

# Inteligência Artificial



**Conteudista:** Prof. Dr. Cleber Silva Ferreira da Luz

**Revisão Textual:** Prof.<sup>a</sup> Esp. Lorena Garcia Aragão de Souza

## Objetivos da Unidade:

- Introduzir IA;
- Apresentar os principais conceitos de IA;
- Apresentar os conceitos básicos de IA.



 Material Teórico



 Material Complementar



 Referências



# Material Teórico

---

## Introdução

Esta Unidade de ensino visa apresentar um estudo sobre inteligência artificial. Vamos começar o estudo fazendo um breve histórico sobre a Inteligência Artificial (IA).

## Histórico de IA

Registros históricos sugerem que a IA teve início após a Segunda Guerra Mundial e que os cientistas Alan Turing, Marvin Minsky, John McCarthy, Allen Newell e Herbert, entre outros, foram os precursores.

Alan Turing foi precursor em desenvolver os primeiros métodos de fazer testes com máquinas. Um dos seus objetivos era que, em uma conversa entre um humano e uma máquina, houvesse uma aprendizagem por parte da máquina e, com isso, ela pudesse se passar por um humano.

A IA emerge, em meados de 1950, criando uma alta expectativa de que o avanço tecnológico em pouco tempo poderia atingir o patamar de inteligência humana. Porém, o que houve foram diferentes fracassos, em grande parte causados pela subestimação dos processos que ocorrem no cérebro humano. No entanto, os fracassos deram início a outras áreas de estudos, como engenharia de *software*, banco de dados e processamento compartilhado.

Sendo assim, diferentes abordagens relacionadas à IA foram construídas, por exemplo, como os neurônios se comunicam, a filosofia do cérebro ou como a mente lida com símbolos e abstrações. Em virtude disso, foi necessário considerar algumas indagações.

Como definir IA? Partindo da observação da totalidade dos seres vivos, todos têm cérebro? Todos são inteligentes? Ou a inteligência seria uma característica somente do ser humano? Máquinas podem ser inteligentes? A qual tipo de inteligência estamos nos referindo?

Jean Piaget desenvolveu uma teoria sobre inteligência baseada em interações do indivíduo com o ambiente; defendia que há um equilíbrio entre a assimilação e a acomodação. O resultado dessa interação seria o desenvolvimento de estruturas cognitivas.

Já Howard Gardner compreendeu que a inteligência é a capacidade de resolver problemas ou construir produtos que devem ter uma relevância significativa em determinado ambiente. Desenvolveu seus estudos por volta de 1995.

Em 1989, Marvin Minsky elaborou uma crítica à busca de uma definição para IA e propôs concentrar esforços na elaboração de explicações sobre como usamos a inteligência para resolver problemas considerados difíceis.

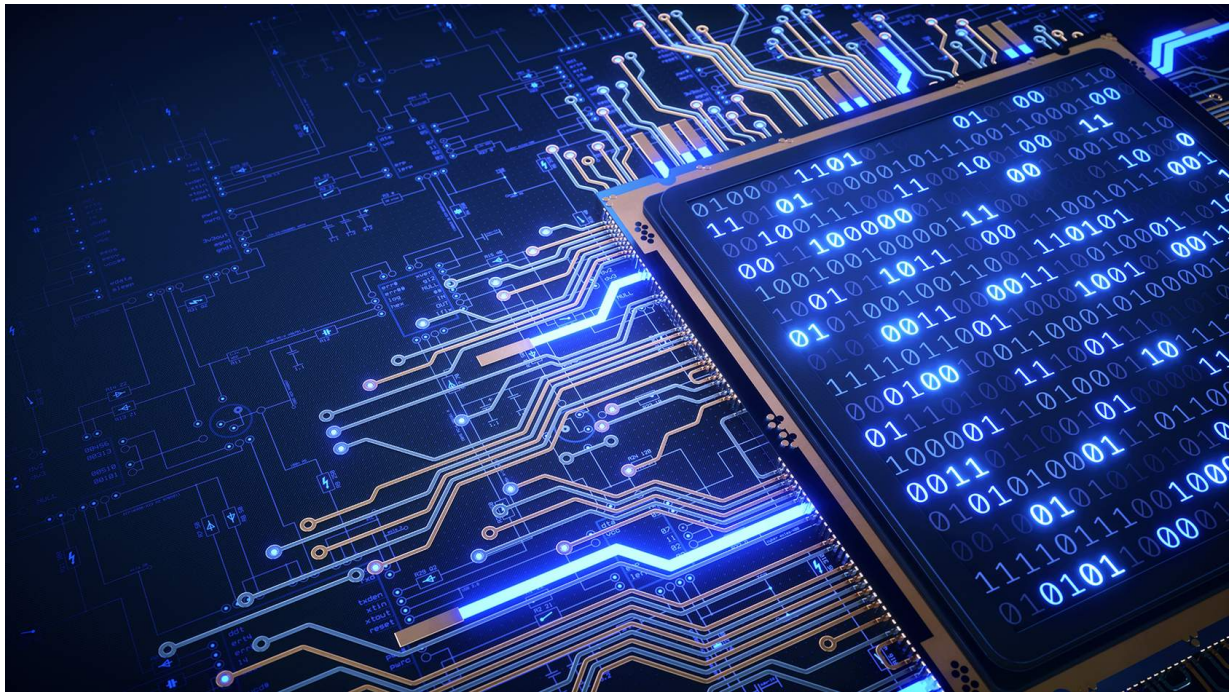
Eysenck (2017) construiu uma distinção entre modelagem computacional e IA. Para ele, tanto uma quanto outra partem da construção de sistemas computacionais, sendo que a modelagem é uma simulação do funcionamento cognitivo.

Vale ressaltar que a IA produz resultados inteligentes, porém com processos que têm poucas semelhanças com aqueles utilizados por seres humanos.

Eysenck (2017) cita como exemplo o *Deep Blue* (um computador e *software* criado para jogar xadrez pela IBM), que, no ano de 1996, ao enfrentar Garry Kasparov, ex-campeão mundial de xadrez e consagrado melhor jogador de todos os tempos, considerou aproximadamente 200 milhões de jogadas por segundo, o que é incomparável com as possíveis jogadas elaboradas por um jogador humano.

## Inteligência Artificial (IA)

Agora que já estudamos o contexto da inteligência artificial e um breve histórico sobre o seu surgimento, vamos focar em sua definição.



## Figura 1 – Inteligência artificial

Fonte: Getty Images

**#ParaTodosVerem:** figura com o fundo em preto e detalhes em azul. Na imagem, há números binários na cor azul e circuitos de computador, também em azul. Fim da descrição.

---

## Definições de Inteligência Artificial

A definição exata do termo inteligência artificial é discutível. De modo simplificado, “artificial” é tudo o que é feito pelo homem e “inteligência” é a capacidade de compreender, aprender e resolver problemas.

Diferentes elementos compõem os processos de IA, que são interpretados de distintas formas e se correlacionam com mecanismos do cérebro e da mente humana. Dessa forma, Russell e Norvig (2013) estruturaram os principais aspectos associados aos processos de IA em quatro categorias, a partir de estudos realizados por diferentes autores, conforme demonstrado a seguir.

- **Pensamento como humano:** “O novo e interessante esforço para fazer os computadores pensarem [...] máquinas com mentes, no sentido total e literal”

(HAUGELAND, 1985 *apud* RUSSEL; NORVIG, 2013, p. 25). “[Automatização de] atividades que associamos ao pensamento humano, atividades como a tomada de decisões, a resolução de problemas, o aprendizado [...]” (BELLMAN, 1978 *apud* RUSSEL; NORVIG, 2013, p. 25);

- **Agindo como seres humanos:** “A arte de criar máquinas que executam funções que exigem inteligência quando executadas por pessoas” (KURZWEIL, 1990 *apud* RUSSEL; NORVIG, 2013, p. 25) “O estudo de como os computadores podem fazer tarefas que hoje são melhor desempenhadas pelas pessoas” (RICH; KNIGHT, 1991 *apud* RUSSEL; NORVIG, 2013, p. 25);
- **Pensando racionalmente:** “O estudo das faculdades mentais pelo uso de modelos computacionais” (CHARNIAK; MCDERMOTT, 1985 *apud* RUSSEL; NORVIG, 2013, p. 25). “O estudo das computações que tornam possível perceber, raciocinar e agir” (WINSTON, 1992 *apud* RUSSEL; NORVIG, 2013, p. 25);
- **Agindo racionalmente:** “Inteligência computacional é o estudo do projeto de agentes inteligentes” (POOLE *et al.*, 1998 *apud* RUSSEL; NORVIG, 2013, p. 25). “AI [...] está relacionada a um desempenho inteligente de artefatos” (NILSSON, 1998 *apud* RUSSEL; NORVIG, 2013, p. 25).

De forma geral, diferentes áreas do conhecimento contribuem para o desenvolvimento da IA. Entre as principais, destacamos:

- A Filosofia, questionando, por exemplo, de onde vem o conhecimento. Essa busca pela origem do conhecimento e por outras questões contribui fortemente para o desenvolvimento da IA;
- A Matemática, com regras formais e conclusões por meio de lógica, em particular lógica proposicional, lógica booleana, lógica de primeira ordem e teoria de referência. Esse arcabouço permitiu a Kurt Gödel o desenvolvimento do Teorema de Incompletude, que permite verificar se afirmações verdadeiras podem ser indecidíveis em um sentido de não haver provas na teoria. O resultado de Gödel motivou Alan Turing a iniciar a caracterização das funções computáveis, e a tese de Church-Turing é aceita como prova de que se não for possível implantar por uma máquina de Turing, não é possível implementar em um computador. Nesse sentido,

emergem as áreas de decidibilidade e a computabilidade, porém a noção de tratabilidade tem maior impacto na área, com a Teoria da NP-completude. Por fim, a Teoria da Probabilidade é uma grande contribuição da Matemática à IA;

- A Economia, com a Teoria da Decisão, que combina a probabilidade com Teoria da Utilidade, contemplando as incertezas. Como um meio de compreensão de ações à economia, também utiliza a pesquisa operacional, o que trouxe a formalização aos processos de decisão de Markov;
- A Neurociência e a Psicologia, na compreensão do cérebro como um dispositivo de processamento de dados para a construção de informação, caracterizando a lógica inconsciente e os pontos de vista cognitivos.

## A Máquina de Turing

O matemático britânico Alan Turing apresentou um trabalho que mudou o campo da IA. Segundo Lopes, Pinheiro e Santos (2014), em 1950, Alan Turing publicou um artigo chamado “*Computing Machine and Intelligence*”. Nele, Turing apresentou o que hoje é conhecido por teste de Turing, que testa se uma máquina consegue emular o pensamento humano. Luger (2013) comenta sobre o teste de Turing:

“[...] o teste de Turing mede o desempenho de uma máquina, aparentemente inteligente em relação ao desempenho de um ser humano, indiscutivelmente o melhor e único padrão e comportamento inteligente. O teste, que foi chamado de ‘jogo da imitação’ por Turing, coloca a máquina e seu correspondente humano e salas separadas de um segundo ser humano, referido como o ‘interrogador’. O ‘interrogador’ não é capaz de ver nenhum dos dois participantes ou de falar diretamente com eles por um dispositivo textual, como um terminal. À tarefa do ‘interrogador’ é distinguir o computador do ser humano utilizando apenas as respostas de ambos as perguntas formuladas por meio desse dispositivo. Se o

interrogador não puder distinguir a máquina do ser humano, então argumenta Turing, pode supor que a máquina seja inteligente.”

- LUGER, 2013, p. 11

Para passar no teste de Turing, verificando-se se é um humano ou máquina, ou se é uma máquina inteligente, a máquina deve ter as seguintes capacidades comentadas por Russell e Norvig (2013) para um teste de Turing total, ou seja, também sendo verificadas as habilidades de percepção do indivíduo:

- Processamento de linguagem natural (comunicação em idioma natural);
- Representação de conhecimento (armazenamento do que sabe e do que ouve);
- Raciocínio automatizado (usar as informações armazenadas para responder às perguntas e tirar novas conclusões);
- Visão computacional para perceber objetos;
- Robótica para manipular objetos e movimentar-se.

Essas seis disciplinas, segundo Russell e Norvig (2013), compõem a maior parte das áreas de aplicação de IA.

Atualmente, usamos como semelhança ao teste de Turing o *captcha* ou “eu não sou um robô” na verificação humana em *sites*. O *captcha* é um algoritmo criado em 1997 que verifica se a pessoa que acessa um sistema *web* não é um robô. A palavra *captcha* vem do termo inglês para “teste público de Turing”, diferenciando humanos e robôs. Os *captchas* mais simples são constituídos de uma solicitação de digitação de letras aleatórias e de estilos diferentes, fazendo com que a prova de inteligência seja verificada. Atualmente, novos *captchas* sofisticados estão sendo desenvolvidos, pois os algoritmos invasores, chamados de *bots*, estão também cada vez mais



inteligentes. Os novos *captchas* estão solicitando que os usuários respondam determinadas perguntas por meio de imagens, por exemplo: “selecione todas as imagens que possuem sinaleiros” ou “selecione todas as imagens que possuem viadutos”. Segundo Alan Turing, somente os humanos conseguiriam realizar tal teste de inteligência, entretanto, esse teste, nos dias de hoje, está se tornando algo não tão complexo para os *bots*.

Contudo, Coppin (2017) comenta que a IA envolve a utilização de métodos baseados no comportamento inteligente de humanos para solucionar problemas complexos, ou seja, os sistemas são capazes de compreender a fala humana ou realizar extrações de declarações humanas para que se comportem como um humano inteligente. Esse, portanto, é um desafio atual da IA, na diferenciação entre humanos e robôs, pois, cada vez mais, as máquinas estão aprendendo comportamentos humanos mais fiéis.

## Resolução de Problemas

Para a resolução de muitos problemas de inteligência artificial, são ideais os métodos de busca por agentes inteligentes. Esses métodos estão sendo aplicados em muitas áreas de entretenimento, trânsito, computação, saúde, eletrônica, robótica, administração, navegação, indústria manufatureira e militar, entre outras, desde um jogo de estratégia de poucos estados até em um aplicativo que roteiriza o alto tráfego em uma rede de computadores. Veremos que as buscas para a resolução de problemas é uma subárea da inteligência artificial e possui um direcionamento específico para a tomada de decisão para atingir um objetivo ou uma meta. Os métodos de busca podem ser encontrados na mineração de dados para uma busca do conhecimento em uma base de dados de alta capacidade ou por meio da pesquisa operacional, através da otimização de recursos e resolução de problemas. Mas é na subárea dos agentes inteligentes que o método de busca de resolução de problemas se destaca. Quando se aprende sobre a busca por resolução de problemas, é comum compreendermos inicialmente como os agentes inteligentes buscam os estados ótimos por meio da resolução de miniproblemas, que são aplicados em jogos, como o caso do jogo deslizante *puzzle* e o jogo do tipo xadrez oito rainhas. Esses jogos ilustram, através de uma formulação de pequenos problemas e de variados “espaços de estados”, a procura por um objetivo ou uma meta, ou seja, o objetivo dos jogos, por exemplo, do tipo xadrez e *puzzle*, é atingir um ou mais “estados objetivos” a partir de critérios estabelecidos. No caso do jogo *puzzle*, o objetivo é achar a numeração solicitada das peças,

orientando-as em diversas posições (estados) até encontrar a numeração e os posicionamentos solicitados (estado objetivo).

## Conceitos de Espaço de Estado e Busca

Uma forma desejável para a resolução de problemas que utiliza um pequeno número de elementos é a aplicação dos agentes de resolução de problemas. “Os agentes decidem o que fazer encontrando uma sequência de ações para estados específicos desejáveis” (RUSSELL; NORVIG, 2013, p. 62). O foco seria na tomada de decisão, e não na busca do conhecimento para uma possível tomada de decisão. Um agente de resolução de problemas opera com as funcionalidades de formulação de objetivos, apoiando a organização do comportamento e limitando os objetivos que o agente deve alcançar; objetivos: conjuntos de estados desejados; formulação de problemas: processo de decisão que identifica quais estados ou ações devem ser considerados de acordo com o objetivo determinado.

## Tipos de Problemas

Segundo Medeiros (2018), os tipos de problemas podem ser classificados em:

- **Miniproblemas:** exigem a aplicação de métodos de resolução de problemas, apresentando descrições concisas e exatas
- **Problemas do mundo real:** são descrições complexas de situações da vida real e que podem ser fracionadas em problemas mais simples e com resoluções conhecidas.

Alguns autores apresentam exemplos de miniproblemas que são resolvidos a partir de um estado inicial para alcançar um estado final (meta). As formulações desses problemas são definidas através de componentes, como estado, estado inicial, função sucessor, testes de objetivo e custo de caminho.

- **Estado inicial:** é o estado em que o agente começa a ação;

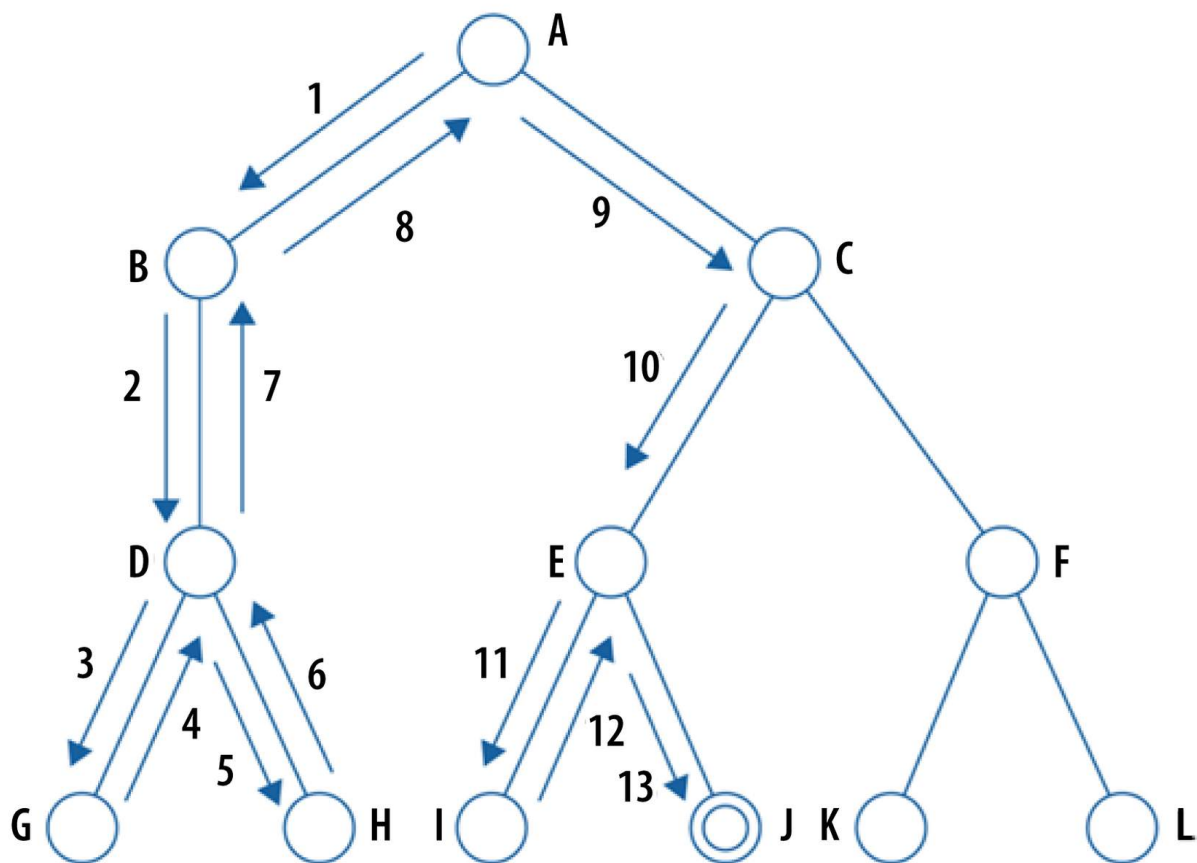
- **Função sucessor:** gera resultados válidos resultantes de ação ou conjunto de ações;
- **Estado final:** é o estado buscado pelo agente (meta a ser alcançada);
- **Teste de objetivo:** determina se um dado estado é um estado objetivo;
- **Função de custo do caminho:** custo numérico de cada caminho.

## Buscas em Profundidade, em Amplitude, Heurística e A\*

As principais buscas por um estado objetivo podem ser por busca em profundidade, em amplitude, heurística e A\* (A estrela). Veremos a seguir esses tipos de abordagens e como elas são aplicadas pelos agentes inteligentes que imitam o comportamento humano.

### Abordagem em Profundidade

Segundo Coppin (2017, p. 66), um algoritmo comumente usado é o de busca de profundidade. Essa busca segue cada caminho na sua maior profundidade antes de seguir para o próximo caminho. O processo continua até que todos os nós da árvore tenham sido examinados ou até que ocorra uma falha ou até que um estado objetivo seja alcançado, terminando a busca com sucesso. Na Figura 2, a busca por profundidade realiza a busca pelo estado objetivo, nó “J” (nó objetivo). Veja que são realizadas verificações na sequência dos nós: AB (1), B-D (2), D-G (3), G-D (4), D-H (5), H-D(6), D-B(7), B-A(8), A-C(9), C-E(10), EI(11), I-E(12) e E-J(13).



**Figura 2 – Busca por profundidade em uma árvore de estados**

Fonte: Adaptada de COPPIN, 2017, p. 66

#ParaTodosVerem: foto com o fundo branco e alguns círculos em cor azul conectados por linhas azuis e setas também azuis, além de letras e números em preto. Fim da descrição.

## Abordagem em Amplitude

Outra forma de busca é a procura por largura ou também conhecida de busca por em amplitude. Segundo Coppin (2017, p. 68):



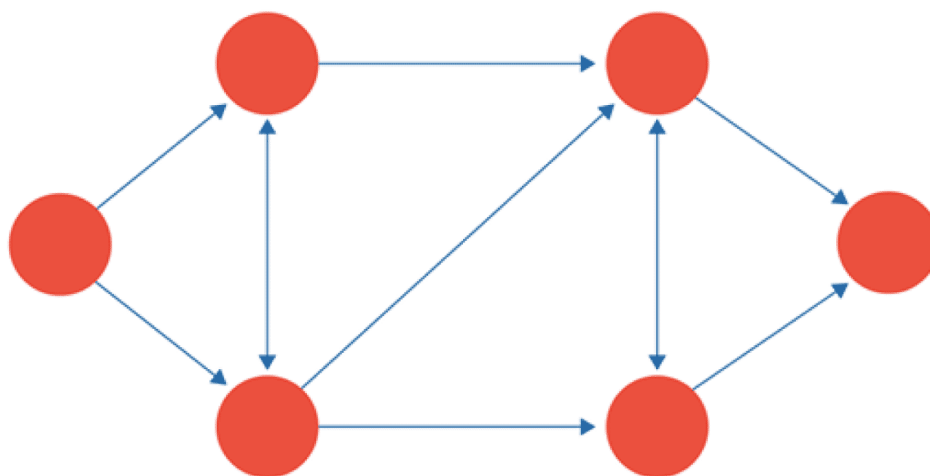
“essa abordagem envolve percorrer a árvore em largura em vez de profundidade [...] o algoritmo de busca em largura começa examinando todos os nós um nível (algumas vezes chamados de uma camada) abaixo do nó raiz.”

## Abordagem Heurística

Para Coppin (2017), as abordagens de buscas em profundidade e largura (amplitude) são descritas como força bruta, ou seja, não empregam qualquer conhecimento especial na árvore de busca, mas simplesmente examinam cada nó, em ordem, até que se encontre o estado objetivo. Esse exame de cada nó é como se fosse um ser humano percorrendo um labirinto, seguindo com a mão pelo lado esquerdo da parede do labirinto. Contudo, na busca por heurística, é possível acrescentar um conhecimento sobre a árvore de busca e do caminho ótimo para encontrar o estado objetivo. Os seres humanos utilizam constantemente a heurística para solucionar todo o tipo de problemas.

## Abordagem A\* (A Estrela)

A abordagem A\* é uma técnica de heurística sofisticada para identificar caminhos ótimos. Para Coppin (2017), os algoritmos A\* utilizam uma busca de heurística melhorada para selecionar o caminho da árvore. A busca A\* expande caminhos envolvendo ir para o nó que parece ser o mais próximo do objetivo, além de considerar um custo daquele caminho até aquele nó. Exemplos práticos de abordagem A\* são os problemas de roteamento ou roteirização. As roteirizações são problemas da vida real e são utilizadas como apoio para tomadas de decisões automatizadas, como rotas otimizadas por *GPS (Global Positioning System)* através de algoritmos de navegação ou em roteadores de redes de computadores. Os roteadores definem a melhor rota de dados na complexa e emaranhada rede de computadores, trazendo maior velocidade e qualidade na chegada do pacote de dados. Esses tipos de problemas utilizam um conjunto de pontos ou nós e ligações entre esses nós, como mostra a Figura 3, a seguir, na forma de um grafo:



**Figura 3 – Grafo representando um roteamento**

#ParaTodosVerem: imagem com o fundo branco, com círculos vermelhos e setas azuis. Cada seta está apontando para um círculo. Fim da descrição.

Uma formulação do problema de roteamento seria dada pelo Quadro 1, a seguir. O teste objetivo depende do que se procura ou se busca, podendo ser, na maioria dos casos, uma otimização da rota ou um melhor caminho:

**Quadro 1 – Formulação de roteamento**

Formulação	Descrição
Estados ou espaço de estados	Representação de uma posição do nó.
Estado inicial	Especificado de acordo com o problema.
Função sucessor	Os nós ou as posições que estão adjacentes.

Formulação	Descrição
Teste de objetivo	Verifica se pela movimentação através dos nós chega-se ao nó destino.
Custo de caminho	Dado pelo somatório do custo de cada ligação entre os pares dos nós.

Fonte: Adaptado de MEDEIROS, 2018

Para Medeiros (2018, p. 61), “Este problema está presente em várias aplicações tais como roteamento de redes de computadores, planejamento de manufatura, operações militares, sistema de planejamento de voos e distribuição geográfica de produtos”.

Vimos que as buscas por estados objetivos resolvem uma série de miniproblemas, como problemas de jogos e labirintos, e esses podem ser estendidos para problemas mais complexos da vida real, por meio das buscas com técnicas de heurísticas, por exemplo, no caso da roteirização GPS e no roteamento de redes.

## Aprendizagem de Máquina

O aprendizado de máquina, do inglês *machine learning*, é uma subárea da Inteligência Artificial (IA) que abrange conceitos de inteligência das máquinas. Partindo da premissa que a IA é o conjunto de programas com habilidade de aprender e reagir como humanos, o aprendizado de máquina é o conjunto de algoritmos com habilidade para aprender sem ser explicitamente programado.



#### **Figura 4 – Representação de um robô com aprendizagem de máquina**

Fonte: Getty Images

**#ParaTodosVerem:** foto com um robô representando a tecnologia. O fundo da imagem é preto e o robô é branco. A imagem contém alguns detalhes em azul que representam a tecnologia de inteligência artificial. Fim da descrição.

---

O aprendizado de máquina é uma surpreendente área da inteligência artificial. Quando nos aprofundamos em conceitos sobre como as máquinas podem aprender, questionamos: teremos em um futuro próximo humanoides ou robôs convivendo e aprendendo ao nosso lado? Gostaria que você mesmo tirasse essa conclusão a partir do nosso estudo sobre a teoria do aprendizado de máquina e sobre os agentes inteligentes. Compreendemos que a teoria de aprendizagem de máquina é formada por programas de computadores, que são algoritmos de aprendizagem e base de dados de conhecimento, cada qual com sua peculiaridade de aprendizado. Focaremos, neste estudo, a aprendizagem por conceito que trabalha com o viés indutivo e apresentaremos a aprendizagem no contexto dos agentes inteligentes e no contexto da mineração de dados, fundamentais para compreendermos a inteligência das máquinas.



A capacidade da inteligência humana é aprender, e todo o progresso humano é o resultado dos esforços anteriores e da evolução do nosso entendimento. A aprendizagem automática das máquinas, também denominada Aprendizado de Máquina (AM), ou *machine learning*, é um ramo da ciência da computação em que cientistas há décadas vêm fazendo com que máquinas aprendam. Com o avanço da computação em termos de processamento e memória e através dos algoritmos de aprendizagem, eles contribuíram para a revolução da inteligência artificial. Atualmente, as máquinas já aprendem através dos sistemas inteligentes, e robôs em fábricas já estão sendo utilizados para automatizar diversas tarefas.

Para Luger (2013), o aprendizado é importante para aplicações práticas de inteligência artificial e acontece quando ocorrem mudanças em um sistema e este possui melhoras quando for repetida a mesma tarefa pela segunda vez. Caso contrário, a máquina não aprendeu. O aprendizado envolve a generalização a partir da experiência, e, para uma generalização ideal, o desempenho deve melhorar não apenas na repetição da mesma tarefa, e sim em tarefas semelhantes do domínio, através de um viés indutivo.

O aprendizado indutivo aplica o processo de generalização, ou seja, executa uma classificação de dados e cria grupos de objetos ou exemplos. Em nosso estudo de AM (aprendizagem de máquina), apresentaremos métodos, algoritmos e técnicas com base no viés indutivo, ou seja, da teoria da aprendizagem automática.

Bengfort e Kim (2016) comentam que o objetivo do aprendizado de máquina é derivar modelos preditivos a partir de dados atuais e históricos. De acordo com as premissas, um algoritmo realiza o aprendizado quando obtém as devidas melhorias com uma excessiva quantidade de treinamento ou experiência. Tais resultados eficientes são alcançados pelos algoritmos de aprendizado de máquina para domínios muito restritos, usando modelos treinados a partir de um grande conjunto de dados.

Já para Siegel (2017), os métodos de indução são os que estão por detrás do aprendizado de máquina. Os métodos de modelagem variam, mas todos enfrentam o mesmo problema: “aprender o máximo possível”. O objetivo do aprendizado de máquina é a indução, ou seja, é o raciocínio que parte de fatos detalhados para princípios gerais (do efeito para a causa), diferentemente de dedução, que é o raciocínio que parte do geral para o particular (ou da causa para o efeito). A dedução é direta e parte da aplicação direta de regras. Já a indução parte dos

detalhes para generalizar e verificar padrões que continuarão se aplicando em situações ainda não vistas. Portanto, devemos compreender que:

- **Indução:** raciocínio que parte dos detalhes para a generalização, gerando novos conhecimentos = método indutivo = modelos preditivos = aprendizagem;
- **Dedução:** raciocínio que parte da generalização para os detalhes. Parte das experiências e dos fatos, não produzindo conhecimentos novos.

Vimos que existem dois tipos de modelagem de aprendizagem: uma é a indução e a outra é a dedução. A maior parte dos problemas de aprendizagem está relacionada à indução. Vejamos agora uma visão geral desses problemas e dessas técnicas de aprendizagem.

## Visão Geral de Problemas e Técnicas

Na aprendizagem artificial, existem várias formas de modelar a aprendizagem. Como vimos, uma delas, a mais utilizada, é a do viés indutivo com informações de uma base de dados do passado e do presente. Essa abordagem, segundo Coppin (2017), compreende a maioria dos problemas de aprendizado, em que a tarefa é aprender a classificar entradas de acordo com um conjunto finito ou até infinito de classificações. Vimos em nossos estudos anteriores que um sistema de aprendizado possui uma base de dados de treinamento que é classificada manualmente. Um sistema somente aprende quando, a partir de uma base de treinamento, consegue realizar uma classificação e, em seguida, em uma nova base de dados não treinada, consegue realizar uma nova classificação. Existem duas maneiras de aprender:

- Por hábito;
- Por conceito.

A palavra “hábito” vem do ato de realizar uma tarefa ou de um comportamento permanente, frequente ou costumeiro. Na inteligência artificial, segundo Coppin (2017), a aprendizagem por hábitos está relacionada ao treinamento que envolve a armazenagem de cada fragmento de

dados de treinamento e sua classificação. Após, é verificado se cada novo item de informação está armazenado na memória. Se estiver na memória, então a classificação que foi armazenada com aquele item será retornada. Nesse método, o aprendiz só consegue classificar os dados que já conhece, e não há esforços de aproximar a função de mapeamento. Na prática, esses tipos de sistemas ou robôs efetuam tarefas automatizadas e aprendem de acordo com novas informações armazenadas. Esses sistemas são os sistemas especialistas, que possuem uma base de fatos e dados (base de conhecimento). Sempre que a base é alimentada com novas informações, que se relacionam de acordo com fatos e regras (conhecimento), um aprendizado é realizado.

Há, também, o aprendizado por conceitos, que envolve determinar um mapeamento a partir de um conjunto de variáveis de entrada em um valor booleano. Os métodos que conseguem mapear corretamente um conjunto de dados de treinamento em classificações também conseguirão mapear dados não observados anteriormente, ou seja, conseguirão realizar generalizações a partir de um conjunto de dados de treinamento. Os métodos de aprendizado do tipo conceito podem ser de diversos tipos, conforme Luger (2013) explica:

- **Aprendizado de máquina simbólico:** é uma abordagem que se utiliza de um conjunto de símbolos que representam entidades e relações de um domínio do problema;
- **Aprendizado de máquina conexionista:** é uma abordagem que se utiliza da biologia ou das redes neurais;
- **Aprendizado genético e emergente:** é uma abordagem que considera algoritmos inspirados nos processos subjacentes da evolução, por exemplo, moldar uma população de indivíduos por meio da sobrevivência dos seus membros mais ajustados;
- **Aprendizado probabilístico:** é uma abordagem que utiliza ferramentas probabilísticas e tecnologias estocásticas para o aprendizado de máquina.

O aprendizado de máquina computacional é a aplicação de técnicas computacionais na tentativa de encontrar padrões explícitos e observáveis. Para Provost e Fawcett (2018), o aprendizado de

máquina está preocupado com muitos tipos de melhorias de desempenho, incluindo campos da robótica e da visão computacional, usando o conhecimento aprendido para raciocinar e interagir com o ambiente. Outro campo em que o aprendizado de máquina atua é a mineração de dados, que faz parte da descoberta do conhecimento, mas não atua no ambiente propriamente dito, e sim nas bases de dados, preparando e analisando os dados e criando modelos de aprendizagem para as eficientes tomadas de decisões. Veremos agora como uma máquina pode aprender através de métodos e técnicas de mineração de dados, ou seja, na busca do conhecimento implícito ou não compreendido.

Algoritmos que utilizam técnicas de aprendizado de máquina vêm-se tornando ferramentas importantes para auxiliar profissionais e gestores na tomada de decisão, bem como tornar possível o desenvolvimento de máquinas inteligentes. Mas como uma máquina aprende?

Uma forma seria o aprendizado supervisionado. Você já parou para pensar como uma criança aprende? A resposta às vezes vem de forma clara: observando, perguntando e experimentando. Isso também se aplica a máquinas?

Sim, as máquinas podem aprender com um aprendizado supervisionado. Na aprendizagem supervisionada, o agente observa alguns exemplos de pares de entrada e saída e aprende uma função que faz o mapeamento da entrada para a saída. Por exemplo, há três componentes.

No componente 1, as entradas são percepções e a saída é fornecida por um instrutor que diz “Freie!” ou “Vire à esquerda”.

No componente 2, as entradas são imagens da câmera e as saídas vêm de um instrutor que diz “isso é ônibus”.

No componente 3, a teoria da frenagem é uma função de estados e ações de frenagem até a distância de parada.

Nesse caso, o valor da saída está disponível diretamente da percepção do agente (após o fato); o ambiente é o instrutor.

## Aprendizado Não Supervisionado

Na aprendizagem não supervisionada, o agente aprende padrões na entrada, embora não seja fornecido nenhum *feedback* explícito. A tarefa mais comum de aprendizagem não supervisionada é o agrupamento: a detecção de grupos de exemplos de entrada potencialmente úteis. Por exemplo, um agente de táxi pode desenvolver gradualmente um conceito de “dia de tráfego bom” e “dia de tráfego ruim” sem nunca terem sido rotulados exemplos de cada um deles por um professor.

## Aprendizado por Esforço

Na aprendizagem por reforço, o agente aprende a partir de uma série de reforços – recompensas ou punições. Por exemplo, a falta de gorjeta ao final de uma corrida fornece ao agente do táxi a indicação de que algo saiu errado. Os dois pontos de vitória no final de um jogo de xadrez informam ao agente que ele fez a coisa certa. Cabe ao agente decidir qual das ações anteriores ao reforço foram as maiores responsáveis por isso.

---

### Em Síntese

**Nesta Unidade de ensino, aprendemos conceitos básicos e intermediários sobre IA. Vimos os principais conceitos de agentes de resolução de problemas, esses constituídos de técnicas de buscas de amplitude, profundidade, heurística e A\*, e suas principais aplicações, além do tipo de aprendizagem.**



## Material Complementar

---

Indicações para saber mais sobre os assuntos abordados nesta Unidade:

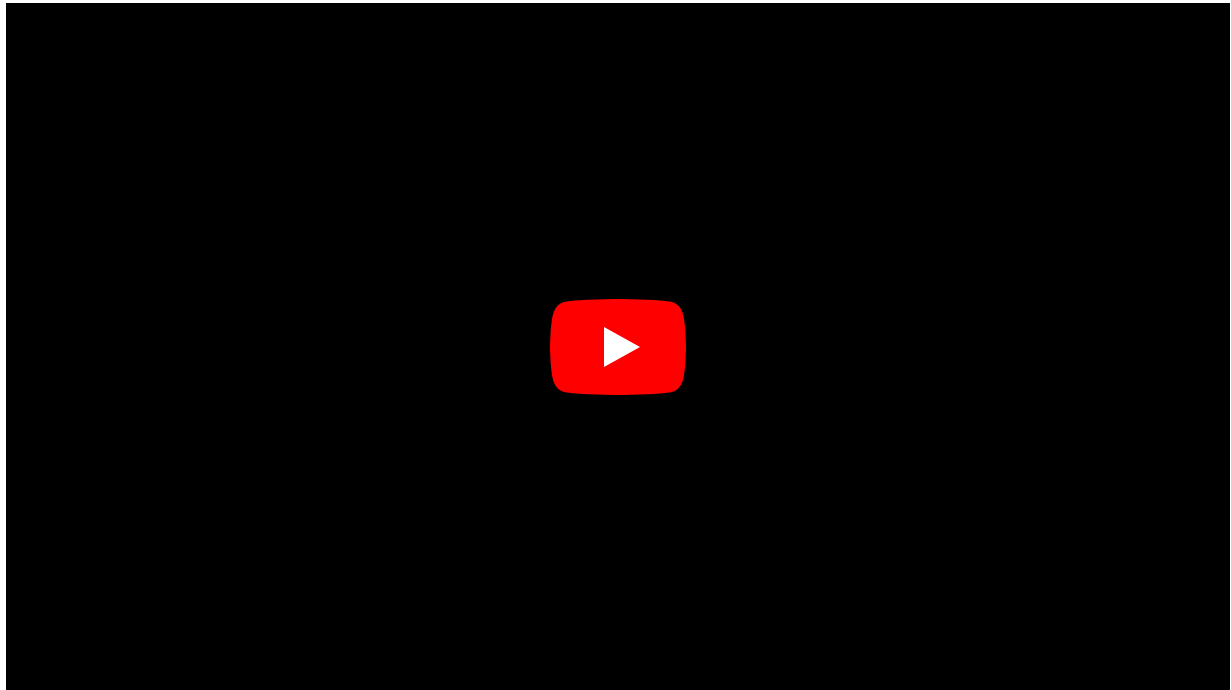
---

### Vídeos

#### A Revolução das Inteligências Artificiais



## Inteligência Artificial (A Tecnologia que está Mudando o Mundo)



### *Machine Learning Explicado*

Esse vídeo traz mecanismos importantes sobre aprendizagem de máquina.



*Machine Learning: Como Ensinar uma Máquina a Aprender*







## Referências

---

ALMEIDA, C. M. Inteligência artificial e a marcha das máquinas. **Ferramental**, 05/10/2019. Disponível em: <<https://www.revistaferramental.com.br/artigo/inteligencia-artificial-marcha-maquinas>>. Acesso em: 27/03/2023.

BENGFORT, B.; KIM, J. **Analítica de dados com Hadoop**: uma introdução para cientistas de dados. 1. ed. São Paulo: Novatec, 2016.

COPPIN, B. **Inteligência artificial**. 1. ed. Rio de Janeiro: LTC: 2017.

CRAWLY. **Inteligência artificial**: o que é, como funciona e quais as principais aplicações?. 2023. Disponível em: <<https://www.crawly.com.br/blog/inteligencia-artificial-o-que-e-como-funciona-e-quais-as-principais-aplicacoes>>. Acesso em: 27/03/2023.

EYSENCK, M. W. **Manual de psicologia cognitiva-7**. Porto Alegre: Artmed Editora, 2017.

LOPES, I. L.; PINHEIRO, C. A. M.; SANTOS, F. A. O. **Inteligência artificial**. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

LUGER, G. F. **Inteligência artificial**. 6. ed. São Paulo: Pearson Universidades, 2013.

MEDEIROS, L. F. **Inteligência artificial aplicada**: uma abordagem introdutória. 1. ed. Curitiba: InterSaberes, 2018.

PROVOST, F.; FAWCETT, T. **Data science para negócios**: o que você precisa saber sobre mineração de dados e pensamento analítico de dados. 1. ed. Rio de Janeiro: Alta Books, 2018.

ROSA, J. L. G. **Fundamentos da inteligência artificial**. 1. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2011.

RUSSELL, S.; NORVIG, P. **Inteligência artificial**. Trad. Regina Célia Simille. 3. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.

SIEGEL, E. **Análise preditiva**: o poder de prever quem vai clicar, comprar, mentir ou morrer. 1. ed. Rio de Janeiro: Alta Books, 2017.