UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
Faculdade de Tecnologia

**João Victor Dourado Barbosa**

# IA em jogos: aplicações, métodos e como tornar melhor a experiência do jogador

Limeira

**João Victor Dourado Barbosa**

# IA em jogos: aplicações, métodos e como tornar melhor a experiência do jogador

Monografia apresentada à Faculdade de Tecnologia da Universidade Estadual de Campinas como parte dos requisitos para a obtenção do título de Bacharel em Sistemas de Informação.

**Orientador: Prof. Dr. João Roberto Bertini Júnior**

Este trabalho corresponde à versão final da Monografia defendida por João Victor Dourado Barbosa e orientada pelo Prof. Dr. João Roberto Bertini Júnior.

Limeira

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca da Faculdade de Tecnologia
Mariana Xavier - CRB 8/9615

B234i

Barbosa, João Victor Dourado, 2002-
IA em jogos : aplicações, métodos e como melhorar a experiência do jogador / João Victor Dourado Barbosa. – Limeira, SP : [s.n.], 2024.

Orientador: João Roberto Bertini Júnior.
Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Tecnologia.

1. Experiência do usuário. 2. Jogadores de videogames. 3. Inteligência artificial. I. Bertini Júnior, João Roberto,1981-. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Tecnologia. III. Título.

Informações adicionais, complementares

**Título em outro idioma:** AI in games: application, methods and how to improve the player experience
**Palavras-chave em inglês:**
User experience
Video gamers
Artificial intelligence
**Titulação:** Bacharel
**Banca examinadora:**
João Roberto Bertini Júnior [Orientador]
Marli de Freitas Gomes Hernandez
Lívia Couto Ruback Rodrigues
**Data de entrega do trabalho definitivo:** 08-01-2024

# Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Dedico este trabalho a todas as pessoas que estiveram ao meu lado, apoiando-me incondicionalmente ao longo desta jornada.

Ao meu orientador, Prof. Dr. João Roberto Bertini Júnior, cuja orientação sábia, paciência e comprometimento foram fundamentais para o sucesso deste trabalho. Sua orientação guiou meu caminho e enriqueceu meu conhecimento de maneira inestimável.

À minha família, que sempre acreditou em mim, mesmo nos momentos mais desafiadores. Seu amor, encorajamento e apoio constante foram a força motriz por trás da minha conquista acadêmica.

Agradeço a todos os amigos e colegas que compartilharam este percurso comigo, contribuindo com ideias, apoio moral e inspiração.

Este trabalho é dedicado a vocês, com profunda gratidão por terem feito parte da minha jornada acadêmica e por terem sido a luz que iluminou meu caminho.

# Resumo

Esta análise explora as aplicações, métodos e potencial para melhorar a experiência do jogador por meio do uso de Inteligência Artificial (IA) em jogos. A análise fornece uma visão geral dos conceitos e técnicas de IA utilizados no desenvolvimento de jogos. São discutidos os desafios e oportunidades na implementação da IA. A análise concentra-se em áreas específicas em que a IA pode aprimorar a experiência do jogador. Uma dessas áreas é o comportamento de personagens não jogáveis, em que algoritmos de IA criam interações inteligentes com os jogadores. A análise também investiga a Geração de Conteúdo Procedural (GCP) impulsionada por IA para a geração automática de conteúdo de jogos, e seus benefícios e desafios. As técnicas de IA para modelagem de jogadores e experiências personalizadas são discutidas. A IA pode analisar o comportamento e as preferências dos jogadores, possibilitando sistemas de dificuldade adaptativa e recomendações de conteúdo personalizadas. A análise aborda a avaliação e o aprimoramento de sistemas de IA, incluindo feedback dos jogadores e métricas objetivas. Esta análise destaca o impacto da IA no desenvolvimento de jogos e na experiência do jogador. Ao examinar as aplicações e metodologias de IA em jogos, ela fornece percepções sobre como a IA pode ser usada de forma eficaz para criar experiências de jogo imersivas e agradáveis.

# Abstract

This analysis explores the applications, methods, and potential for enhancing player experience through the use of Artificial Intelligence (AI) in games. The analysis provides an overview of AI concepts and techniques used in game development, including rule-based systems, machine learning and neural networks. It discusses the challenges and opportunities of implementing AI. The analysis focuses on specific areas where AI can enhance the player experience. One area is non-player character behavior, where AI algorithms create intelligent interactions with players. The analysis also investigates AI-driven procedural content generation (PCG) for the automatic generation of game content and its advantages and challenges. AI techniques for player modeling and personalized game experiences are discussed. AI can analyze player behavior and preferences, enabling adaptive difficulty systems and personalized content recommendations. The analysis addresses evaluating and fine-tuning AI systems, including player feedback and objective metrics. This analysis highlights the impact of AI on game development and player experience. By examining AI applications and methodologies in games, It provides insights into how AI can be effectively used to create immersive and enjoyable gaming experiences.

# Lista de Figuras

2.1 Esquema de unidade McCulloch-Pitts . . . . . 12
2.2 Árvore de Decisão . . . . . 13
2.3 NPCs do jogo Genshin Impact . . . . . 16
2.4 Mapa do jogo Minecraft . . . . . 17

3.1 Jogo Super Mario Bros . . . . . 23

# Lista de Abreviaturas e Siglas

| | |
|---|---|
| CBR | Case-Based Reasoning |
| FPS | Tiro em Primeira Pessoa |
| FSM | Máquina de Estados Finitos |
| GPC | Geração Procedural de Conteúdo |
| IA | Inteligência Artificial |
| NPC | Personagem Não Jogável |
| RPG | Jogos de Interpretação de Papéis |
| RTS | Estratégia em Tempo Real |

# Sumário


**1 Introdução** **9**
1.1 Objetivo . . . . . 10

**2 Exploração de conceitos e ferramentas** **11**
2.1 Conceitos técnicos . . . . . 11
2.1.1 Aprendizado de Máquina . . . . . 11
2.1.2 Redes Neurais . . . . . 12
2.1.3 Árvores de Decisão . . . . . 13
2.1.4 Máquinas de Estados Finitos . . . . . 14
2.2 Inteligência Artificial em jogos . . . . . 15
2.2.1 Personagens Não Jogavéis (NPCs) . . . . . 15
2.2.2 Geração Procedural de Conteúdo . . . . . 16
2.2.3 SketchaWorld . . . . . 17

**3 Métodos e Técnicas** **19**
3.1 Requisitos . . . . . 19
3.2 Aplicações . . . . . 20
3.2.1 Adaptativa e Não adaptativa . . . . . 20
3.2.2 Baseada em casos . . . . . 20
3.3 Modelagem de jogador (Player Modeling) . . . . . 21
3.4 Técnicas em tipos de jogos . . . . . 22
3.5 Interseccionalidade e influência da GPC . . . . . 23

**4 Análise** **25**
4.1 Sobre os requisitos . . . . . 25
4.2 Sobre as aplicações . . . . . 26
4.3 Sobre a modelagem de jogador . . . . . 27
4.4 Sobre técnicas em tipos de jogos . . . . . 27
4.5 Sobre interseccionalidade e influência da GPC . . . . . 28

**5 Conclusões** **29**

**Referências bibliográficas** **31**

# Capítulo 1

# Introdução

A integração da Inteligência Artificial (IA) nos jogos eletrônicos revolucionou a indústria do entretenimento digital e transformou a experiência dos jogadores. Nos últimos anos, a IA deixou de ser apenas uma ferramenta para controlar um Personagem Não Jogável (NPC) e inimigos, tornando-se um componente vital na criação de experiências envolventes e personalizadas (SOUSA et al., 2022). Esta evolução representa a crescente influência da IA na indústria de jogos, destacando sua importância e os desafios que enfrenta.

A indústria de jogos eletrônicos possui um mercado em constante expansão e uma base de jogadores diversificada. A aplicação eficaz da IA nesse cenário oferece inúmeras vantagens, desde a criação de personagens e inimigos mais realistas até a personalização de experiências de jogo para atender às preferências individuais dos jogadores. Compreender o impacto da IA aos jogos é essencial para desenvolvedores, pesquisadores e entusiastas, uma vez que pode moldar o futuro da indústria e influenciar diretamente a satisfação dos jogadores. Portanto, esta análise se justifica pela necessidade de investigar profundamente as aplicações, métodos e oportunidades que a IA proporciona no contexto dos jogos eletrônicos.

Além disso, a integração da IA nos jogos eletrônicos não se limita apenas à melhoria da jogabilidade, mas também se estende à sua utilidade como um campo de teste para algoritmos de IA. A IA é usada para criar comportamentos sofisticados em NPCs, controlar a IA de jogos de estratégia em tempo real e gerar níveis de forma procedural, tornando os jogos mais desafiadores e envolventes para os jogadores (SOUSA et al., 2022).

## 1.1 Objetivo

Os objetivos desta monografia são os seguintes:

A) Explorar Aplicações da IA em Jogos: Investigar as diversas maneiras pelas quais a IA está sendo aplicada na indústria de jogos.

B) Analisar Métodos e Técnicas: Examinar os métodos e técnicas comuns utilizados para implementar a IA em jogos, bem como os desafios e oportunidades associados a essas abordagens.

C) Focar na Experiência do Jogador: Concentrar-se nas áreas específicas em que a IA pode melhorar a experiência do jogador, como o comportamento de NPCs, a geração de conteúdo procedural e a personalização da jogabilidade.

Além disso, esta monografia é estruturada de maneira abrangente, abordando temas fundamentais relacionados à IA em jogos e à experiência do jogador. Iniciando com uma análise técnica, investigando conceitos essenciais, como aprendizado de máquina, máquina de estados finitos, árvore de decisão e redes neurais. Em seguida, é explorada a aplicação desses conceitos na criação de personagens não jogáveis e na geração procedural de conteúdo, oferecendo uma visão ampla das capacidades da IA na indústria de jogos. A "Experiência do Jogador"se concentra nas interações entre os jogadores e os elementos do jogo, aprofundando-se nas nuances que afetam diretamente a qualidade da experiência. Após, são definidos os requisitos necessários para uma IA eficaz em jogos e explora diferentes abordagens, como adaptativa, não adaptativa e baseada em casos. Logo depois, é feita uma avaliação crítica dos requisitos e aplicações discutidos anteriormente. Por fim, a "Conclusão"resume as principais percepções, destacando pontos fortes, desafios e projeções futuras para a IA em jogos.

# Capítulo 2

# Exploração de conceitos e ferramentas

Nesta seção serão explorados conceitos abordados nesta monografia, mergulhar profundamente na análise das aplicações da IA em jogos, os métodos utilizados para sua implementação e como ela pode ser empregada para aprimorar a experiência do jogador. A compreensão desses elementos é essencial no decorrer desta monografia.

## 2.1 Conceitos técnicos

O campo da IA tem experimentado um crescimento exponencial nas últimas décadas, impulsionado por avanços em algoritmos, poder computacional e grandes conjuntos de dados, suas aplicações e implicações em diversas áreas, bem como sua evolução ao longo do tempo. Conceitos como aprendizado de máquina, algoritmos de processamento de linguagem natural e visão computacional são conceitos que podem ser encontrados ao se aprofundar no campo da IA.

### 2.1.1 Aprendizado de Máquina

O aprendizado de máquina, ou machine learning, é uma subárea da inteligência artificial (IA) que se concentra no desenvolvimento de algoritmos e modelos que permitem que sistemas computacionais aprendam padrões a partir de dados. Em vez de serem explicitamente programadas para realizar uma tarefa específica, as máquinas aprendem com exemplos e experiências passadas.

O aprendizado de máquina também pode ser dividido em diferentes técnicas, incluindo aprendizado supervisionado, não supervisionado e por reforço (PANDEY, 2023). No apren-

dizado supervisionado, os algoritmos são treinados com conjuntos de dados rotulados, o que significa que o modelo é alimentado com exemplos de entrada e saída desejada, permitindo-lhe aprender a mapear entradas para saídas. No aprendizado não supervisionado, os algoritmos exploram os dados para encontrar padrões e estruturas sem supervisão direta, geralmente utilizado em tarefas de clusterização e redução de dimensionalidade (PANDEY, 2023). Já o aprendizado por reforço envolve agentes que tomam decisões em um ambiente para maximizar uma recompensa ao longo do tempo, sendo comumente aplicado em jogos e robótica (PANDEY, 2023).

### 2.1.2 Redes Neurais

São uma classe de algoritmos de aprendizado de máquina que se inspiram no funcionamento do cérebro humano para realizar tarefas de processamento de dados complexas. Essas redes são compostas por unidades interconectadas chamadas neurônios artificiais ou perceptrons, que trabalham em conjunto para aprender padrões nos dados, tomar decisões e fazer previsões (RUSSEL S.; NORVIG, 2004).Tendo isso em vista, o neurônio de McCulloch-Pitts é um modelo de neurônio artificial binário que foi essencial para o desenvolvimento das redes neurais, e ele funciona da seguinte maneira (Figura 2.1):

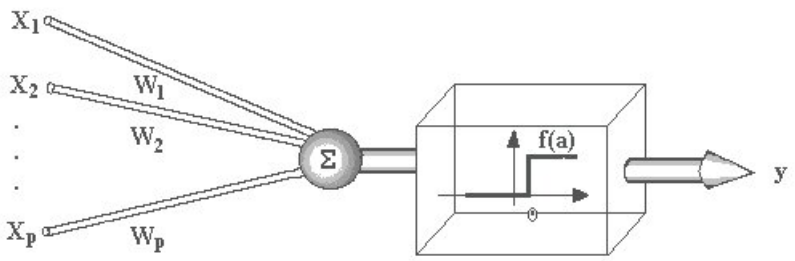


Figura 2.1: Esquema de unidade McCulloch-Pitts

1. Recebe sinais de entrada (X).
2. Multiplica o sinal de entrada por um peso (W).
3. Compara o resultado com um discriminante.
4. E se o resultado for maior ou menor é dada uma saída, sendo 1 ou 0 (y).

As redes neurais geralmente são treinadas com conjuntos de dados rotulados, onde a rede aprende a mapear entradas para saídas desejadas. O treinamento pode envolver técnicas de retropropagação (backpropagation), que ajustam os pesos da rede para minimizar a diferença entre as previsões da rede e os rótulos reais (RUSSEL S.; NORVIG, 2004). A quantidade de dados de treinamento e a arquitetura da rede, incluindo o número de camadas e neurônios, são fatores críticos que influenciam o desempenho da rede.

O potencial das redes neurais é vasto, e elas têm demonstrado sucesso em campos como visão computacional, processamento de linguagem natural, reconhecimento de voz, jogos, medicina, finanças e muitos outros. Ao longo desta seção, se evidenciará como as redes neurais são usadas para resolver problemas do mundo real.

### 2.1.3 Árvores de Decisão

Árvores de decisão são modelos de tomada de decisão amplamente usados para resolver problemas de classificação e tomada de decisões. Elas são uma representação gráfica e hierárquica de um conjunto de decisões e suas possíveis consequências (Figura 2.2).

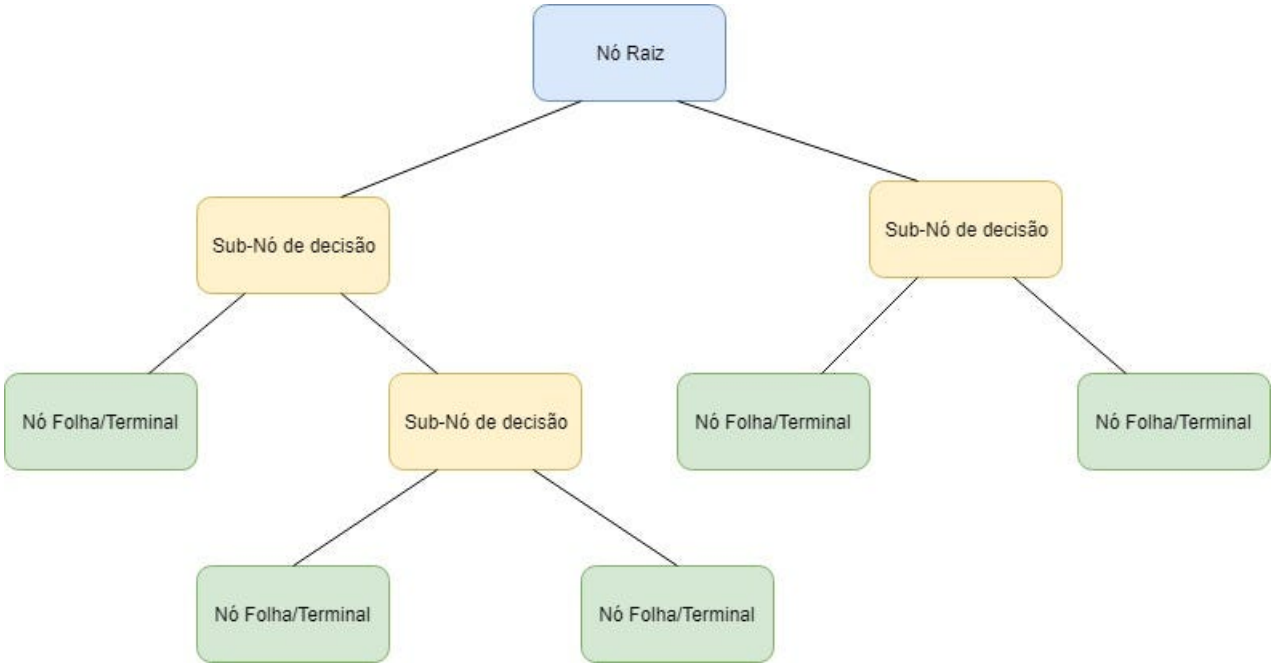


Figura 2.2: Árvore de Decisão

Uma árvore de decisão começa com um nó raiz e se ramifica em vários nós filhos, que re-

presentam decisões a serem tomadas. Cada nó pode ter vários nós filhos, dependendo das opções disponíveis em um determinado ponto da decisão.Os nós da árvore de decisão podem ser de dois tipos: nós de decisão e nós de resultado (RUSSEL S.; NORVIG, 2004). Já os ramos da árvore conectam os nós de decisão aos nós de resultado. Cada ramo representa uma possível escolha ou caminho que pode ser seguido com base na decisão tomada no nó pai(RUSSEL S.; NORVIG, 2004).

Em cada nó de decisão, há um critério ou condição que é avaliado para determinar qual caminho seguir. Isso pode ser uma regra lógica simples, uma comparação numérica, uma pergunta com múltipla escolha ou qualquer outro teste que ajude a tomar a decisão.

Árvores de decisão são amplamente usadas em muitos domínios, incluindo classificação de dados, diagnóstico médico, sistemas de suporte à decisão e jogos.

### 2.1.4 Máquinas de Estados Finitos

Uma Máquina de Estados Finitos (FSM) é um modelo matemático usado para representar sistemas que podem estar em diferentes estados e responder a estímulos de entrada de maneira determinística (GRAMI, 2023). Ela é uma ferramenta conceitual poderosa para descrever sistemas com comportamento sequencial e bem definido.

Estados: A FSM consiste em um conjunto finito de estados, onde cada estado representa uma condição específica em que o sistema pode estar (GRAMI, 2023). Por exemplo, em um jogo, esses estados podem ser "parado", "caminhando", "correndo"ou "atacando".

Transições: As transições ligam estados de origem a estados de destino e são acionadas por gatilhos ou eventos específicos(GRAMI, 2023). Por exemplo, a transição de "parado"para "caminhando"pode ser acionada quando o jogador pressiona a tecla de movimento para a frente.

Condições de Transição: Cada transição possui condições que devem ser verdadeiras para que a transição ocorra. Essas condições podem ser baseadas em variáveis de entrada, estados atuais ou qualquer outra informação relevante (GRAMI, 2023).

Ações: Além das transições de estado, as FSMs podem especificar ações a serem executadas quando uma transição ocorre (GRAMI, 2023). Isso pode incluir a atualização de variáveis, a reprodução de animações, a reprodução de sons ou qualquer outra atividade que afete o comportamento do sistema.

Estado Inicial: Cada FSM possui um estado inicial a partir do qual o sistema começa sua execução. Este estado é geralmente definido como o ponto de partida para o comportamento do sistema.

Ciclo de Execução: A FSM opera em um ciclo de execução contínuo, onde o sistema verifica o estado atual, as condições de transição e, quando apropriado, realiza a transição para um novo estado. Esse processo continua até que o sistema alcance um estado final, ou seja, interrompido (GRAMI, 2023).

As Máquinas de Estados Finitos são usadas em programação de jogos, sistemas embarcados, automação industrial e muitas outras áreas onde o comportamento do sistema precisa ser modelado de forma clara e previsível.

## 2.2 Inteligência Artificial em jogos

A aplicação da Inteligência Artificial (IA) em jogos eletrônicos é um campo em constante evolução que abrange uma ampla gama de técnicas e aplicações, desde a criação de personagens não jogáveis (NPCs) com comportamentos realistas até a otimização de recursos de hardware para melhorar o desempenho dos jogos.

A compreensão desses conceitos é essencial para compreender o impacto da IA na indústria de jogos e como ela está moldando a experiência do jogador. A IA não apenas amplia as possibilidades de entretenimento e desafio, mas também oferece insights valiosos sobre como a tecnologia pode ser aplicada de maneira inovadora em diversos campos além dos jogos eletrônicos.

### 2.2.1 Personagens Não Jogavéis (NPCs)

Os Personagens Não Jogáveis, mais conhecidos como NPCs (do inglês, Non-Player Characters), desempenham um papel crucial na construção de mundos virtuais e na criação de experiências ricas e imersivas.

Figura 2.3: NPCs do jogo Genshin Impact

Os NPCs são personagens controlados pelo próprio jogo (Figura 2.3), em oposição aos personagens jogáveis que estão sob o controle direto do jogador. Eles podem assumir uma ampla variedade de papéis, desde comerciantes em cidades virtuais até inimigos em combate, passando por personagens aliados, quest-givers e personagens que enriquecem a narrativa do jogo (BLOM, 2023).

### 2.2.2 Geração Procedural de Conteúdo

A Geração Procedural de Conteúdo (GPC) é uma técnica que tem desempenhado um papel significativo na indústria de jogos, permitindo a criação dinâmica e automatizada de elementos do jogo, como níveis, mapas, missões e itens (Figura 2.4).

Figura 2.4: Mapa do jogo Minecraft

A GPC é uma abordagem que utiliza algoritmos para criar conteúdo de jogo de forma aleatória ou semi-aleatória com base em regras predefinidas e parâmetros (B. XIA; ABUASSBA, 2020). Ela oferece diversas vantagens, incluindo a redução do trabalho manual de criação de conteúdo, o aumento da reprodutibilidade dos jogos e a criação de mundos virtuais expansivos e interativos.

### 2.2.3 SketchaWorld

O SketchaWorld demonstra uma abordagem inovadora no domínio do design de mundos virtuais, empregando técnicas de esboço procedural. Este sistema oferece aos designers a capacidade de inserir um esboço digital 2D, resultante de ferramentas de edição simples e intuitivas (KRAKER; R. BIDARRA, 2010). Cada elemento contido nesse esboço é, então, expandido proceduralmente, dando origem a características correspondentes no domínio tridimensional do mundo virtual (SMELIK et al., 2011).

O processo de expansão procedimental envolve algoritmos sofisticados, capazes de interpretar o esboço 2D e gerar representações 3D detalhadas do terreno com base nas informações fornecidas (SMELIK et al., 2011). Essas características do terreno, por sua vez, são organizadas em camadas lógicas dentro do modelo tridimensional, proporcionando uma estrutura coesa ao ambiente virtual resultante.

Um aspecto distintivo do SketchaWorld reside em sua capacidade de realizar o ajuste automático das características do terreno gerado em relação ao seu entorno (KRAKER; R. BIDARRA, 2010).

Além disso, o sistema concede aos designers a prerrogativa de revisar e modificar os resultados gerados, fomentando um processo iterativo que possibilita ajustes finos para atender às exigências de qualidade e estética desejadas (KRAKER; R. BIDARRA, 2010). Posteriormente, os designers podem salvar o modelo do mundo virtual 3D resultante, sendo que o sistema viabiliza a exportação desse modelo para formatos pertinentes, como dados GIS.

# Capítulo 3

# Métodos e Técnicas

Nesta seção, serão abordados métodos e técnicas essenciais para a criação de jogos, incluindo aspectos técnicos e de design. Explorando como esses elementos se relacionam diretamente com a experiência do jogador, abrangendo desde escolhas de plataformas e motores até implementação de IA e design narrativo.

## 3.1 Requisitos

Existem diversos gêneros e subgêneros de jogos, como FPS (First Person Shooter), RTS (Real-Time Strategy), MOBA (Multiplayer Online Battle Arena), RPG (Role Playing Game), entre outros (GENG, 2023). O que abre margem para algumas aplicações da IA nos jogos.
E para isso a IA dentro de um jogo deve cumprir 7 requisitos para que proporcione uma experiência agradável ao jogador(A; PLAS, 2016), que são:

1. Sem trapaça (seu comportamento não pode abusar de mecânicas ou outros recursos);
2. Previsibilidade (todas as ações não devem ser tão óbvias);
3. Comportamento inferior (não deve ter um desempenho que possa ser facilmente superado pelo jogador);
4. Uso da ambientação;
5. Autocorreção (sendo capaz de corrigir erros e evitá-los);
6. Criatividade (ser capaz de obter novas soluções para situções não previstas);
7. Comportamento humano (suas ações devem ser similares à de um humano).

## 3.2 Aplicações

### 3.2.1 Adaptativa e Não adaptativa

É geralmente feita utilizando de técnicas de IA funcionais bem testadas, como árvores de decisão, máquinas de estados finitos e scripts. As árvores de decisão são eficientes em termos computacionais e consistem em sequências de instruções "se-então"que classificam os movimentos dos personagens. As máquinas de estados finitos são modelos comportamentais com estados, transições entre eles e condições de transição, mas podem ser difíceis de manter em jogos complexos. Os scripts, escritos em linguagens de script abrangentes como Lua, podem ser usados para implementar comportamentos esperados com base em estados de jogo específicos, mas sua complexidade aumenta com a complexidade do jogo.

Em contrapartida, uma IA de Jogo Adaptativa pode corrigir falhas na IA programada do jogo e procurar estratégias anti-táticas adequadas contra as ações dos jogadores humanos. Foram propostas abordagens diferentes para a aprendizagem offline e online.

A aprendizagem offline ocorre quando o jogo não está sendo jogado por um jogador humano e depende de observações sobre as táticas de jogo de um suposto jogador humano. A aprendizagem online acontece enquanto um jogador humano está jogando e se baseia na observação do comportamento humano. A aprendizagem online pode ser usada para adaptar a IA do jogo consoante o nível de experiência do jogador humano, adotando táticas ou estratégias semelhantes.

### 3.2.2 Baseada em casos

Case-Based Reasoning (CBR), é uma metodologia de resolução de problemas que se baseia no armazenamento e reutilização de experiências, com a capacidade de generalização. O CBR utiliza quatro fases: Recuperar, Reutilizar, Revisar e Retornar. Na fase de recuperação, o sistema seleciona casos relevantes de um repositório. Em seguida, na fase de reutilização, ele aplica soluções adaptadas desses casos ao problema atual. A fase de revisão valida a solução proposta, enquanto a fase de retenção decide se o caso resolvido deve ser adicionado à biblioteca para uso futuro (A; PLAS, 2016).

O CBR pode ser aplicado na criação de uma IA adaptativa para jogos, capaz de criar modelos e comportamentos de personagens com base em experiências passadas de jogo. Isso é

particularmente útil em jogos complexos, onde muitos casos apropriados podem ser recuperados e utilizados.

## 3.3 Modelagem de jogador (Player Modeling)

Player Modeling ou modelagem de jogador, é um conceito que abrange a criação, modelos ou representações abstratas do comportamento de um jogador em um jogo. Esses modelos são utilizados para personalizar a experiência de jogo para atender às preferências, habilidades e estilo de jogo específicos de cada jogador individualmente. E de maneira geral há quatro métodos para modelagem comportamental do jogador (BAKKES; TAN; PISAN, 2012):

1. Modelagem de ações: Os modelos de ação em jogos buscam prever ações específicas realizadas pelos jogadores. Esses modelos são construídos com alta intensidade de recursos computacionais, e sua utilidade é mais evidente em jogos menos complexos. Apesar de oferecerem previsões precisas, sua aplicabilidade se limita a contextos de jogos relativamente simples.

2. Modelagem tática: Modelos táticos concentram-se em comportamentos de curto prazo e locais no jogo, formados por uma sequência de ações de jogo. Em comparação com os modelos de ação, a construção de modelos táticos é menos intensiva em recursos. Esses modelos têm potencial para uma maior generalização, sendo adequados para criar desafios variados aos jogadores em diferentes situações de jogo.

3. Modelagem estratégica: Os modelos estratégicos lidam com comportamentos de longo prazo e globais no jogo, compreendendo uma série de táticas de jogo. Menos intensivos em recursos do que os modelos de ação, os modelos estratégicos oferecem um equilíbrio entre especificidade e aplicabilidade geral. Sua capacidade de abordar comportamentos em uma escala mais ampla os torna úteis para personalizar a experiência do jogo.

4. Perfil do jogador: O perfil do jogador considera o perfil psicológico do jogador, reconhecendo que diferentes motivações e estados emocionais podem influenciar estratégias, táticas e ações específicas. Embora a intensidade de recursos para criar perfis de jogadores não seja explicitamente mencionada, essa abordagem tem o potencial de impactar significativamente a experiência do usuário, incorporando características psicológicas e preferências individuais para melhorar a interação entre o jogador e o sistema de jogo.

Além disso, a experiência do jogador é um componente central na criação e no sucesso de qualquer jogo. Ela é moldada por diversos fatores, incluindo o tipo de jogador, o gênero do jogo e a maneira como o jogo é projetado e implementado (YANNAKAKIS; TOGELIUS, 2015).

Os jogadores são indivíduos com uma ampla gama de preferências e estilos de jogo. Esses estilos podem variar desde jogadores casuais, que buscam entretenimento e relaxamento, até jogadores experientes, que buscam desafios intensos e aprimoramento de habilidades. Entender o perfil do jogador é fundamental, pois afeta a jogabilidade, a dificuldade e a profundidade do jogo.

## 3.4 Técnicas em tipos de jogos

É essencial desenvolver técnicas que ajustem os níveis de dificuldade dos jogos e permitam que a IA atenda às preferências dos jogadores e para isso é necessário explorar a aplicação da IA em diversos gêneros de jogos, como jogos de tiro em primeira pessoa (FPS), jogos de estratégia em tempo real (RTS), jogos de interpretação de papéis (RPGs), jogos de arena de batalha online multiplayer (MOBA), jogos de interpretação de papéis online multiplayer em massa (MMORPGs) e jogos de esportes. (GENG, 2023). Por exemplo:

1. Aplicação em FPS: Utiliza uma simulação realista de movimentos e ações dos jogadores, utilizando um banco de dados de movimentos e regras para orientar as ações da IA. O sistema de animação é crucial para permitir que a IA execute ações complexas, como atirar enquanto se move, procurar abrigos e recarregar armas, adicionando realismo à experiência de jogo (GENG, 2023).

2. Aplicação em RTS: A IA assume o papel de "comandante"quando jogador está offline. Além disso, fornece feedback aos jogadores por meio de tabelas de análise, avaliando o desempenho do jogador durante o jogo. Isso destaca a capacidade da IA não apenas de ser um oponente desafiador, mas também de oferecer uma análise pós-jogo para aprimorar a experiência do jogador (GENG, 2023).

3. Aplicação em RPG: Utiliza a chamada "árvore de comportamento"como um sistema embutido. Quando a IA está incerta sobre qual ação tomar, ela consulta essa árvore para planejar sua próxima jogada. Esse sistema permite adaptação dinâmica a situações em constante mudança. Além disso, a IA em jogos RPG emprega um "sistema de IA em

grupo", funcionando como um coletivo onde diferentes sistemas e IAs podem compartilhar informações. Isso permite que a IA acumule conhecimento pluralístico e reaja de acordo com diversas situações (GENG, 2023).

## 3.5 Interseccionalidade e influência da GPC

A GPC e a IA desempenham papéis interligados cruciais no desenvolvimento e aprimoramento de jogos. A interseção entre o aprendizado de comportamento de NPCs e a Geração Procedural de Conteúdo destaca a importância de agentes treinados para testar e validar o conteúdo gerado (YANNAKAKIS; TOGELIUS, 2015). Em cenários como o desenvolvimento de níveis para jogos como Super Mario Bros (Figura 3.1), a capacidade de um agente jogar através desses níveis proporciona uma avaliação objetiva, descartando aqueles que o agente não consegue completar. Algoritmos de aprendizado são empregados, adaptando estratégias para diferentes jogos.

Figura 3.1: Jogo Super Mario Bros

A modelagem de jogadores entra em cena como um elo óbvio entre modelos computacionais de jogadores e GPC. A estrutura de GPC orientada pela experiência do jogador visa não apenas criar conteúdo, mas também sintetizar experiências de jogo personalizadas. Isso envolve a aprendizagem de modelos preditivos de experiência do jogador, integrando-os às funções de avaliação para otimizar o conteúdo do jogo com base nessas previsões (YANNAKAKIS; TOGELIUS, 2015). Exemplos práticos incluem a geração de regras de jogo, perfis de câmera e níveis de jogos de plataforma.

A inteligência artificial auxiliando no design de jogos é outra faceta relevante. Ferramentas de design assistido por IA, como Tanagra e SketchaWorld, demonstram como a IA pode

facilitar a criação de níveis e mapas de jogos, incorporando elementos de iniciativa mista na colaboração entre designers humanos e sistemas de IA (YANNAKAKIS; TOGELIUS, 2015).

Além do relacionamento entre narrativa computacional e PCG, que destaca como a representação do enredo em um ambiente de jogo, incluindo o comportamento da câmera virtual, pode influenciar significativamente a experiência do jogador (YANNAKAKIS; TOGELIUS, 2015). Essa interação é evidente em jogos como World of Warcraft, que utiliza cenas de corte para elevar o clímax da história.

# Capítulo 4

# Análise

Nessa seção, será feita uma análise dos elementos previamente discutidos. Essa análise permitirá identificar os pontos fortes e áreas de melhoria encolvendo IA em jogos, bem como destacar os aspectos que mais impactaram positivamente a apreciação do jogo pelos jogadores.

## 4.1 Sobre os requisitos

Para que o jogo a ser desenvolvido seja equilibrado, os desenvolvedores devem considerar vários requisitos técnicos e comportamentais para a IA dentro do jogo.

Primeiramente, a IA deve ser projetada para não recorrer à trapaça, ou seja, seu comportamento não deve explorar mecânicas do jogo para obter vantagem injusta. Além disso, ela precisa evitar a previsibilidade excessiva, tornando suas ações não tão óbvias para os jogadores. A imprevisibilidade mantém o interesse dos jogadores e desafia suas habilidades.

Outro aspecto importante é que a IA não deve ser nem muito fácil, sendo facilmente derrotada, nem tão difícil a ponto de se tornar frustrante. Ela deve se adaptar ao nível de habilidade dos jogadores, proporcionando uma experiência gratificante. Além disso, a IA deve estar atenta ao ambiente do jogo, interagindo com ele de maneira realista, o que contribui para a imersão dos jogadores.

A capacidade de autocorreção é crucial, permitindo que a IA aprenda com erros anteriores e evite repeti-los, tornando a experiência mais dinâmica. A criatividade da IA também pode enriquecer o jogo, apresentando soluções únicas para situações não previstas.

Por fim, a IA deve imitar o comportamento humano de forma convincente, tornando as interações entre jogadores e personagens não jogáveis (NPCs) mais naturais. No entanto, essa imitação deve ser equilibrada para evitar que a IA pareça artificial.

Em resumo, a IA em jogos é uma ferramenta poderosa para melhorar a experiência do jogador, mas sua implementação bem-sucedida requer um entendimento profundo desses requisitos técnicos e uma cuidadosa sintonia fina para criar um equilíbrio entre desafio, diversão e imersão. É uma área em constante evolução, onde os desenvolvedores buscam aprimorar constantemente a qualidade da jogabilidade.

## 4.2 Sobre as aplicações

As abordagens de inteligência artificial (IA) em jogos apresentam vantagens e desvantagens distintas. A abordagem não adaptativa, que utiliza técnicas tradicionais de IA como árvores de decisão e scripts, oferece eficiência computacional e implementação relativamente simples. É adequada para jogos com comportamentos previsíveis, mas pode falhar em lidar com jogos complexos e imprevisíveis, resultando em comportamentos repetitivos e previsíveis que podem reduzir o desafio e a diversão do jogo.

Por outro lado, a abordagem adaptativa possui pontos positivos, como a capacidade de ajustar-se às ações dos jogadores humanos, melhorando a experiência ao oferecer desafios personalizados. Pode também corrigir falhas na IA programada. No entanto, requer uma quantidade significativa de dados de treinamento para aprendizado offline e a aprendizagem online pode introduzir comportamentos inesperados e indesejados, exigindo um esforço adicional de desenvolvimento e manutenção.

A abordagem baseada em casos (CBR) aproveita experiências passadas para tomar decisões, tornando-se versátil para lidar com jogos complexos e cenários variados. Oferece uma abordagem adaptativa baseada em experiência. No entanto, requer um sistema robusto de armazenamento e recuperação de casos, e pode ser desafiador determinar quando um caso deve ser adicionado ou descartado.

A escolha entre essas abordagens depende das necessidades específicas do jogo e dos recursos disponíveis. Cada uma delas possui pontos fortes e fracos, e a seleção deve ser feita com base nas metas do desenvolvedor e na natureza do jogo em questão. Em última análise, o

equilíbrio entre eficiência e adaptação personalizada desempenha um papel crucial na escolha da abordagem de IA mais apropriada para um jogo específico.

## 4.3 Sobre a modelagem de jogador

O conceito de Player Modeling, ou modelagem de jogador, é uma abordagem essencial para a personalização efetiva da experiência de jogo. Os quatro métodos principais - Modelagem de Ações, Modelagem Tática, Modelagem Estratégica e Perfil do Jogador - oferecem diferentes perspectivas para entender e antecipar o comportamento dos jogadores. Cada método apresenta vantagens distintas em termos de precisão, intensidade de recursos e aplicabilidade (BAKKES; TAN; PISAN, 2012).

A modelagem de ações destaca-se pela precisão na previsão de ações específicas, sendo mais adequada para jogos menos complexos. Por outro lado, a modelagem tática oferece uma abordagem mais generalizada, concentrando-se em comportamentos de curto prazo, enquanto a modelagem estratégica aborda aspectos de longo prazo e globais, equilibrando especificidade e aplicabilidade (CHARLES et al., 2005).

O perfil do jogador, ao considerar as características psicológicas e preferências individuais, destaca-se como uma abordagem promissora para personalização, embora a intensidade de recursos necessária não tenha sido explicitamente mencionada. Em conjunto, esses métodos fornecem um conjunto abrangente de ferramentas para adaptar a experiência do jogador, possibilitando a criação de desafios relevantes, emocionantes e personalizados. A escolha entre esses métodos dependerá do contexto do jogo, da complexidade desejada e dos recursos disponíveis (CHARLES et al., 2005). Em última análise, a implementação eficaz da modelagem de jogador pode transformar a interação entre o jogador e o sistema de jogo, aumentando a satisfação e a imersão, e contribuindo para experiências de jogo mais envolventes.

## 4.4 Sobre técnicas em tipos de jogos

As técnicas em diferentes tipos de jogos destacam a importância fundamental do desenvolvimento de inteligência artificial para ajustar os níveis de dificuldade e atender às preferências dos jogadores. No contexto de jogos de Tiro em Primeira Pessoa (FPS), a aplicação da IA se concentra em simulações realistas de movimentos e ações, utilizando um banco de dados de

movimentos e regras, com ênfase crucial no sistema de animação para proporcionar uma experiência de jogo mais realista.

Em jogos de Estratégia em Tempo Real (RTS), a IA assume o papel de "comandante"quando o jogador está offline, oferecendo não apenas um oponente desafiador, mas também fornecendo feedback aos jogadores por meio de tabelas de análise, contribuindo para a melhoria da experiência do jogador.

No contexto de Jogos de Interpretação de Papéis (RPG), a IA utiliza uma "árvore de comportamento"como um sistema embutido, permitindo adaptação dinâmica a situações em mudança. Além disso, o uso de um "sistema de IA em grupo"possibilita a criação de um coletivo onde diferentes sistemas e IAs compartilham informações, acumulando conhecimento pluralístico e reagindo eficazmente a diversas situações.

## 4.5 Sobre interseccionalidade e influência da GPC

É abordado de maneira abrangente a interconexão entre a GPC. Destaca-se a relevância do aprendizado de comportamento de NPCs na validação de conteúdo gerado, utilizando de agentes treinados para avaliações objetivas. O enfoque na capacidade de agentes jogarem em níveis. Ainda, a modelagem de jogadores é apresentada como uma ponte significativa entre modelos computacionais de jogadores e GPC, com ênfase na personalização da experiência do jogador através da aprendizagem de modelos preditivos.

Ademais, a interseção entre narrativa computacional e GPC é explorada, evidenciando como a representação do enredo, incluindo o comportamento da câmera virtual, influencia a experiência do jogador. Além da inclusão de ferramentas de design assistido por IA, como Tanagra e SketchaWorld, destaca a IA como uma facilitadora no processo de criação de níveis e mapas.

# Capítulo 5

# Conclusões

Em conclusão, a aplicação da inteligência artificial em jogos oferece uma variedade de abordagens, cada uma com suas vantagens e desvantagens. A abordagem não adaptativa, baseada em técnicas tradicionais de IA, é eficiente e relativamente fácil de implementar, adequando-se a jogos com comportamentos previsíveis. Porém, pode falhar em proporcionar desafios em jogos complexos. Por outro lado, a abordagem adaptativa oferece personalização e capacidade de correção, mas exige grandes volumes de dados de treinamento e pode ser complexa de desenvolver e manter. Já a abordagem baseada em casos, com seu enfoque na reutilização de experiências passadas, é versátil e adaptativa, porém requer um sistema sólido de gerenciamento de casos.

Quanto ao futuro das aplicações de IA em jogos, é possível vislumbrar algumas perspectivas interessantes. À medida que as técnicas de aprendizado de máquina continuam a evoluir, a IA adaptativa pode se tornar mais acessível e eficiente, permitindo uma personalização ainda mais precisa das experiências de jogo. Além disso, a integração de IA em jogos móveis e realidade virtual pode abrir novas fronteiras em termos de imersão e interatividade.

Outra perspectiva futura envolve a ética na IA de jogos. À medida que a IA se torna mais sofisticada, questões éticas relacionadas a vieses, transparência e justiça em jogos podem se tornar mais relevantes, exigindo regulamentações e diretrizes mais claras.

Além disso, a IA pode ser usada para criar jogos que se adaptam não apenas às habilidades dos jogadores, mas também às suas emoções, oferecendo experiências de jogo mais emocionantes e envolventes.

Em resumo, a IA em jogos é um campo em constante evolução, com um potencial significativo para melhorar a experiência do jogador. À medida que a tecnologia e as técnicas avançam,

é provável que vejamos jogos cada vez mais personalizados e envolventes, ao mesmo tempo em que enfrentamos desafios éticos e regulatórios associados ao uso da IA nesse contexto.

# Referências bibliográficas

A, M.; PLAS, I. Developing video games with elementary adaptive artificial intelligence in unity: An intelligent systems approach. In: 2016 IEEE 4th International Conference on Future Internet of Things and Cloud Workshops (FiCloudW). Viena: IEEE, ago. 2016. P. 143–147. ISBN 978-1-5090-3946-3. DOI: 10.1109/W-FiCloud.2016.40.

B. XIA, X. Y.; ABUASSBA, A. O. M. Recent Research on AI in Games. In: 2020 International Wireless Communications and Mobile Computing (IWCMC). Limassol: [s.n.], 2020. DOI: 10.1109/IWCMC48107.2020.9148327.

BAKKES, S.; TAN, C. T.; PISAN, Y. Personalised Gaming: A Motivation and Overview of Literature. In: PROCEEDINGS of The 8th Australasian Conference on Interactive Entertainment: Playing the System. Auckland, New Zealand: Association for Computing Machinery, 2012. (IE '12). ISBN 9781450314107. DOI: 10.1145/2336727.2336731. Disponível em: <https://doi.org/10.1145/2336727.2336731>.

BLOM, J. **Video Game Characters and Transmedia Storytelling: The Dynamic Game Character**. [S.l.: s.n.], out. 2023. ISBN 9789463722957. DOI: 10.2307/jj.7249516.

CHARLES, D. et al. Player-centred game design: Player modelling and adaptive digital games. **Proceedings of DiGRA 2005 Conference: Changing Views - Worlds in Play**, jan. 2005.

GENG, Q. AI Application in Computer Games. **Highlights in Science, Engineering and Technology**, v. 39, p. 668–672, abr. 2023. DOI: 10.54097/hset.v39i.6625.

GRAMI, A. Finite-State Machines. In: [s.l.: s.n.], jan. 2023. P. 373–388. ISBN 9780128206560. DOI: 10.1016/B978-0-12-820656-0.00020-4.

KRAKER; R. BIDARRA, R. S. T. T. K. de. **Interactive creation of virtual worlds using procedural sketching**. [S.l.: s.n.], mai. 2010. pp. 29–32.

PANDEY, M. Machine Learning. **International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology**, v. 11, p. 864–869, ago. 2023. DOI: 10.22214/ijraset.2023.55224.

RUSSEL S.; NORVIG, P. **"Inteligência Artificial"**. 3. ed. [S.l.]: Campus, 2004. P. 1324.

SMELIK, R.; TUTENEL, T.; KRAKER, K. J. de; BIDARRA, R. A declarative approach to procedural modeling of virtual worlds. **Computers Graphics**, v. 35, p. 352–363, abr. 2011. DOI: 10.1016/j.cag.2010.11.011.

SOUSA, J. P.; TAVARES, R.; GOMES, J. P.; MENDONÇA, V. Review and analysis of research on Video Games and Artificial Intelligence: a look back and a step forward. **Procedia Computer**

**Science**, v. 204, p. 315–323, 2022. International Conference on Industry Sciences and Computer Science Innovation. ISSN 1877-0509. DOI: https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.08.038. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050922007761>.

YANNAKAKIS, G. N.; TOGELIUS, J. A Panorama of Artificial and Computational Intelligence in Games. **IEEE Transactions on Computational Intelligence and AI in Games**, v. 7, n. 4, p. 317–335, 2015. DOI: 10.1109/TCIAIG.2014.2339221.