

## Aplicação de Inteligência Artificial em Jogos: Principais Características e os Limites Computacionais

### *Application of Artificial Intelligence in Games: Main Features and Computational Limits*

REIS, Douglas Batista dos<sup>1</sup>  
SANTOS, Matheus Cabeceira dos<sup>1</sup>  
CARDOSO, Pedro da Conceição<sup>1</sup>  
SANTOS, José Vicente Cardoso<sup>2</sup>

**Resumo:** O desenvolvimento da Inteligência Artificial, junto às suas aplicações, foi completamente consolidado na Ciência da Computação e na Tecnologia da Informação como uma das áreas de pesquisa mais ascendentes destes ramos. Suas variadas técnicas visam, principalmente, simular computacionalmente a capacidade humana de tomar decisões e aprender. O conceito de inteligência artificial no meio computacional é bem amplo. Baseado nisso, grandes empresas de desenvolvimento passaram a utilizar esses tipos de resultado para simular e prever certos comportamentos dos jogadores, aplicando Inteligência Artificial direta e indiretamente em seus jogos. Com base nesses conceitos, o objetivo geral deste artigo é chegar a uma definição aproximada dos possíveis limites tecnológicos que os métodos de Inteligência Artificial podem atingir, no contexto dos jogos digitais. Como objetivos específicos, tem-se a abordagem de como a Inteligência Artificial interfere nos jogos digitais e de que forma suas técnicas são utilizadas, além de como tais técnicas podem beneficiar os usuários. A metodologia utilizada foi por pesquisa bibliográfica como procedimento, e a interpretação dos dados foi conduzida através de uma análise qualitativa. Foram encontrados diversos artigos publicados que comprovam as informações utilizadas. Ao final desta pesquisa, espera-se esclarecer quais as previsões para os avanços tecnológicos na área, junto às dificuldades encontradas ao aplicar as IAs em ambientes complexos e imprevisíveis.

**Palavras-chave:** Inteligência Artificial. Jogos digitais. Limites tecnológicos. Ciência da Computação.

**Abstract:** The development of Artificial Intelligence, together with its applications, has been completely consolidated in Computer Science and Information Technology as one of the most ascendant areas of research in these branches. Its various techniques aim, mainly, to computationally simulate the human capacity to make decisions and learn. The concept of artificial intelligence in computing is very broad. Based on this, large development companies began to use these types of results to simulate and predict certain player behaviors, applying Artificial Intelligence directly and indirectly in their games. Based on these concepts, the general objective of this article is to arrive at an approximate definition of the possible technological limits that Artificial Intelligence methods can reach, in the context of digital games. As specific objectives, there is the approach of how Artificial Intelligence interferes in digital games and how its techniques are used, in addition to how such techniques can benefit users. The methodology used was bibliographical research as a procedure, and the interpretation of the data was conducted through a qualitative analysis. Several published articles were found that prove the information used. At the end of this research, it is expected to clarify the predictions for technological advances in the area, along with the difficulties encountered when applying AI in complex and unpredictable environments.

**Keywords:** Artificial Intelligence. Digital games. Technological limits. Computer science.

<sup>1</sup> Bacharelado em Engenharia da Computação. Centro Universitário Jorge Amado.

<sup>2</sup> Físico. Analista de Sistemas. Advogado. Doutor em Modelagem Computacional e Tecnologia Industrial. Universidade Estadual da Bahia. Faculdade Anhanguera. Unijorge. E-mail: prof.vicentecardoso@gmail.com

## 1. INTRODUÇÃO

O termo Inteligência Artificial, além do Aprendizado de Máquina, ainda gera muitos debates acerca dos seus benefícios e potenciais perigos. Segundo Bernard Marr, em seu artigo sobre *6 dos Possíveis Perigos Relacionados à IA*, “Alguns indivíduos notáveis, como o Stephen Hawking e o Elon Musk, sugerem que as IAs podem ser muito perigosas” (MARR, 2019, p. 1), desencadeando cenários de muita complicação futuramente, seja no âmbito social, político ou até mesmo em situações mais alarmantes.

Muitas das grandes e memoráveis obras de ficção científica deste século e do fim do século XX, como *Matrix (1999)*, *O Exterminador do Futuro (1984)*, *Eu, Robô (2004)*, entre outras, frequentemente representam as IAs como máquinas humanoides perigosas e nada confiáveis.

O enredo do filme *Wall-e (2008)* da Pixar, por exemplo, é retratado em um contexto futurista, onde a humanidade vive fora do planeta Terra e está completamente adaptada a uma vida conduzida pelas máquinas. Contudo, a reviravolta ocorre quando uma IA altamente manipuladora se torna o principal antagonista do filme, impedindo que os humanos retornem à Terra.

Situações como essa, geram um pouco mais de insegurança em muitas pessoas que compreendem que a informatização, junto às diversas técnicas aplicadas à IA, estão dominando o mundo, em todos os sentidos, de forma acelerada.

Porém, um futuro pessimista como esse, de acordo com diversos cientistas, é altamente improvável, já que as aplicações e os avanços atuais da Inteligência Artificial (e de suas técnicas) são completamente positivos e animadores para a humanidade.

As áreas de aplicação de IA são incontáveis. As mais conhecidas e de maior eficiência são: a indústria robótica, espacial e aeroespacial, automobilística, de dados (principalmente) e, inclusive, em indústrias um pouco mais isoladas como a dos Jogos Digitais, que ainda se encontra num processo de crescimento.

A indústria dos jogos é uma das áreas onde podemos notar os avanços de maior destaque nas aplicações de Inteligência Artificial. Em contrapartida,

ao utilizar IA em contextos que envolvem o comportamento dos jogadores, surgem alguns obstáculos, os quais, na maioria das vezes, é quase impossível que sejam superados.

Neste artigo, serão descritas algumas técnicas e aplicações práticas modernas da Inteligência Artificial nos jogos digitais, como o Desenvolvimento de Jogos, a Aplicabilidade na Solução de Problemas (Desafios) e o Processamento de Dados em Jogos.

O objetivo geral desta pesquisa é chegar a uma definição aproximada dos possíveis limites tecnológicos que os métodos de Inteligência Artificial podem atingir, no contexto dos jogos digitais, os quais podem se tornar ambientes de alta complexidade e imprevisibilidade. Já os objetivos específicos, serão a abordagem de como as técnicas de Inteligência Artificial modificam os jogos digitais e de que forma são utilizadas, além de como tais técnicas podem ser aperfeiçoadas para beneficiar os usuários.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

Inteligência Artificial é uma área da Ciência da Computação cujo objetivo é desenvolver sistemas computacionais inteligentes. No livro *The Handbook of Artificial Intelligence*, sistemas inteligentes são definidos como “[...] quaisquer sistemas que demonstram características inteligentes, isto é, qualidades das quais nós associamos aos aspectos inteligentes do comportamento humano” (BARR e FEIGENBAUM, 1981), tais como a compreensão de uma linguagem, o raciocínio, o aprendizado e a resolução de problemas, que é um dos principais focos da IA.

Desde seu surgimento em 1940, próximo a segunda guerra mundial, as Inteligências Artificiais (IA), tem melhorado bastante. Inicialmente era utilizada em meio militar, secreto ao público. Com o tempo, foi se incluindo no cotidiano das pessoas em vários lugares diferentes, como televisores que desligam sozinhos, programas que entendem o que um usuário fala, tradutores de idiomas, veículos autônomos e muito mais. Também, são capazes de trabalhar com uma grande quantidade de informações, reconhecendo padrões e prever possíveis resultados.

## 2.1 Primeiras aplicações em jogos

Em um dos seus artigos, Schaeffer e Herik (2002, p. 2) relatam que, durante a década de 90, a humanidade testemunhou uma série de derrotas de alguns dos melhores jogadores de tabuleiro do mundo que enfrentaram programas de computador. Ainda em seu texto, eles revelam que o primeiro jogo a ter um computador como campeão mundial foi damas. Após isso, em 1997, Garry Kasparov (mestre e campeão enxadrista) foi derrotado pelo supercomputador *Deep Blue*, da IBM. Posteriormente, Takeshi Murakami (outro campeão mundial de xadrez) também foi derrotado por um programa de computador, dessa vez o *Logistello*.

As sucessivas vitórias da Inteligência Artificial contra os humanos ganharam ainda mais destaque com o tempo. Inclusive, atualmente, é praticamente impossível vencer uma IA bem treinada em um jogo de lógica, como xadrez ou damas.

## 2.2 Jogos digitais

Com a evolução da computação, as técnicas de Aprendizado de Máquina e de Inteligência Artificial também foram aplicadas aos jogos digitais (ou jogos de computador).

Segundo o artigo sobre Inteligência Artificial em Jogos de Lucas et. al (2012, p. 15), os métodos de Inteligência Artificial nos jogos digitais procuram simular o comportamento humano natural utilizando a inteligência humana como um dos paradigmas. Tais técnicas são aplicadas a personagens não jogáveis (NPCs), por exemplo, que, ao interagirem com os jogadores, tornam suas experiências mais imersivas, dando a impressão de que as ações realizadas por aquele personagem são naturalmente imprevisíveis e planejadas, tal como um humano.

O Aprendizado de Máquina é uma das técnicas de IA, que visa automatizar esses processos, baseando-se em informações geradas por modelos de análise de um certo conjunto de dados.

Ainda no mesmo artigo, os autores esclarecem que o Aprendizado de Máquina precisa reconhecer padrões numa rede de dados gerada dentro de um jogo. Junto a esses dados, está incluído o comportamento dos jogadores, que pode, certamente, diferir. Logo, para justificar as decisões tomadas por um NPC, por exemplo, o sistema de aprendizado precisa se adaptar ao modo como um usuário joga um jogo, sendo necessário considerar características como suas preferências, objetivos, estilo de jogo, atitudes, etc.

De acordo com as informações do artigo *Inteligência Artificial para Jogos de Computador Adaptáveis* (RAM; ONTAÑÓN; METHA, 2007, p. 2), aplicações e gêneros de jogos diferentes requerem tipos diferentes de IA. Seja em aplicações individuais em etapas específicas dos jogos ou globalmente, gerando resultados através de todos os aspectos do jogo, de forma generalizada. Entretanto, em ambas as situações, os empecilhos são os mesmos.

Em síntese, os autores também afirmam que tais contratempos (grande quantidade de dados, imprevisibilidade, etc.) são, acima de tudo, benéficos - “São como novos desafios, gerados através dos jogos, para a área da Inteligência Artificial”.

### 3. DESENVOLVIMENTO

A IA nos jogos não é considerada a mesma que a estudada e pesquisada no meio acadêmico. Inicialmente, no desenvolvimento de jogos eletrônicos, a programação de IA era usualmente conhecida por “programação de jogabilidade”, pois não havia nada de inteligente sobre os comportamentos exibidos pelos personagens controlados pelo computador.

Muitos programadores, no começo dos jogos eletrônicos, implementavam padrões de movimentos ou movimentos repetitivos e/ou aleatórios para os personagens controlados pelo computador (como Galaga e Donkey Kong), dando a impressão de que o jogo tomava decisões de forma

inteligente. Esse fato foi principalmente causado pela falta de memória e limitação existente na velocidade de processamento.

Os jogos de estratégia (Civilization, de 1991, por exemplo) estão entre os pioneiros em IA para jogos, uma vez que esses jogos necessitam de uma boa IA para que sejam jogáveis, pois requerem que o computador controle unidades (grupo de personagens) com estratégias e táticas complexas.

Uma extensão dos jogos de estratégia são os jogos de estratégia em tempo real (RTS, ou Real-Time Strategy), onde toda a ação acontece de forma contínua, ao contrário de outros jogos de estratégia, que ocorrem em turnos. A IA para esse gênero de jogo deve realizar buscas de caminhos (*pathfinding*) para centenas de unidades em tempo real, para dar aos personagens uma certa inteligência ou, ao menos, fazer com que os personagens pareçam ser inteligentes e possuam personalidade (BOURG, 2004).

Segundo Lamothe (1999), um dos princípios básicos de IA para jogos são os algoritmos de IA determinísticos e padrões de movimento, onde os comportamentos são pré-programados ou pré-processados. Ainda, Dalmau (2004) cita quatro tipos principais de IA que são implementadas em jogos: máquinas de estado, sistemas baseados em regras, algoritmos de busca e algoritmos genéticos.

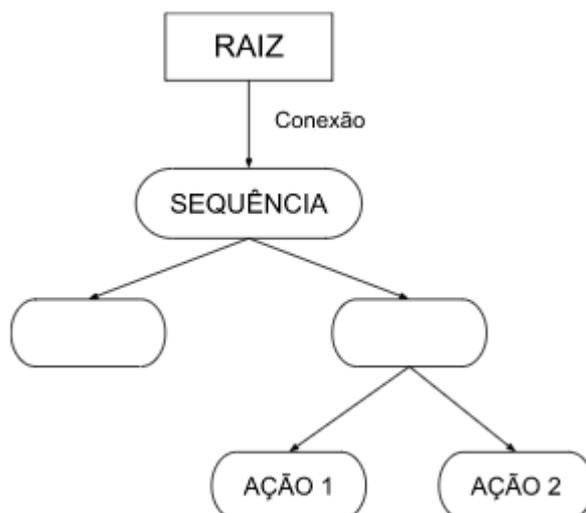
### 3.1 Decision Making - Tomada de Decisão

Dentro de um jogo, uma IA não se trata apenas de um problema técnico, é um problema de design, já que são ferramentas adaptáveis. Uma mesma técnica de Inteligência Artificial, quando aplicada a contextos diferentes, pode gerar resultados diferentes e inesperados. Dessa forma, os métodos de IA se assemelham a tomadas de decisão, ou, como é conhecido no ramo da Ciência da Computação, Árvores de Decisão (*Behavior Trees*).

Behavior Trees são, basicamente, um conjunto de regras que determinam quais decisões podem ser tomadas pelo computador, além da ordem na qual as ações deverão ser executadas. Como num sistema de hierarquia, a parte superior da árvore, chamada de *raiz* é, obrigatoriamente, a

decisão inicial responsável por desencadear as *sequências* e as *ações* (Figura 1).

Figura 1 - Exemplo de Árvore de Decisão



Fonte: Imagem do autor (2022).

Ao escolher uma das sequências disponíveis, a IA deve descartar todos os caminhos não escolhidos, seguindo apenas os próximos passos de sua última decisão até chegar à ação, a última etapa.

É possível inferir que, para desenvolver uma Inteligência Artificial altamente responsiva, preparada para tomar as melhores decisões, em tempo real, a quantidade de possíveis ações e decisões que seriam pré-definidas poderia alcançar um número impensável. Sendo que a cada decisão tomada, um computador deve reavaliar as melhores decisões a serem feitas, repetindo o caminho praticamente do zero.

Em um jogo online competitivo como League of Legends (jogo player vs player, com times de 5 jogadores), por exemplo, uma IA precisa lidar com a imprevisibilidade das partidas. Além disso, apesar de possuir os seus próprios objetivos durante o jogo, a IA deve reagir, da melhor maneira possível, às escolhas de cada jogador, que costumam variar em um espaço muito curto de tempo. Isso significa que, no melhor cenário possível dentro desse contexto, a Inteligência Artificial precisaria se adaptar e aprender com cada jogador, individualmente.

Um Blackboard (“Quadro Negro”), ou sistema de reutilização, aplicado a diversas técnicas de aprendizado de máquina, é uma das alternativas para diminuir o tempo de processamento das decisões tomadas por IA. Porém, ainda seguindo o exemplo anterior, reutilizar dados com jogadores que possuem comportamentos e decisões diferentes ainda não resolve o problema.

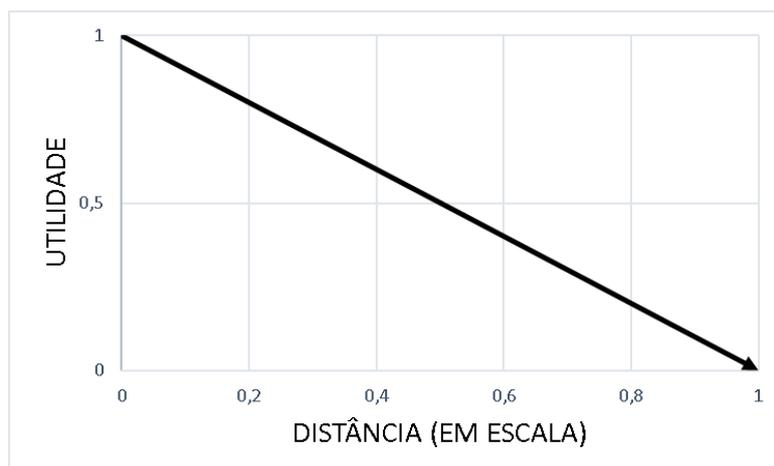
Segundo o apresentador do canal do YouTube *AI and Games* (2021), em um de seus vídeos sobre a aplicação de Inteligência Artificial em jogos, “Toda ação dentro de um jogo tem valor. Porém, poucas são realmente úteis o tempo todo”.

### 3.2 Cálculo de Utilidade

O Cálculo de Utilidade de uma decisão é uma análise quantitativa, gerada pelo computador, do quão útil será uma ação (decisão) em pontos, contextos e intervalos de tempo diferentes. Quando aplicado à IA, por exemplo, ao serem realizados todos os cálculos de utilidade, são determinados os valores de cada decisão, que se encontram na Árvore de Decisões. Dessa forma, o computador consegue diferir a decisão ideal, que possui um valor (peso) maior, da decisão menos importante, que leva um valor menor.

Ainda examinando o exemplo de uma partida de League of Legends, durante um confronto entre uma IA e um jogador, torna-se factível que a Inteligência Artificial determine, por exemplo, a aplicabilidade de um ataque em relação à distância que a mesma se encontra do jogador, como na Figura 2. Sabendo que, nessa situação hipotética, quanto menor a distância entre os personagens do jogo, mais eficaz será o ataque realizado.

**Figura 2 - Utilidade de uma ação em relação à distância entre a IA e o jogador**



Fonte: Imagem do autor (2022).

Nesse caso, o valor aumenta conforme a distância entre os dois diminui. Ou seja, o peso de um possível ataque ao jogador aumenta conforme a linha se encontra mais à esquerda do gráfico, lembrando que uma IA precisa de um valor mínimo para saber quando (ou se) deve atacar em uma determinada situação.

A utilidade de uma decisão sempre é alterada conforme o contexto. Os jogos online em equipe, geralmente, possuem um mapa (ambientes, 3d ou 2d, onde as partidas acontecem) onde jogadores diferentes possuem comportamentos (*Combat Behaviors*) diferentes devido ao número de possibilidades, cuja dimensão está atrelada ao tamanho do mapa. Isso aumenta a necessidade de que uma IA analise e tome decisões acerca de todas as possíveis interações próximas.

Para isso, alguns algoritmos específicos são largamente utilizados na indústria dos jogos, como os Algoritmos de Busca. Estes, em resumo, consistem em códigos que, partindo de um conjunto de dados, conhecido como Espaço de Busca, têm o objetivo de encontrar a melhor decisão a ser tomada, após realizar um número possível de soluções (SEMÂNTICO, 2019).

O Departamento de Informática da Universidade Federal do Paraná, em seu artigo sobre Algoritmos de Busca Heurística (DIRENE, 2008, p. 3), define Espaço de Busca como uma estrutura formada por transformações sucessivas de estado executadas em uma certa ordem. Ainda no mesmo artigo, é mencionado que “A complexidade de um problema está diretamente ligada ao

tamanho do seu Espaço de Busca correspondente”, ou seja, quanto maior a quantidade de variáveis a serem analisadas, mais complexo será o problema.

Assim, o mesmo artigo chega à conclusão de que, do ponto de vista de tempo de processamento, esse tipo de algoritmo pode até se tornar inviável, já que o tempo é uma das principais barreiras para o processamento de dados. Em suma, ao enfrentar um oponente em um jogo, por exemplo, uma IA deve criar “sub árvores” de possíveis jogadas (decisões) também para o seu oponente como forma de planejamento.

### 3.3 Sistema de Navegação – Pathfinding

Em jogos como League of Legends, cujos mapas possibilitam uma série de variedades de movimentos, um sistema controlado por Inteligência Artificial precisa analisar as melhores decisões em relação à sua movimentação. Para isso, são utilizados os algoritmos de Pathfinding, ou Malhas de Navegação (Navigation Mesh).

Esse sistema consiste em um mapa, representado por uma “malha”, por onde uma Inteligência Artificial pode se locomover. O processo de locomoção está ligado à acessibilidade a certas regiões de um mapa, a forma como essas regiões estão conectadas e, novamente, a utilidade e o valor que uma determinada região possui.

Tais valores, ou pesos, podem ser reutilizados posteriormente, porém, tratando-se de um jogo competitivo, onde o encaminhamento das partidas depende completamente da decisão dos jogadores, esses valores raramente podem ser preservados, já que, ao longo de uma única partida, sua utilidade é alterada constantemente.

Concluindo, o apresentador do canal AI and Games, citado anteriormente, também afirma que o navigation mesh, a rede de navegação para Inteligências Artificiais em jogos, é uma das maneiras mais fáceis de “quebrar” a imersão em um jogo. Isso deve-se ao fato de que sistemas complexos como esse, onde inúmeras variáveis precisam ser consideradas, podem gerar erros (bugs) e comportamentos não naturais nas decisões de uma

IA. Fato este que contraria o propósito inicial da aplicação de Inteligências Artificiais em jogos: a fidelidade ao comportamento humano natural.

## 4. CONCLUSÃO

Em virtude das informações apresentadas, é possível notar diversas dificuldades ao aplicar métodos de Inteligência Artificial em jogos. Dentre elas, a mais notável é a quantidade de dados, já que para tomar decisões mais adequadas, independente do contexto, uma IA necessita de uma grande amostra de dados prévios, por mais restritas que sejam as escolhas. Além disso, fatores como a imprevisibilidade e a diversidade nos padrões de jogadas em jogos online, por exemplo, podem tornar a aplicação de IA, muitas vezes, inviável. Jogos competitivos exigem que decisões sejam feitas em intervalos muito curtos de tempo, ou até mesmo em tempo real, limitando as capacidades de uma Inteligência Artificial genérica, que precisa analisar todas as possíveis variáveis antes de realizar uma ação. Dito isso, a reutilização de dados é uma das possíveis soluções para o problema. Porém, tal solução está diretamente ligada à capacidade de armazenamento de um sistema junto ao seu poder e velocidade de processamento, geralmente, tornando sua viabilidade questionável.

## REFERÊNCIAS

MARR, Bernard. Is Artificial Intelligence Dangerous? 6 AI Risks Everyone Should Know About. **Forbes**, 08 de abr, 2019. Disponível em: <https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2018/11/19/is-artificial-intelligence-dangerous-6-ai-risks-everyone-should-know-about/?sh=709fe0524040>. Acesso em: 03 out. 2022.

BARR, Avron; FEIGENBAUM, Edward A. The Handbook of Artificial Intelligence. **Google Books**, 2010. Disponível em: [https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=yNTYgopamW8C&oi=fnd&pg=PR11&dq=The+Handbook+of+Artificial+Intelligence&ots=M8taLK8w-D&sig=kYiQWUQU1XJYK\\_eGFzNhBZyIpvY#v=onepage&q=The%20Handbook%20of%20Artificial%20Intelligence&f=false](https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=yNTYgopamW8C&oi=fnd&pg=PR11&dq=The+Handbook+of+Artificial+Intelligence&ots=M8taLK8w-D&sig=kYiQWUQU1XJYK_eGFzNhBZyIpvY#v=onepage&q=The%20Handbook%20of%20Artificial%20Intelligence&f=false). Acesso em: 03 out. 2022.

RAM, Ashwin; ONTAÑÓN, Santiago; MEHTA, Manish. Artificial Intelligence for Adaptive Computer Games. **AAAI**, 2007. Disponível em: <https://www.aaai.org/Papers/FLAIRS/2007/Flairs07-007.pdf>. Acesso em: 09 nov. 2022.

LUCAS, Simon M. et al. Artificial and computational intelligence in games: Integration. **DROPS: Dagstuhl Research Online Publication Server**, 2015. Disponível em: [https://drops.dagstuhl.de/opus/volltexte/2015/5040/pdf/dagrep\\_v005\\_i001\\_p207\\_s15051.pdf](https://drops.dagstuhl.de/opus/volltexte/2015/5040/pdf/dagrep_v005_i001_p207_s15051.pdf). Acesso em: 09 nov. 2022.

SCHAEFFER, Jonathan; VAN DEN HERIK, H. Jaap. Games, Computers, and Artificial Intelligence. **Artificial intelligence**, 2002. v. 134, p. 1-7.

YANNAKAKIS, Georgios N.; TOGELIUS, Julian. A panorama of artificial and computational intelligence in games. **IEEE Transactions on Computational Intelligence and AI in Games**, 2014. v. 7, n. 4, p. 317-335.

CABRAL, Alberto. Inteligência Artificial e Emoção Real: Games que vencem o jogo da ilusão. **Tesseractum Editorial**, Belo Horizonte, 2020. p. 142. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=TCKXEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT5&dq=ia+em+games&ots=MA9-F14P1S&sig=9dT7-Khmo5bxkNsGutjqDKbJFV8#v=onepage&q&f=true>. Acesso em: 08 nov. 2022.

KISHIMOTO, André. Inteligência Artificial em Jogos Eletrônicos. **KarenReis**, 2004. Disponível em: [http://www.karenreis.com.br/pdf/andre\\_kishimoto.pdf](http://www.karenreis.com.br/pdf/andre_kishimoto.pdf). Acesso em: 09 nov. 2022.

SIMPSON, Chris. Behavior Trees for AI: How They Work. **Game Developer**, 17 jul. 2014. Disponível em: <https://www.gamedeveloper.com/programming/behavior-trees-for-ai-how-they-work>. Acesso em: 20 nov. 2022.

AI and Games. Behaviour Trees: The Cornerstone of Modern Game AI | AI 101. **YouTube**, 02 jan. 2019. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=6VBCXvfNICM>. Acesso em: 20 nov. 2022.

AI and Games. How Utility AI Helps NPCs Decide What To Do Next | AI 101. **YouTube**, 28 set. 2021. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=p3Jbp2cZg3Q>. Acesso em: 21 nov. 2022.

Algoritmo de Busca. **Semântico: Significado e Sentido**, 12 dez. 2019. Disponível em: <https://semantico.com.br/vocabulario/algoritmo-de-busca-2/#:~:text=Os%20algoritmos%20de%20pesquisa%20s%C3%A3o%20usados%20>

[20para%20pesquisar%20ou%20encontrar,pode%20ser%20sequencial%20ou%20n%C3%A3o](#). Acesso em: 21 nov. 2022.

DIRENE, Alexandre I. Algoritmos de Busca Heurística (Parte 1). **Universidade Federal do Paraná: Departamento de Informática**, 2008. Disponível em: <https://www.inf.ufpr.br/alex/abh/abh1.pdf>. Acesso em: 21 nov. 2022.

Navigation Meshes and Pathfindings. **Gamedev.net**, 27 abr. 2018. Disponível em: <https://www.gamedev.net/tutorials/programming/artificial-intelligence/navigation-meshes-and-pathfinding-r4880/>. Acesso em: 21 nov. 2022.

AI and Games. How A Navigation Mesh Works in 3D Games | AI 101. **YouTube**, 07 out. 2018. Disponível em: [https://www.youtube.com/watch?v=U5MTIh\\_KyBc](https://www.youtube.com/watch?v=U5MTIh_KyBc). Acesso em: 21 nov. 2022.

BOS, Leonardo. Quão difícil seria construir uma inteligência artificial que pudesse derrotar os melhores jogadores humanos no League of Legends. **Quora**, 2018. Disponível em: <https://pt.quora.com/Qu%C3%A3o-dif%C3%ADcil-seria-construir-uma-intelig%C3%A2ncia-artificial-que-pudesse-derrotar-os-melhores-jogadores-humanos-no-League-of-Legends>. Acesso em: 21 nov. 2022.