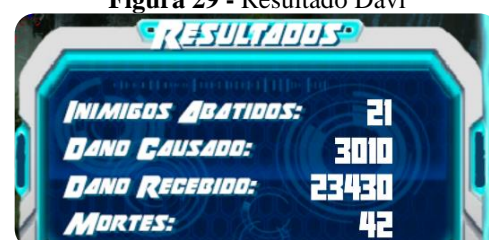


Figura 27 - Resultado Lucas



Figura 30 - Resultado Ingrid



Fonte: Elaborado por Jeferson, 2021

5.1.3 RESULTADO DE MELHORIA – *DEEP LEARNING* IMPLEMENTADO

Neste tópico será apresentado a melhoria dos sujeitos investigados Lucas Henrique Sales Rocha e Jennifer Keity Guimarães que após analisarem seus resultados obtidos no jogo, utilizaram do *deep learning* implementado para melhorar seus resultados finais de mortes, conforme as figuras 31,32,33,34 abaixo:

Figura 31 - Resultado Lucas – Antes do *Deep Learning*



Figura 32 - Resultado Lucas – Depois do *Deep Learning*

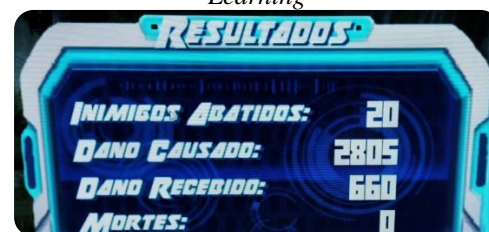
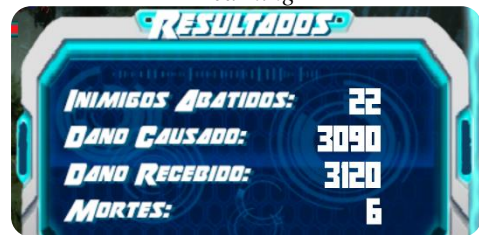


Figura 33 - Resultado Jennifer – Antes do *Deep Learning*



Figura 34 - Resultado Jennifer – Depois do *Deep Learning*



Fonte: Elaborado por Jeferson, 2021

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em nosso projeto, conseguimos destacar de forma aplicada para o público do nosso jogo sobre o funcionamento do DL e do AG de uma inteligência artificial, de forma que, mesmo que isso seja feito usando apenas noções básicas do tema, é possível compreender um pouco de como tais práticas podem funcionar.

Diante disso, esse trabalho objetivou desenvolver um jogo que pudesse abordar o tema de forma prática, criando estratégias com as quais o próprio jogador conseguisse visualizar um pouco de como funciona o aprendizado de uma inteligência artificial.

Durante o trabalho, foi visto que, apesar de complexo, o sistema de aprendizado de uma inteligência artificial não se difere muito do nosso, o que permitiu que, a partir de desafios com soluções lógicas e mecânicas de tomada de decisão durante todo o jogo, fosse possível que tal sistema fosse simulado na experiência entregue ao jogador.

Dito isso, podemos concluir que, por se tratar de um tema muito atual, a aplicação da inteligência artificial em jogos digitais, e até mesmo em outras áreas se tornará cada vez mais necessária, fazendo com que a compreensão do tema se torne cada vez mais relevante.

REFERÊNCIAS

- Big drone* – OpenGameArt.org <https://opengameart.org/content/big-drone>
- Deep learning* Yann LeCun^{1,2}, Yoshua Bengio³ & Geoffrey Hinton ^{4,5}
<https://www.cs.toronto.edu/~hinton/absps/NatureDeepReview.pdf>
- Deep Learning*: Conheça o conceito e suas aplicações
<https://www.totvs.com/blog/inovacoes/deep-learning/>
- Free sci-fi platformer tileset* – Game Art 2D <https://www.gameart2d.com/free-sci-fi-platformer-tileset.html>
- Health and Mana HUD* – OpenGameArt.org <https://opengameart.org/content/health-and-mana-hud>
- Huizinga, J. *Homo Ludens: o jogo como elemento da cultura*. 5o. ed. [S.l.]: Perspectiva, 2003. p. 256
- Programação genética recorrente aplicada ao problema presa-predador
<https://bibliodigital.unijui.edu.br:8443/xmlui/bitstream/handle/123456789/3289/TCC.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Sci-fi effects* – OpenGameArt.org <https://opengameart.org/content/sci-fi-effects>