IA NA EDUCAÇÃO BÁSICA

Atividades Desplugadas para a Educação Básica

Letramento em
Inteligência Artificial



Rosa Vicari
Christian Brackmann
Cristiano Galafassi
Lucas Mizusaki

CC BY-NC-SA 4.0

Este material está sob licença

Creative Commons Atribuição-NãoComercial-CompartilhaIgual (CC BY-NC-SA).

v. 1.1

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

IA na educação básica : atividades desplugadas
para a educação básica [livro eletrônico] :
letramento em inteligência artificial / Rosa
Vicari...[et al.]. -- Porto Alegre, RS :
Ed. dos Autores, 2025.
PDF

Outros autores: Christian Brackmann, Cristiano
Galafassi, Lucas Mizusaki.
Bibliografia.
ISBN 978-65-01-65168-2

1. Educação básica 2. Inteligência artificial -
Aplicações educacionais 3. Letramento digital
4. Tecnologia educacional I. Vicari, Rosa.
II. Brackmann, Christian. III. Galafassi,
Cristiano. IV. Mizusaki, Lucas.

25-295620.0 CDD-371.334

Índices para catálogo sistemático:

1. Inteligência artificial : Educação 371.334

Aline Graziele Benitez - Bibliotecária - CRB-1/3129

Autoria



Dra. Rosa Maria Vicari
Tem doutorado em Engenharia Electrotécnica e Computadores pela Universidade de Coimbra. Professora titular da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Consultora UNESCO no Ministério da Educação. Atua na área de Ciência da Computação. Coordena a Cátedra na área de TICs, da UNESCO, para a América Latina. Currículo Lattes: http://lattes.cnpq.br/5098313138514050



Dr. Christian Brackmann
Tem doutorado em Informática na Educação pela UFRGS. É professor do Instituto Federal Farroupilha. Consultor UNESCO no Ministério da Educação. Atua na área da Computação. Desenvolveu e validou a norma "Computação – Complemento à BNCC". Currículo Lattes: http://lattes.cnpq.br/3440794204799048



Dr. Cristiano Galafassi
Tem doutorado em Informática na Educação pela UFRGS. É professor adjunto da Universidade Federal do Pampa, atuando na área de Inteligência Artificial na Educação e Aprendizado de Máquina. Currículo Lattes: http://lattes.cnpq.br/7555705724716780



Dr. Lucas Eishi Pimentel Mizusaki
Tem bacharelado em Engenharia de Computação, mestrado em computação aplicada e doutorado em Informática na Educação. É professor da Universidade Federal do Pampa. Atua nas áreas de tecnologia no ensino, robótica educativa e formação de professores. Currículo Lattes: http://lattes.cnpq.br/3809451840989859

Agradecimentos

Agradecemos à Fundação Itaú pela oportunidade de realização deste projeto. Nosso reconhecimento se estende também ao Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Instituto Federal Farroupilha (IFFAR) e Universidade Federal do Pampa (Unipampa), cátedra UNESCO *in Information and Communication Technology in Education ID 2012BR0975*, aos participantes do Estado do Piauí, aos bolsistas pesquisadores do grupo PIÁ (Projeto Inteligência Artificial) e a todos que contribuíram com os testes das atividades: Deylange Oliveira Leal, Douglas Martins Erdmann, Gabriel Fraga Moreira de Carvalho, Gustavo Graffunder, Graziela Bergonsi Tussi, Lúcia Rathmann, Marcela Cristian Rocha, Maria Luiza Recena Menezes, Melissa Virgili Teixeira da Silveira, Randerson Melville, Renato Schneider Rivero Jover, Tassiana Truccollo Schimitt e Manuela Thomas, pela diagramação e ilustração deste livro.

ÍNDICE

1. INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA EDUCAÇÃO BÁSICA 6
1.1. REFERENCIAL CURRICULAR DE IA PARA A EDUCAÇÃO BÁSICA.....6
1.2. NÍVEIS DE PROGRESSÃO.....7
1.3. ASPECTOS.....8
1.4. COMPETÊNCIAS E HABILIDADES 9
1.5. RAZÕES PARA SE ABORDAR IA NA EDUCAÇÃO.....11
2. IA, PENSAMENTO COMPUTACIONAL E COMPUTAÇÃO..... 13
2.1. O LETRAMENTO EM IA 17
2.2. INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL DESPLUGADA.....20
2.3. METODOLOGIA.....23
3. RECONHECENDO A INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL..... 26
ATIVIDADE: O TESTE DE TURING.....29
4. ÉTICA E INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL..... 35
4.1. LIMITES PARA O DESENVOLVIMENTO E USO.....38
ATIVIDADE: UM ROBÔ INJUSTO E UM ROBÔ JUSTO.....40
5. LETRAMENTO EM DADOS E ALGORITMOS 44
5.1. DADOS 44
5.2. ALGORITMOS 48
ATIVIDADE: INCERTEZA 50
6. RECONHECIMENTO DE PADRÕES..... 53
ATIVIDADE: RECONHECIMENTO DE ROSTOS 54
6.1. REPRESENTAÇÃO E RACIOCÍNIO 58
ATIVIDADE: REDE SEMÂNTICA.....59
7. ADAPTAÇÃO EM INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL..... 65
7.1. COMPUTAÇÃO EVOLUTIVA.....65
ATIVIDADE: ROBÔS ESPACIAIS 69
8. APRENDIZADO DE MÁQUINA..... 78
8.1. ÁRVORES DE DECISÃO E APRENDIZADO SUPERVISIONADO.....82
ATIVIDADE: ÁRVORES DE DECISÃO.....84
9. REDES NEURAIS 92
ATIVIDADE: BACKPROPAGATION.....94
9.1. APRENDIZADO NÃO SUPERVISIONADO 98
ATIVIDADE: CLUBES SECRETOS DAS FORMAS..... 101
9.2. APRENDIZADO POR REFORÇO..... 106
ATIVIDADE: JOGO XADREZ DE PEÕES..... 106
10. A SOCIEDADE INTERAGINDO COM A IA..... 113
ATIVIDADE: DIAGNÓSTICO DO JOÃOZINHO – QUEM DECIDE MAIS? 115

11. APERFEIÇOAMENTO PESSOAL E O MUNDO DO TRABALHO 122
ATIVIDADE: JOGO DAS PROFISSÕES DO FUTURO 123
12. CONSIDERAÇÕES FINAIS 127
13. BIBLIOGRAFIA 129
14. GLOSSÁRIO 133
Apêndice I - Cards para treinamento 145

Apêndice II - Cards de Cachorros 150
Apêndice III - Cartelas da Atividade de Backpropagation 153
Apêndice IV - Cartões do Clube Secreto das Formas 155
Apêndice V - Jogo de Xadrez de Peões 156
Apêndice VI - Dor de Barriga do Joãozinho 158
Apêndice VII - Profissões do Futuro 159
Apêndice VII: Testes do Capítulo 3 162
Apêndice VIII: Testes do Capítulo 4 163
Apêndice IX: Testes do Capítulo 5 164
Apêndice X: Testes do Capítulo 6 165
Apêndice XI: Testes do Capítulo 7 166
Apêndice XII: Testes do Capítulo 8 167
Apêndice XIII: Testes do Capítulo 9 168
Apêndice XIV: Testes do Capítulo 9.1 169
Apêndice XV: Testes do Capítulo 9.2 170
Apêndice XVI: Testes do Capítulo 10 171
Apêndice XVII: Testes do Capítulo 11 172

1. INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA EDUCAÇÃO BÁSICA

Este capítulo tem por objetivo introduzir as bases curriculares em que fundamentam a proposta de letramento em Inteligência Artificial (IA)[1]. É apresentado o referencial curricular, que é baseado na proposta da United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO) (2024). As atividades apresentadas no texto têm por base o Referencial Curricular para a Inteligência Artificial, disponível em http://www.ianaescola.com.br/referencial. Este referencial é uma proposta deste grupo de pesquisa, portanto, não se trata de um documento normativo oficial.

1.1. REFERENCIAL CURRICULAR DE IA PARA A EDUCAÇÃO BÁSICA

As tecnologias digitais têm causado impactos significativos na sociedade, afetando inclusive a natureza, e essas mudanças repercutem na educação. A Inteligência Artificial (IA) representa uma nova etapa tecnológica, distinta de ferramentas tradicionais da computação por sua capacidade de adaptação, proatividade e tomada de decisões. Diferente de planilhas e calculadoras, os sistemas de IA aprendem com os usuários e atuam de forma autônoma. Isso exige que a escola repense práticas pedagógicas e reflita criticamente sobre o tipo de educação necessária nesse novo contexto.

A IA baseada em aprendizado de máquina trouxe incertezas, vieses e falta de transparência. A IA generativa aprofundou esses desafios ao produzir conteúdos criativos, antes considerados exclusivamente humanos. Essa realidade exige novas competências, não apenas para uso da tecnologia (“pensar com a IA”), mas também para compreensão crítica de seu funcionamento e impactos (“pensar sobre a IA”).

Nesse sentido, foi utilizado o Referencial Curricular em Inteligência Artificial proposto pelo grupo Projeto Inteligência Artificial (PIÁ) disponível em licença Creative Commons Atribuição-Não Comercial-CompartilhaIgual (CC BY-NC-SA) no site www.ianaescola.com.br. Ele propõe que o ensino fundamental desenvolva seis dimensões, sendo elas (vide Figura 1): interação humano-IA, percepção, representação e raciocínio, aprendizado de máquina, impacto social e ética. Tais dimensões visam preparar os estudantes para lidar de forma crítica, criativa e responsável com os sistemas de IA desde os anos iniciais da escolarização.

[1] Letramento em IA refere-se à capacidade de compreender, utilizar e avaliar a IA de forma crítica e funcional.



Figura 1: Dimensões Centrais. Fonte: os autores

1.2. NÍVEIS DE PROGRESSÃO

Os três níveis de progressão utilizados foram baseados em UNESCO (2024) e representam um avanço na proficiência e consciência ética no uso e co-criação da IA. Os estudantes devem progredir reciprocamente por esses níveis, que orientam tanto a avaliação das competências em IA quanto o desenvolvimento de metodologias pedagógicas ágeis e contextualizadas.

- Nível “Compreender”: Os estudantes desenvolvem uma compreensão básica sobre IA, seus valores, questões éticas e funcionamento. Eles devem ser capazes de explicar conceitos e conectar o conhecimento com situações do mundo real.

- Nível “Aplicar”: Os estudantes utilizam a IA de forma responsável, aplicando princípios éticos e técnicos para resolver problemas mais complexos. Eles devem transferir e adaptar seus conhecimentos para diferentes contextos e avaliar criticamente as ferramentas de IA.

- Nível “Criar”: Os estudantes se tornam co-criadores de soluções de IA, projetando e implementando ferramentas que resolvam desafios reais. Eles devem integrar conhecimentos técnicos e éticos, desenvolvendo aplicações inovadoras e analisando os impactos sociais da IA.

1.3. ASPECTOS

Para que a progressão nos níveis seja efetiva, é necessário um conjunto estruturado de conhecimentos e habilidades que sustentem o aprendizado da IA. Dessa forma, o referencial curricular proposto segue a recomendação ”AI Competency Framework for Students” da UNESCO (UNESCO, 2024) com adaptações, conforme previsto no próprio documento na seção 5.1.

Os aspectos são necessários para estruturar o ensino da IA, garantindo que os estudantes adquiram conhecimentos e habilidades essenciais para lidar com essa tecnologia de forma crítica e responsável. A seguir, uma explicação sobre cada um desses aspectos (Figura 2).

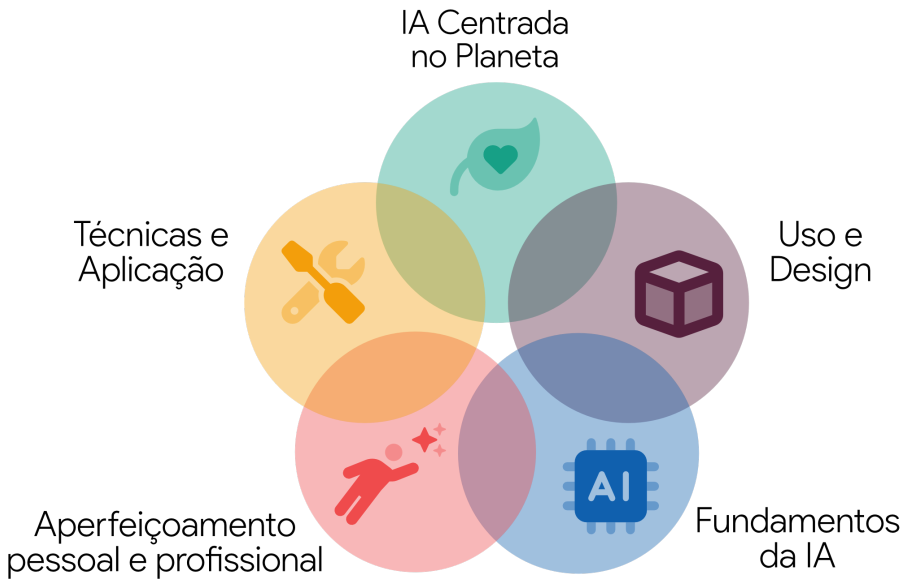


Figura 2 Aspectos da IA

Cada um desses aspectos é detalhado a seguir:

- **IA Centrada no Planeta**: enfatiza a relação entre a IA e o meio ambiente, abordando a responsabilidade humana no desenvolvimento e uso da tecnologia. A ideia de "agência humana" envolve compreender o papel das pessoas na criação e no controle da IA, podendo até a desativá-la se for necessário. Destaca a necessidade de decisões éticas no desenvolvimento e aplicação da IA, enquanto a "responsabilidade social" amplia essa perspectiva para garantir impactos positivos para todos os seres que habitam o planeta.

- **Fundamentos**: abrange as bases da IA, que são a matemática, a computação e a ciência de dados. Ou seja, tratam dos elementos teóricos que permitem

que a IA funcione. Esses fundamentos permitem que sistemas de IA sejam desenvolvidos.

- **Uso e Design:** Explora como projetar e aplicar técnicas de IA para resolver problemas reais. "Delimitação do Problema" envolve a identificação de desafios que podem ser solucionados com IA. "Arquiteturas de IA para Resolver Problemas" refere-se ao uso de modelos e ferramentas adequadas para desenvolver soluções. "criação de solução com IA" representa o estágio final, no qual os estudantes desenvolvem aplicações práticas para problemas específicos.

- **Técnicas e Aplicação:** Relacionado às abordagens e métodos usados para fazer a IA funcionar. "A IA Possui várias técnicas para resolver problemas" destaca a diversidade de técnicas de aprendizado de máquina, Processamento de Linguagem Natural e Sistemas Especialista. As técnicas são utilizadas para resolver problemas em diferentes contextos.

- **Aperfeiçoamento Pessoal e Profissional:** Prepara os estudantes para a relação entre IA e o mundo do trabalho. "mudanças no mundo do trabalho" aborda como a IA impacta as carreiras e os setores produtivos. "trabalho em conjunto com a IA" explora como humanos e máquinas podem colaborar para obter melhores resultados. Por fim, "resiliência para adaptar carreira" enfatiza a necessidade de flexibilidade e adaptação às transformações provocadas pela IA no mercado de trabalho, buscando apropriar-se da tecnologia para a continuidade de formação e o desenvolvimento de novas habilidades.

1.4. COMPETÊNCIAS E HABILIDADES

O Referencial Curricular em Inteligência Artificial, desenvolvido pelo grupo PIÁ, inclui tanto competências específicas da própria IA quanto competências de áreas relacionadas, como computação, filosofia (com foco em ética) e ciências sociais (com foco nas relações entre IA e sociedade), necessárias para ensinar sobre o tema de forma integrada e contextualizada.

Quadro 1: Competências baseadas nos aspectos adaptados de UNESCO (2024)

1	Compreender os princípios da inteligência artificial centrada no planeta, identificando riscos, implicações éticas e suas aplicações para a sociedade, analisando desafios e impactos na convivência social e nos direitos humanos.
2	Demonstrar conhecimentos sobre os fundamentos da Inteligência Artificial, incluindo conceitos básicos e princípios de funcionamento, exercendo a criticidade na análise de suas limitações, possibilidades e impactos sociais e éticos.
3	Avaliar sistemas de IA com soluções éticas para problemas reais e elaborar aplicações criativas, considerando aspectos éticos e explorando o potencial da inteligência artificial em diferentes contextos.
4	Compreender e aplicar conceitos de inteligência artificial e aprendizado de máquina, analisando suas possibilidades, limitações, impactos éticos e aplicações em diferentes contextos.
5	Relacionar a inteligência artificial ao mundo do trabalho, investigando como ela transforma profissões e contribui para o desenvolvimento de novas habilidades.

Fonte: https://ianaescola.com.br/referencial

Com o objetivo de viabilizar a aplicação prática do referencial curricular e assegurar a progressão da aprendizagem, foram estabelecidas habilidades que detalham os conhecimentos e as ações esperadas dos estudantes em cada dimensão e aspecto, considerando as competências previstas. Essas habilidades organizam, de forma clara e objetiva, os conteúdos a serem ensinados e aprendidos, servindo como referência para o planejamento pedagógico e para o acompanhamento do desenvolvimento dos alunos em diferentes etapas. As habilidades utilizadas nesta pesquisa encontram-se disponíveis no site IA@Escola[2].

Para concluir, é possível afirmar que compreender os fundamentos da IA e estruturá-los em um currículo progressivo e contextualizado é um passo necessário para garantir que os estudantes desenvolvam não apenas habilidades técnicas, mas também senso crítico e responsabilidade social diante das transformações provocadas por essa tecnologia. No entanto, para além da estrutura curricular e dos conteúdos, é preciso refletir sobre os motivos que justificam a presença da IA na educação básica. Por que ensinar IA desde os anos iniciais? Quais desafios sociais, culturais, éticos e econômicos tornam essa abordagem urgente e necessária? É a essas perguntas que o próximo capítulo se dedica, apresentando as principais razões para se abordar a IA na educação.

[2]https://ianaescola.com.br/referencial

1.5. RAZÕES PARA SE ABORDAR IA NA EDUCAÇÃO

Existem várias razões para abordar a IA na educação, sendo divididas entre o **pensar sobre a IA** e o **pensar com a IA**. Ou seja, uma educação que aborde ambos os lados, o seu entendimento e uso.

Primeiro, a IA pode auxiliar alcançar objetivos educacionais em escala e com custos mais baixos. Abordar o aprendizado incompleto e com diferentes graus de aprendizado dos estudantes é uma prioridade política, e a IA pode melhorar a adaptabilidade dos recursos de aprendizado aos pontos fortes e necessidades dos estudantes. Não apenas para trabalhos escolares, ela também pode fornecer suporte aos professores, por meio de assistentes automatizados e outras ferramentas. Também pode permitir que os professores ampliem o suporte individual, que oferecem aos estudantes, pois pode fazer esse trabalho junto ao professor. O desenvolvimento de recursos que respondam ao conhecimento e às experiências que os estudantes trazem para seu aprendizado – a sua comunidade e ativos culturais – é uma demanda urgente, e a IA pode permitir maior personalização de recursos curriculares para atender às necessidades locais. Conhecemos, através de aplicativos de uso diário (assistentes de voz, ferramentas de geolocalização, recomendações e de redação) a IA pode aprimorar os serviços educacionais. Esta razão aborda com pensar com a IA.

Em segundo lugar, a urgência e a relevância do tema se evidenciam diante da conscientização sobre os riscos sistêmicos e da apreensão quanto a possíveis ameaças futuras. Por exemplo, os estudantes podem ficar sujeitos a uma maior vigilância. Há temores sobre a automação e a substituição de mão de obra humana, exigindo um estudo sobre as novas áreas e formas de trabalho que a IA traz. Exemplos de discriminação de viés (os algoritmos estão na mente do público, como um sistema de reconhecimento de voz que não funciona tão bem com os dialetos regionais ou um sistema de monitoramento de exames que pode identificar injustamente alguns grupos de estudantes e recomendar a necessidade de ações desnecessárias). Alguns usos da IA podem ser infra estruturais e invisíveis, o que gera preocupações sobre a transparência e a confiança. A IA geralmente chega a novos aplicativos com a aura da magia, mas sem muita eficácia. A IA pode fornecer informações que parecem autênticas, mas na verdade são imprecisas ou sem base na realidade (temos vários exemplos do Chat GPT). A IA traz, também, novos riscos além dos conhecidos relacionados com a privacidade e a segurança de dados, como o risco de escalar detectores de padrões e automações que resultam em “discriminação algorítmica” (por exemplo, a injustiça sistemática nas oportunidades de aprendizado ou os recursos recomendados para algumas populações de estudantes). Esta razão aborda o pensar sobre a IA.

Em terceiro, a urgência surge devido à escala de possíveis consequências não intencionais ou inesperadas (perdas de postos de trabalhos e o surgimento de novos, que demandam novas competências e habilidades). Quando a IA permite que as decisões educacionais sejam automatizadas em escala, os educadores podem descobrir consequências indesejadas. Um exemplo simples, se a IA se adapta acelerando o ritmo curricular para alguns estudantes e diminuindo o ritmo para outros estudantes (com base em dados incompletos, teorias ruins ou suposições tendenciosas sobre o aprendizado), as lacunas de desempenho podem aumentar. Em alguns casos, a qualidade dos dados disponíveis pode produzir resultados inesperados. Em resumo, é imperativo abordar a IA na educação agora para aproveitar as principais oportunidades, prevenir e mitigar os riscos emergentes, e enfrentar as consequências não intencionais. Esta razão aborda ambos os aspectos: pensar com e sobre a IA.

No Brasil, a norma da computação foi prevista nas resoluções CNE/CP 02/2017 e CNE/CP 04/2018 em todas as etapas de ensino, porém somente no ano de 2022, o parecer da Norma sobre a Computação na Educação Básica – Complemento à Base Nacional Comum Curricular (BNCC) e as Tabelas de Habilidades e Competências foram aprovadas pelo Conselho Nacional de Educação (CNE) e em seguida homologadas pelo Ministério da Educação (MEC) e publicadas no Diário Oficial da União no dia 03 de outubro do mesmo ano. A norma, além de ser um complemento à BNCC, dá outros encaminhamentos, tais como: o desenvolvimento de currículos pelas redes, formação inicial e continuada de professores, prazo de implementação e o estabelecimento de políticas públicas (Brasil, 2022). Dentro deste contexto, o presente texto aborda o ensino de IA por meio do pensamento computacional (Brackmann, 2017), incluindo também os eixos mundo digital e cultura digital.

2. IA, PENSAMENTO COMPUTACIONAL E COMPUTAÇÃO

Assumindo o contexto das propostas da BNCC para o ensino fundamental e médio, o pensamento computacional (PC) aparece como uma metodologia para o ensino e aprendizagem de diversas áreas do conhecimento, proporcionando uma forma de abordar conteúdos e aprendizagem e estimulando a criatividade e o pensamento lógico crítico dos estudantes. Ele aborda o pensamento lógico algorítmico, a abstração, a decomposição de problemas, e o reconhecimento de padrões, podendo ser usado em disciplinas específicas e também em trabalhos inter e transdisciplinares. Ele não está restrito aos limites da computação e muito menos à Informática, pois não está vinculado a uma máquina. Assim, segundo Alan Bundy (2007), o PC inclui:

> *"habilidades comumente utilizadas na criação de programas computacionais, como uma metodologia para resolver problemas específicos nas mais diversas áreas."*

Já segundo Brackmann (2017), ele é entendido como:

> *"uma distinta capacidade criativa, crítica e estratégica humana de saber utilizar os fundamentos da computação, nas mais diversas áreas do conhecimento, com a finalidade de identificar e resolver problemas [...]"*

O PC não se resume à programação, tampouco à informática. Por abordar a computação de forma conceitual, não está nem limitado às arquiteturas das máquinas e à sintaxe das linguagens de programação. Da mesma forma, não requer o *hardware* (parte física das máquinas) e *software* (lógica), podendo ser feito tanto de forma *plugged* (plugada), ou *unplugged* (desplugada). Esta última utiliza de técnicas, jogos e atividades, que exigem o PC, e um exemplo seria usar cartas com instruções para construir um algoritmo.

A IA se afasta dos princípios da computação. Inaugurada em 1956 como uma área multidisciplinar, ela tinha o objetivo de realizar tarefas "humanas", investigando processamento de linguagem natural, redes neurais artificiais, raciocínio, criatividade e autoaperfeiçoamento e a possibilidade de um computador ser automático (isto é, se auto programar). Para isso, seria necessário ir além do cálculo e adentrar numa computação simbólica, que lida com representações e abstrações.

Tradicionalmente, a ciência da computação estuda procedimentos algorítmicos para alcançar resultados precisos, sendo uma sequência linear de tarefas que podem ser compreendidas (i.e., são explicáveis) pelo programador. A IA utiliza heurísticas, aproximações, para construir modelos capazes de se aperfeiçoar. Podendo se alimentar de uma gama de dados não estruturados e incompletos, organiza bases de dados em um conhecimento de máquina extrapola seu treinamento inicial. Assim, ela faz previsões, podendo oferecer respostas incorretas. Além disso, nem sempre ela será explicável.

As previsões de uma IA podem ser usadas para reconhecer mídia, recomendar conteúdo a partir de suas similaridades, criar categorias a partir de padrões em dados, gerar textos, entre outras funções. Assim, ela não só possui uma certa autonomia, podendo "interpretar" entradas desconhecidas, como também influenciar seus usuários. A IA não pode ser vista como uma mera ferramenta, mas como um agente dotado de objetivos e intenções que levam a realização de ações. Ela tem até mesmo um ciclo de vida, podendo ser aperfeiçoada rapidamente a partir de seus próprios resultados.

Essas características próprias nos trazem o conceito de Pensamento em IA (Vicari, 2023), que vá além da escrita de algoritmos, que seja não-sequencial, possuindo várias linhas de pensamento paralelas, e que possa lidar com resultados não determinísticos. Um pensamento que seja capaz de perceber a IA como um modelo dependente dos dados com que foi treinado, do algoritmo que o embasa, e das interações com o usuário. De forma similar ao PC, ele também é um modo de raciocinar, um que leva em consideração um conjunto de representações e de mecanismos de raciocínio correspondentes, sendo o principal o reconhecimento de padrões.

Pensar sobre a IA, ou seja, aprender como ela funciona em um nível que não seja técnico, requer metodologias, materiais didáticos, objetos de aprendizagem e atividades próprias. Da mesma forma que o PC, ela pode ocorrer de forma plugada, ou desplugada, sendo que este último pode trazer formas inusitadas e reveladoras de trabalhar com esse conteúdo.

Aprender padrões com uma grande quantidade de dados (*big data*) e prever ou gerar (IA generativa) a próxima configuração, com base em estatísticas, foi o que deu origem à linha da IA chamada de IA generativa. Esta é a IA que vem causando um grande espanto atualmente. Ela deu origem aos vários *Chats* (GPT, Bard, Bing, PDF, entre outros) e aos sistemas que geram imagens e ver simulam a nossa voz, em diferentes línguas. Mas, os LLMs (*Large Language Model*) funcionam, basicamente, da seguinte maneira: durante o treinamento, que pode durar meses

e custar dezenas de milhões de dólares, esses modelos[3] recebem a tarefa de preencher lacunas em frases retiradas de milhões de livros e de uma fração significativa do conteúdo presente na internet. Eles fazem essa tarefa repetidamente. Eles são treinados para serem máquinas de preenchimento automático de lacunas. O resultado é um modelo que transformou muitas das informações escritas do mundo em uma representação estatística de quais palavras têm mais probabilidade de seguir outras palavras, capturadas em bilhões e bilhões de valores numéricos. Um modelo treinado exclusivamente com texto só aprenderá a forma de uma linguagem, não seu significado. O significado consiste em duas partes: as **palavras** (que podem ser escritas ou sons) e a **razão** pela qual essas palavras foram proferidas. As pessoas usam a linguagem com várias finalidades, como compartilhar informações, contar piadas, alertar alguém de um perigo e assim por diante. Despojado desse contexto, o texto usado para treinar LLMs permite que eles imitem os padrões da linguagem, bem o suficiente, para que as frases geradas pelo LLM pareçam exatamente com frases escritas por um humano. Sem um significado real por trás delas, tudo se resume a um truque estatístico — a mágica está na matemática. Mesmo sem propósito, esses sistemas funcionam tão bem que chegam a passar no teste de Turing. Esta forma de se fazer IA confunde pessoas que foram formadas na IA clássica (GOFAI - *Good Old Fashion AI*). Essas pessoas se perguntam: "a IA ainda está aí?".

Mesmo funcionando desta forma, estes sistemas nos desafiam, pois chegam muito perto de várias das habilidades, até então, consideradas um privilégio dos humanos. Prometendo ser uma tecnologia, que irá complementar a ação humana, a chegada de novos agentes de IA não pode ser antropomorfizada[4]. A IA generativa, por exemplo, não tem consciência dos textos ou das fotografias que gera, embora o Chat GPT já tenha mentido para humanos em algumas situações específicas (caminhamos para máquinas sencientes?). Torna-se necessário um pensar com a IA, uma capacidade de trabalhar em conjunto com essa tecnologia, o que certamente levanta muitas questões éticas que ainda estão sendo discutidas. A União Europeia aprovou uma das primeiras legislações no mundo que contempla a regulamentação da IA, em particular. Outros países também estão em processo com suas respectivas regulações com diferentes aspectos (Estados Unidos da América, Coreia do Sul, Índia e Brasil, por exemplo)

[3]Os modelos possuem uma visão reducionista do mundo. “Modelos são opiniões embutidas na matemática” (Fonteles, 2024) e, portanto, é pertinente a pergunta sobre quem projetou este modelo e qual o seu objetivo.

[4]Atribuir características, comportamentos ou emoções humanas a seres não humanos — como animais, objetos ou sistemas.

A IA trata das ideias básicas por trás da IA cognitiva (baseada no conhecimento e raciocínio), do aprendizado de máquina (baseado em muitos dados), e da IA Generativa (baseada no aprendizado de máquina/*machine learning*). A IA cognitiva, a mais antiga, também é a mais explicável. É possível acompanhar o processo de raciocínio realizado sobre os dados e, com isso, explicar as previsões realizadas. A IA da ML necessita, ainda, de muitos dados para aprender. Os dados trazem vieses distintos. Os algoritmos ficaram complexos (baseados em Redes Neurais com muitas camadas intermediárias) e a confiabilidade e a explicabilidade se tornaram muito difíceis de serem obtidas. Mas, é esta a IA que gerou a quebra de paradigmas. Esta IA só é possível devido aos avanços do hardware (processadores mais potentes) que permitiram a execução de algoritmos com muitos dados. A IA generativa aprofunda ainda mais estes efeitos indesejáveis. Ela avançou o tipo de previsão do sim ou não (da ML) para gerar o próximo evento (palavras, sons e imagens). Este próximo evento pode ser verdadeiro ou falso, mas será, na maioria das vezes, credível.

Os sistemas de IA, de forma similar ao PC, também tem muito a oferecer em relação à resolução de problemas genéricos, pois possui um conjunto de representações e de mecanismos de raciocínio correspondentes, que podem ser aplicados para resolver problemas genéricos. O principal é o reconhecimento de padrões. Este aspecto liga o PC à IA desplugada.

Essas representações utilizam dados que podem ser categorizados (classificados), com base em padrões aprendidos à medida que o sistema é treinado. Por exemplo, um conjunto de imagens de gatos representando um padrão do que é um gato. A capacidade do sistema de reconhecer imagens de gatos cresce à medida que as novas imagens de gatos (e também de não-gatos) são apresentadas ao sistema (ver Figura 3).



Figura 3. Exemplos de imagens de gatos usadas no treino

Estes dados são utilizados toda a vez que o programa precisar de reconhecer (classificar um elemento) como sendo um gato. Ou seja, juntando os dados e o raciocínio, a IA vai produzir uma previsão quando lhe apresentamos uma nova imagem: é um gato, não é um gato, ou pode ser um gato, mas pode também ser um rato (respostas sim ou não).

Quando aparece a incerteza, alguns sistemas de IA associam a previsão a uma probabilidade: é um gato com 70% de probabilidades e um rato com 20% de probabilidade, por exemplo. Com este grau de imprecisão[5], podemos concluir que este sistema de IA não está, ainda, bem treinado. Note-se que a conclusão/previsão foi obtida com a falta de dados.

2.1. O LETRAMENTO EM IA

Letramento refere-se à incorporação funcional das habilidades envolvidas na leitura, escrita e interpretação de textos — ou seja, uma condição adquirida por quem as pratica. Diversos centros de pesquisa têm investigado o letramento em IA, como evidenciam os estudos de Long *et al.* (2020), Chiu (2023) e Chiu *et al.* (2024). **No contexto da IA, o termo diz respeito à capacidade de compreendê-la, utilizá-la e avaliá-la de maneira crítica e funcional.** Esses autores associam o conceito à aprendizagem sobre dados, algoritmos e modelos. A imagem a seguir ilustra que os modelos de IA se fundamentam em duas bases principais: dados e

[5]Precisão, na área de IA, indica, entre todas as vezes que o sistema disse que algo era verdadeiro (por exemplo, que uma imagem mostra um gato), quantas vezes ele realmente acertou. É uma medida de “quantos acertos houve nas respostas positivas dadas pelo sistema”.

algoritmos. Sem esses pilares, não é possível construir modelos como o representado na Figura 4.



Figura 4. Os três letramentos da Inteligência Artificial

Utiliza-se o termo “letramento”, pois parece ser o mais adequado na língua portuguesa, embora, internacionalmente seja utilizado o termo alfabetização (Miao, 2022). Defendemos o Pensamento em IA que contempla **pensar sobre a IA e pensar com a IA**, termo inspirado no Pensamento Computacional proposto por Papert (1980) e repercutido por Wing (2014) como uma forma de torná-la integrante da educação em computação básica. As atividades propostas podem trazer muito para o ensino de outras disciplinas pois trata da resolução de problemas, mesmo sem ensinar aos estudantes as técnicas específicas de IA. Isso é verdade, tanto para o Pensamento em IA plugado, quanto desplugado. Para além disso, compreendendo o espírito da IA, os estudantes podem melhorar as suas habilidades para trabalhar em equipes mistas, ou seja, compostas por humanos e máquinas. Esta equipe pode resolver problemas ou mesmo tomar decisões conjuntas e melhorar seu desempenho (Klumpp *et al.*, 2020).

O Pensamento em IA favorece o desenvolvimento do letramento específico nessa área. Isso não implica, no entanto, uma sobreposição total com o letramento digital. Este pode ser considerado um conhecimento prévio ou complementar, que pode ocorrer paralelamente ao letramento em IA. Por outro lado, um letramento digital voltado à computação pode abranger elementos do letramento em IA — assim como este, por sua vez, pode incorporar aspectos do letramento digital, conforme ilustrado na Figura 5.

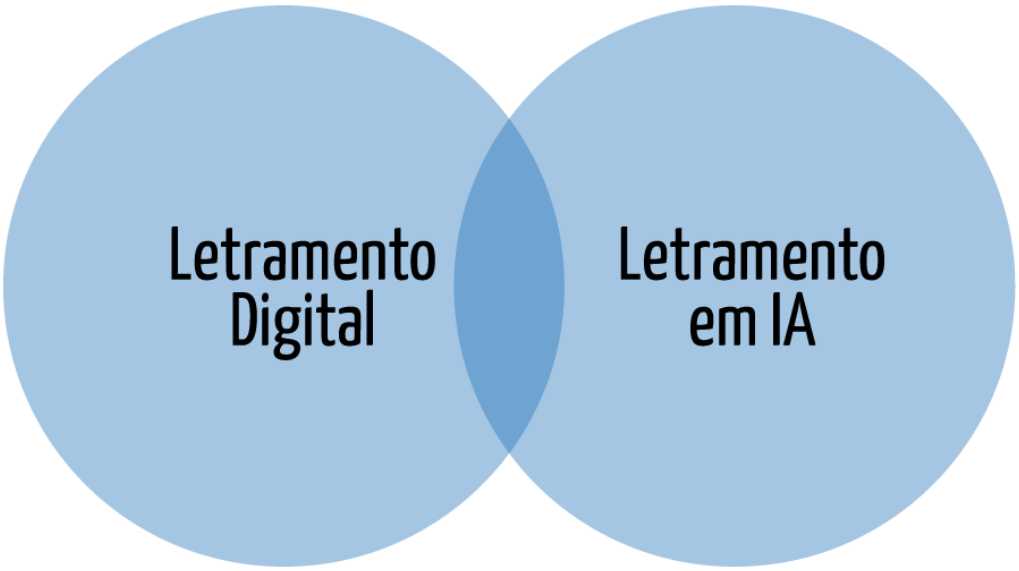


Figura 5. Relação entre os letramentos

O **letramento em dados** refere-se ao processo de coleta, limpeza, manipulação e análise de dados. Algumas discussões apresentadas incluem a propriedade e a proteção dos dados, os mecanismos de coleta de dados, a defesa da privacidade e até a autodeterminação informativa, direitos do cidadão trazidos pelas legislações de proteção de dados. Ou seja, a compreensão de como, quando e onde os dados são coletados, onde são armazenados, como e por quem são organizados, quais os efeitos desse processo e quais as outras possibilidades de fazê-lo. Os dados geram conhecimento e o conhecimento permite aos algoritmos tomar decisões (conhecimento é poder).

O **letramento em algoritmos** inclui questões que contemplam: entender como os algoritmos de IA encontram padrões e conexões nos dados e quais os algoritmos podem ser usados para a interação humano-computador. Com isso, pode-se endereçar discussões mais profundas sobre o impacto da IA; o que ela pode ou não pode fazer; quando ela é útil e quando seu uso pode ser questionado; e, como a IA pode ser direcionada para o bem público. Ou seja, não só a compreensão do que é um algoritmo, mas também como ele é construído e qual o impacto que produz na vida quotidiana das pessoas.

O **letramento em modelos**: o modelo é o resultado da aplicação de um algoritmo de IA a um conjunto de dados. Atualmente a IA usa modelos simbólicos (lógica) ou modelos estatísticos (matemática). Existe um movimento por gerar modelos computacionalmente viáveis, baseados na neurociência (a IA que imita o cérebro). Certamente, também existem abordagens mistas, como neuro simbólicas ou simbólicas e estatísticas. O letramento em modelos envolve os dois anteriores, mas também, a educação para o uso e o desenvolvimento consciente da IA.

2.2. INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL DESPLUGADA

A IA está se tornando cada vez mais integrada nas nossas experiências quotidianas, mas falta a compreensão do que é a IA, por parte da sociedade em geral (dentre estes os professores e estudantes). Esta falta de entendimento abre portas para questões como a má compreensão da utilização de dados pessoais pelos algoritmos on-line, a falta de supervisão da utilização da IA por corporações poderosas e pelo governo, e ineficiência à medida que a IA se integra nos locais de trabalho e nas escolas. Ainda, a IA, como é hoje, traz com ela um custo ambiental elevado em termos de energia gasta para treinar os modelos, para executar as consultas e no uso de água para refrigerar os processadores. Este livro de atividades tem um desafio: "como realizar a alfabetização em IA, por meio de experiências de aprendizagem informais presentes no dia a dia das pessoas, de forma desplugada".

Ao assumirmos a IA desplugada, abrimos espaço para a utilização da proposta da BNCC da “mão na massa”, ou cultura digital (CD), pois as atividades utilizadas para se entender os conceitos fundamentais da IA podem ser apresentados na forma de jogos ou atividades lúdicas. Ou seja, neste texto, PC e CD estarão juntos.

Visando atender a este desafio de pesquisa e entendimento da IA, surge esta proposta de IA para todos. Ou seja, não é necessário fazer uso de tecnologias, pois o foco é a IA desplugada. Ainda, este livro serve para todas as idades. O foco é para a educação, mas não só. O desafio é que as pessoas não relacionadas diretamente com a computação e com a IA, consigam entender do que trata a IA mesmo conhecendo a complexidade que isso envolve.

A IA desplugada surgiu para permitir o letramento em IA, sem expor estudantes muito jovens às telas. Mas, em países como o Brasil, a IA desplugada serve também para proporcionar equidade no ensino. Ou seja, na realidade atual das escolas brasileiras, nem todas têm acesso aos equipamentos e à internet com a qualidade necessária para que os estudantes possam experimentar sistemas de IA. Logo a IA desplugada, além de poder ser abordada em qualquer faixa etária, também proporciona equidade de acesso a este conhecimento.

Dentro deste contexto, este documento apresenta um conjunto de aspectos (captura de dados, raciocínio e conhecimento, aprendizado de máquina, comunicação humano-IA, IA e sociedade e Ética no uso e no desenvolvimento da IA, que é transversal às demais aspectos) que esta equipe considera essenciais para a alfabetização em IA, um conjunto de considerações para projetar intervenções de aprendizagem para a alfabetização em IA e um conjunto de habilidades (outcomes) que o leitor pode adquirir ao final do estudo.

As atividades propostas são todas desplugadas (ou seja, sem necessidade do uso de máquinas ou internet) visam o entendimento dos conceitos considerados necessários para o letramento em IA em casa ou na sala de aula. Nossa metodologia utiliza métodos de aprendizagem ativa, buscando a aprendizagem em todo o lugar. As atividades também trarão questões de ética, de justiça e de equidade para a educação em IA, uma área emergente, mas já muito necessária (Blakeley, 2019). Estas componentes não técnicas permitem educar para uma visão do desenvolvimento de tecnologias centradas no planeta. Além disso, as habilidades da Computação previstas na BNCC, incluindo o eixo Pensamento Computacional, sustentam o trabalho em IA desenvolvido por esta equipe.

O trabalho é suportado por pesquisas e avaliações baseadas em evidências, de que é possível realizar a letramento em IA sem o uso de máquinas e internet. Entende-se que o nível de alfabetização, em IA, esperado dos estudantes da educação infantil, fundamental e médio varie muito (Su.Zhong., 2022), espera-se que as crianças estejam familiarizadas com os conceitos fundamentais da IA (Su, Zhong, 2022), os estudantes do ensino médio tenham uma compreensão maior sobre a IA, sendo capazes de utilizar aplicações para resolver problemas escolares e também, tenham pensamento crítico a respeito das previsões, recomendações e decisões realizadas por estes sistemas (Shamir; Levin, 2022). A fim de melhorar a compreensão dos adolescentes sobre a alfabetização em IA, existem propostas de currículos de IA projetados especificamente para o ensino médio, baseado na proposta do Pensamento Computacional e que utiliza a IA do dia a dia, como (Vicari et al., 2032). Para o ensino infantil (Kandlhofer et al. 2016), utiliza uma abordagem de aprendizagem baseada na descoberta e na pesquisa, e incorpora atividades de narração de histórias. Este autor defende que conceitos fundamentais de IA podem ser ensinados a estudantes do jardim de infância. Como este texto propõe a alfabetização em IA sem o uso de máquinas, as atividades podem também serem utilizadas no ensino pré-escolar, pois evita a exposição a telas, recomendada pela organização mundial da saúde, para faixas etárias abaixo de 12 anos.

A equipe envolvida neste texto, em 2024, desenvolveu um projeto de capacitação de professores do Estado do Piauí. A Iniciativa, pioneira no Brasil, é bastante audaciosa. O Estado criou a disciplina regular de IA, no ensino médio. A abordagem da capacitação dos professores seguiu a proposta da IA conectada. Para tal foram utilizadas tecnologias de IA, que se encontram disponíveis para uso sem custos. Prioritariamente, foi utilizada a IA do dia a dia. Ou seja, aquela presente nos celulares, que opera em nuvem, ou através de app. O objetivo da capacitação foi o de gerar a autonomia do professor para que ele consiga independência para criar seus conteúdos que envolvem o letramento em IA, independentemente da tecnologia disponível no momento.

Ainda, a IA pode ser inclusiva. Por exemplo, plataformas de aprendizagem personalizadas baseadas em IA analisam o desempenho individual dos estudantes, as preferências e o ritmo de aprendizagem. Isso permite que os educadores adaptem o conteúdo instrucional e as estratégias para atender às necessidades específicas de cada aluno (Murray, 2018).

O reconhecimento de fala alimentado por IA e as tecnologias TTS (*text-to-speech technology*) auxiliam os estudantes com diversas habilidades de aprendizagem, como aqueles com dislexia ou deficiências de fala. Estas ferramentas facilitam um ambiente de sala de aula mais inclusivo, convertendo a linguagem falada em texto escrito e vice-versa (Kerly; Bull, 2008).

Sistemas adaptativos de avaliação e feedback baseados em IA avaliam o conhecimento e as habilidades dos estudantes, fornecendo feedback em tempo real e adaptando o nível de dificuldade com base no desempenho individual. Isto garante que as avaliações sejam adaptadas às capacidades de cada aluno, promovendo um processo de avaliação mais inclusivo (Baker *et al.*, 2010).

Os aplicativos de RA (Realidade Aumentada) podem melhorar a acessibilidade, fornecendo suporte virtual e informações adicionais. Por exemplo, a RA pode oferecer interpretação em linguagem gestual ou exibir informação suplementar relacionada com atividades em sala de aula, beneficiando estudantes com diversas necessidades de aprendizagem (Sánchez *et al.*, 2018).

Tecnologias de reconhecimento de emoções, baseadas em IA, podem ajudar os professores a compreender os estados emocionais dos estudantes. Isto é particularmente valioso no apoio aos estudantes com autismo ou distúrbios emocionais, ajudando a criar um ambiente de aprendizagem mais empático e inclusivo (Picard *et al.*, 2001).

Ou seja, a IA pode contribuir para a identificação precoce de dificuldades e deficiências de aprendizagem. Ao analisar padrões de desempenho e comportamento dos estudantes, os sistemas de IA podem sinalizar potenciais desafios, permitindo que os educadores intervenham precocemente e forneçam apoio direcionado. Essa abordagem proativa ajuda a prevenir contratempos e garante que todos os estudantes recebam a assistência necessária para obter o melhor desempenho possível.

Como no primeiro livro (Inteligência Artificial na educação básica) seguimos os princípios de que é importante “Pensar com a IA”, ou seja, usar a IA para resolver problemas e “Pensar sobre a IA”, ou seja entender como a IA resolve os problemas e como ela impacta a sociedade.

2.3. METODOLOGIA

O letramento em IA aborda um conjunto de aspectos que permite aos leitores identificar sistemas de IA; avaliar criticamente as tecnologias de IA; comunicar e colaborar, de forma eficaz, com IA; entender como a IA resolve os problemas nos quais está sendo utilizada; e usar a IA como tecnologia online, quando necessário e disponível. As competências contempladas são baseadas na proposta da UNESCO (2024) e também fruto de uma revisão bibliográfica e da nossa experiência enquanto grupo de pesquisa e ensino da IA.

As habilidades foram todas desenvolvidas pelo grupo de pesquisa e possuem verbos associados, que expressam o grau de profundidade que o estudante necessita ter, em cada momento, para adquirir as habilidades relacionadas no tema. O letramento segue uma progressão de aprofundamento nos temas da IA. Estes verbos fazem parte da taxonomia de Bloom e são descritos a seguir, no contexto da IA (a UNESCO utiliza apenas 3 verbos). A taxonomia deve ser entendida de forma hierárquica, a saber (criar é o estado “mais alto” da taxonomia e, no nosso caso, compreender o “mais baixo”):

- Criar: produzir ou projetar algo novo, por exemplo, propor um novo produto (app) de IA; desenvolver soluções para problemas do dia a dia e recomendar novas legislações para o uso de sistemas de IA.
- Aplicar: usar informações em novas situações, por exemplo, aplicar algoritmos clássicos da IA para um determinado contexto.
- Compreender: ser capaz de explicar ideias e conceitos, por exemplo, entender algoritmos clássicos da IA ou uma teoria que fundamente um algoritmo clássico de IA.

Os três componentes do letramento em IA, (dados, algoritmos e modelos) apontam as **dimensões específicas para a IA** que serão tratadas nesta proposta de referencial curricular, que são:

- Percepção/atuação: como as máquinas percebem e atuam no mundo. Agentes inteligentes possuem formas de interagir com humanos - ou com outros sistemas - de maneira mais natural, através de textos, da fala, de imagens ou de movimentos). Desta forma, a coleta de dados é feita de maneira automática.
- Representação e raciocínio: máquinas usam representações do mundo - projetadas por desenvolvedores - ou adquiridas através do treinamento com

os dados e as utilizam para raciocinar e tomar decisões que influenciam o mundo.

- Aprendizado de máquina: os computadores conseguem aprender modelos para raciocínio e tomada de decisão a partir de dados. Nos últimos anos a IA tem focado, ainda mais, em novas formas de representação do mundo, isto é, passaram de modelos projetados pelos desenvolvedores, para modelos aprendidos a partir dos dados ou híbridos.

- Impactos sociais: a IA tem impactos que assumem formas positivas e negativas na sociedade, distinguindo seu uso e desenvolvimento ético e responsável, incluindo ainda, questões legais, confiança e *explicação* e *explanação*. Pensar sobre a IA ajuda a construir o pensamento crítico dos estudantes.

- Ética no uso e no desenvolvimento da IA: essa componente perpassa todos os anteriores, educar os estudantes para o uso ético e consciente da IA, alertando para seus benefícios e também, para que seus riscos sejam evitados é um dos principais objetivos deste texto.

Estas dimensões estão distribuídas por temas que buscam desenvolver habilidades ligadas à IA. Ainda, é importante salientar, que os exemplos apresentados neste texto não esgotam as habilidades presentes no endereço https://www.ianaescola.com.br/referencial. O objetivo é motivar o professor para que crie suas próprias atividades de acordo com as habilidades que deseje trabalhar.

Embora ética, *explicação* e *explanação* em IA sejam características de design de programas de IA e, este livro, por focar na IA desplugada, não aborda programação explícita. Algoritmos é um tema que é tratado nas atividades práticas. Logo, estas características do design da IA também o serão.

Estes exemplos podem ser utilizados, para se entender princípios básicos da IA, em qualquer idade. No entanto, a complexidade de como são tratados os conceitos está focada no ensino Básico. O ponto forte é que, como não necessita de exposição à equipamentos, adequa-se às recomendações da UNESCO e da Organização Mundial da Saúde (que sugerem evitar telas até os 12 anos) quanto ao uso de tecnologias digitais, por crianças[6].

Ao final de cada atividade são propostas perguntas de avaliação do conhecimento adquirido na atividade. Lembrando que a metodologia de trabalho, prática, com a

[6]OMS divulga recomendações sobre uso de aparelhos eletrônicos por crianças: http://euvou.net/87cg

estas competências e habilidades é o PC, pois a opção é a abordagem da IA de forma desplugada. Além disso, para cada tópico de IA tratado, os apêndices deste documento apresentam sugestões de pré e pós-testes que podem ser aplicados aos estudantes, a fim de avaliar seus conhecimentos antes e depois do estudo.

3. RECONHECENDO A INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

A Inteligência Artificial (IA) surgiu na década de 1950 como uma área da Computação e, desde então, tem demonstrado sua natureza multidisciplinar e interdisciplinar. Ao longo dos anos, passou por altos e baixos, períodos chamados de primaveras e invernos da IA[7]. Atualmente, com o crescimento do aprendizado de máquina baseado em grandes volumes de dados (big data) e com o desenvolvimento dos grandes modelos de linguagem (LLMs)[8], a área vive um período de primavera. A popularização dos chats tornou a IA mais tangível ao público, mas é fundamental reconhecer que, além do aprendizado de máquina e dos LLMs, persiste a IA simbólica, baseada em conhecimento e na sua representação, já que o surgimento de novas abordagens não elimina as anteriores. Independente das classificações adotadas, a IA é uma realidade cotidiana, exigindo das pessoas uma comunicação clara com as máquinas para obter auxílio e negociar decisões.

Até o momento, a resposta para o que é a IA é tão evasiva quanto a pergunta é simples. Muitos pesquisadores da área ao redor do mundo tentaram chegar a uma definição sólida com a qual todos concordassem, mas nunca pareceram encontrar consenso. Não existe uma linha vermelha clara, mas sim um continuum de características que qualificamos o que consideramos inteligência artificial e onde a "mágica" acontece. Ou seja, há muito caminho entre a matemática e a mágica. À medida que a IA se torna mais sofisticada e diversificada, algumas tecnologias, como o reconhecimento óptico de caracteres (*Optical Character Recognition - OCR*), que já foram amplamente consideradas como sendo uma "IA", já não o são, embora empreguem métodos manuais de IA. Isto mostra que as tecnologias de IA estão se desenvolvendo em um ritmo rápido e que provavelmente surgirão técnicas e aplicações adicionais no futuro. Por outro lado, os chats (LLMs) tornaram o conceito de IA mais concreto para o público. Atualmente, se perguntarmos para a maioria das pessoas o que é a IA, provavelmente a resposta será: "Chat GPT". Mas, como visto na introdução, os LLMs são estatísticos, não possuem raciocínio, que é uma das dimensões da IA.

[7] Linha do tempo da IA: http://euvou.net/evolucaoia

[8] Grandes Modelos de Linguagem (*Large Language Models* - LLMs) são sistemas de IA capazes de compreender e gerar linguagem natural, semelhante à humana, através de técnicas de aprendizado automático.

Mesmo considerando essas questões e reconhecendo que o tema é complexo, este livro apresenta uma definição atual de IA, ainda que nem todos os leitores concordem com ela:

> Um sistema de IA é projetado para máquinas que, para objetivos explícitos ou implícitos, inferem a partir da entrada que recebe, como gerar previsões, conteúdo, recomendações ou decisões que podem influenciar ambientes físicos ou virtuais. Diferentes sistemas de IA, variam em seus níveis de autonomia e adaptabilidade após sua implantação

Esse conceito, proposto por Russell, Perset e Grobelnik (2023), destaca as mudanças pelas quais a Inteligência Artificial passou ao longo de sua existência. Inicialmente, afirma que a IA é projetada especificamente para máquinas, diferenciando-se de definições anteriores que tomavam a inteligência humana como referência. Ou seja, a inteligência das máquinas e a dos humanos são vistas como fenômenos distintos. Além disso, o conceito esclarece que os sistemas de IA possuem objetivos, que podem ser tanto explícitos—programados pelos desenvolvedores—quanto implícitos, adquiridos por meio do aprendizado a partir dos dados recebidos, um avanço possível com o surgimento do aprendizado profundo (*deep learning*).

Outra característica enfatizada é que os sistemas de IA produzem previsões, que podem ser completas, incompletas, corretas, parcialmente corretas ou incorretas. Considera também a IA generativa, cuja produção pode envolver conteúdos, recomendações (como as vistas em redes sociais e plataformas de vendas online) ou decisões que afetam ambientes físicos—incluindo nós, humanos—ou virtuais, influenciando outros sistemas computacionais e robôs. De fato, já existem protótipos de robôs comandados por grandes modelos de linguagem (LLMs).

Por fim, a definição reconhece que o grau de inteligência dos sistemas de IA pode variar significativamente, dependendo diretamente da complexidade do problema enfrentado.

Assim, a IA é um termo abrangente que engloba tecnologias capazes de fazer os computadores executarem tarefas que, se feitas por pessoas, consideraríamos inteligentes—como reconhecer rostos, compreender fala, conduzir veículos, formular frases, responder questões ou gerar imagens, entre inúmeras outras aplicações possíveis. Contudo, até mesmo essa definição guarda em si uma ampla diversidade de abordagens e possibilidades.

Retornando ao caso dos chats, sabemos que eles geram textos e respondem perguntas com base em modelos que aprenderam somente a estrutura da linguagem, sem compreender realmente os significados envolvidos. Em outras palavras, esses sistemas apenas imitam o comportamento humano ao escrever, enquanto os humanos, por sua vez, usam as palavras com propósitos reais e conscientes.

Então, lembre-se sempre que **comportamento** e **inteligência** são coisas diferentes. Construímos máquinas com comportamento semelhante ao humano, mas não nos livramos do hábito de imaginar uma mente semelhante à humana por trás delas. Mesmo pesquisadores que defendem a não utilização de termos antropomórficos para falar sobre a IA, caem na armadilha.

De forma simplificada, podemos entender a IA como um **modelo** criado para cumprir uma função específica, como classificar imagens, gerar textos ou prever comportamentos. Esse modelo é construído a partir da aplicação de um **algoritmo clássico**[9] — como redes neurais recorrentes ou técnicas de clusterização — sobre um conjunto de **dados**[10]. Embora interajamos com esses modelos por meio de plataformas, sites ou programas, o que os sustenta são justamente os algoritmos e os dados. Por isso, ao refletir sobre a IA, vale a pena decompor os sistemas que utilizamos: o modelo é, essencialmente, o resultado da aplicação de um algoritmo de IA a um determinado conjunto de dados.

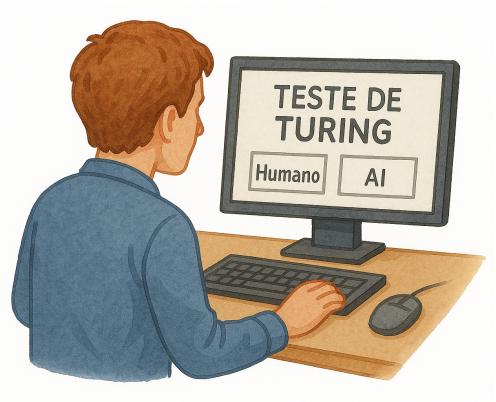
Os programas de IA precisam de dados de entrada para aprender sobre o mundo e tomar decisões. Uma maneira pela qual a IA coleta dados é por meio do uso de sensores. Dispositivos de IA – especialmente dispositivos robóticos – também são capazes de agir no mundo de diferentes maneiras usando atuadores.

Essa definição também evidencia os desafios atuais da IA, especialmente a dificuldade em explicar as previsões que ela produz. Esses problemas ganharam destaque com o avanço do aprendizado de máquina profundo, o uso massivo de dados e a capacidade dos sistemas de estabelecerem objetivos implícitos. Ou seja, tanto o aprendizado de máquina quanto, mais recentemente, os modelos de linguagem levantaram questões éticas relevantes para o uso e o desenvolvimento da IA, especialmente no contexto educacional.

[9]Algoritmos clássicos: uma sequência finita de instruções que descrevem como resolver um problema ou executar uma tarefa. Os algoritmos de IA se diferenciam, pois podem aprender e alterar essas sequências.

[10]Dados são valores, fatos, números ou palavras que servem de base para gerar informações, podendo ser coletados a partir de diversas fontes.

ATIVIDADE: O TESTE DE TURING



O Teste de Turing (1950) proposto pelo matemático e pioneiro da computação Alan Turing e, representou um marco fundamental no campo da IA. Proposto como uma maneira de abordar a questão "Podem as máquinas pensar?", o teste desafia a capacidade das máquinas de exibir comportamento inteligente indistinguível do comportamento humano. Cabe lembrar que atualmente os grandes sistemas de linguagem (LLM) conseguem manter uma boa comunicação com os humanos. O teste de Turing está sendo abordado neste contexto, por razões históricas.

Ao estabelecer critérios para avaliar a IA, o Teste de Turing não apenas impulsionou o desenvolvimento de sistemas computacionais mais sofisticados, mas também provocou debates sobre a natureza da mente, da consciência e da própria inteligência.

Para entender o significado, Turing propõe um teste similar ao "Jogo da Imitação", em sua concepção original, envolve a interação entre três agentes: **um agente interrogador** e **dois agentes respondentes**, um dos quais é um ser humano e o outro é uma máquina (computador).

O agente interrogador envia uma pergunta para ambos os agentes respondentes, que devem enviar de volta suas respostas. Com base nas respostas recebidas, o agente interrogador tenta determinar qual dos dois é o humano e qual é a máquina. Tanto as perguntas quanto as respostas podem ser elaboradas pelos alunos no momento do jogo, ou serem elaboradas, previamente, pelo professor e entregues aos respectivos agentes, no início do jogo.

Quando o agente interrogador não consegue mais fazer essa distinção, considera-se que a máquina passou no teste. Um exemplo é o GPT-4.5, modelo da OpenAI, que em um estudo da Universidade da Califórnia em San Diego foi identificado como humano em 73% das interações, superando os próprios participantes humanos. Esse desempenho fez com que ele se tornasse o primeiro sistema de IA a passar em um teste de Turing padrão[11] (ver Figura 6).

[11]"ChatGPT 4.5 passou no teste de Turing, indica estudo": http://euvou.net/xzg5

Veja um exemplo simples:

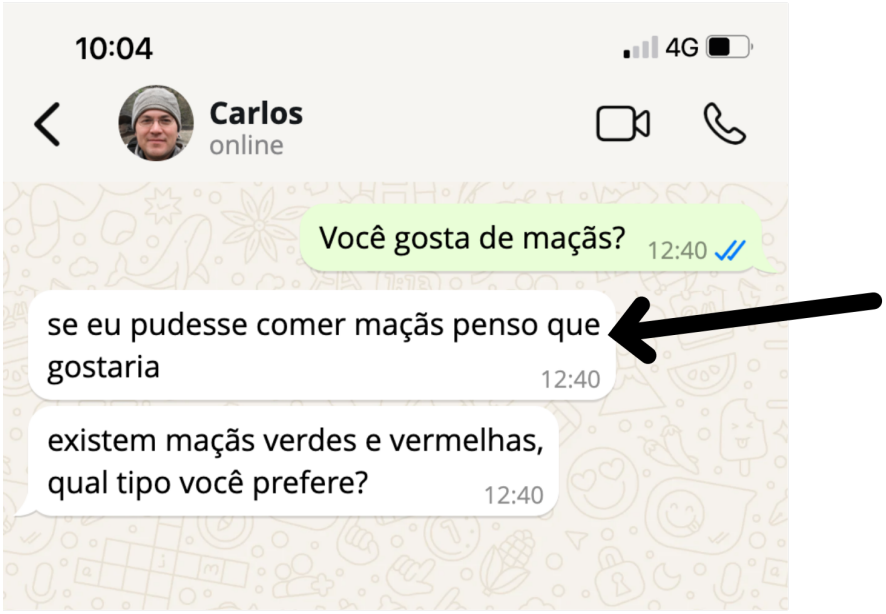


Figura 6 Teste de Turing com ChatGPT

Vejam que a resposta indicada com uma seta deixa em dúvida a pessoa que não sabe que está falando com uma máquina. Quem responde pode ser alérgico às maçãs. Será que Carlos é uma pessoa ou uma máquina?

A atividade tem como objetivo provocar reflexões sobre a capacidade das máquinas de imitarem o comportamento humano e estimular o debate sobre os limites da inteligência artificial. Veja as informações que organizamos para você:

Perguntas Norteadoras	• O problema está em entendermos o que significa para as máquinas gerarem fala ou escrita de uma frase? • Que tipos de tarefas poderíamos pedir para que essas máquinas fizessem? • O quanto devemos confiar nas máquinas para fazê-las? • Quanto custa em termos ecológicos utilizar essas facilidades da IA?
Metodologia	A atividade visa a progressão com o verbo ”compreender” (taxonomia de Bloom) a IA. A seguir são apresentados os aspectos e as habilidades que podem ser desenvolvidas com a atividade.
Materiais	Folha de papel e lápis

Tópicos explorados	- Os sistemas de IA utilizam estratégias específicas para simular o comportamento humano. - A elaboração de perguntas adequadas é fundamental para avaliar a inteligência de uma máquina. - No teste, tanto as respostas do humano quanto as do "computador" (representado por um aluno) devem ser analisadas com atenção, buscando identificar padrões e diferenças sutis.
Aspectos	IA centrada no planeta e Aperfeiçoamento pessoal e profissional
Habilidades do RC em IA	EF15IA16 - Compreender os impactos da IA nas relações sociais EF69IA03 - Conhecer os limites teóricos da Computação e da Inteligência Artificial EF15IA01 - Reconhecer sistemas de Inteligência Artificial em diferentes contextos, compreendendo suas características, funcionalidades e impactos na sociedade, além de diferenciá-los da inteligência humana
Habilidades BNCC (Computação)	EF15CO08 - Utilizar tecnologias para acessar informações e resolver problemas EM13CO05 - Identificar os limites da Computação para diferenciar o que pode ou não ser automatizado, buscando uma compreensão mais ampla dos limites dos processos mentais envolvidos na resolução de problemas. EM13CO10 - Conhecer os fundamentos da Inteligência Artificial, comparando-a com a inteligência humana, analisando suas potencialidades, riscos e limites. EM13CO14 - Avaliar a confiabilidade das informações encontradas em meio digital, investigando seus modos de construção e considerando a autoria, a estrutura e o propósito da mensagem.

Preparação

A atividade deve ser realizada em grupo, com no mínimo três participantes, sendo ideal para aplicação em sala de aula. Dois estudantes assumem papéis distintos: um representa o ser humano e o outro simula o computador. Ambos responderão às mesmas perguntas feitas pelos colegas, que tentarão identificar quem é quem com base nas respostas recebidas.

Os papéis são definidos secretamente pelo professor antes do início da atividade. Os dois participantes devem ser posicionados em locais separados — em salas

distintas, atrás de divisórias ou em cantos opostos da sala — de modo que não possam ver nem ouvir a discussão dos demais.

A proposta pode ser desenvolvida de forma totalmente desplugada, com folhas de papel e lápis, ou com o uso de ferramentas offline, como editores de texto no PowerPoint ou LibreOffice, sem necessidade de conexão à internet.

Para simular uma interação com uma IA mesmo em ambientes offline, o professor assume um papel de curador. Antes da aula, ele prepara um roteiro de perguntas e utiliza uma IA para gerar as respectivas respostas. Durante a dinâmica em sala, um estudante é designado para ser o 'sistema', cuja tarefa é fornecer as respostas previamente salvas, agindo como se fosse a máquina. Dessa forma, a turma pode vivenciar a interação sem depender de uma conexão ativa com a internet. Exemplo de perguntas: “Como você se sente hoje?”, “Responda quanto são 2+2?", “Quantos estados têm o Brasil?”, “Você gosta de estudar?”, entre outras.

Caso uma conexão com a internet esteja disponível, o aluno que representa a máquina, pode interagir diretamente com um sistema de IA durante a atividade para responder os questionamentos da turma, sem a necessidade de uma curadoria por parte do professor. Ao final, se os colegas não conseguirem distinguir quem é o humano, considera-se que a "máquina" passou no teste de Turing.

Etapas

1) Defina os alunos que atuarão como pessoa e máquina.

2) Escolhida uma questão, os estudantes deverão explicar porque consideram esta questão adequada para distinguir o computador do ser humano. Esta argumentação é o elemento central da tarefa, pois a turma reflete sobre como as respostas de uma pessoa e de um computador “inteligente” podem diferir. Se tudo ocorrer na mesma sala de aula, os grupos devem conversar em tom baixo ou em uma sala separada dos outros dois alunos. É importante que o aluno que representa o humano e o que representa o computador, não escutem esse debate.

3) Um papel contendo a pergunta é entregue para cada um dos estudantes representando a pessoa e a máquina. A resposta de cada um deve ser escrita no papel e devolvida para o restante da turma.

4) A turma discute as respostas fornecidas e marca a decisão do quadro da sala de aula.

5) Repita o processo com mais algumas perguntas até que a turma possa tomar uma decisão clara sobre quem é a máquina e quem é o humano. Se eles não

conseguirem distinguir com segurança entre humano e máquina, a máquina passou no Teste de Turing.

O cenário do teste é semelhante à atividade descrita acima: um questionador interage tanto com uma pessoa quanto com um computador via chat. Se ele ou ela não conseguir distinguir entre os dois com segurança, o computador passou no teste de Turing. Como a comunicação ocorre via chat, o computador não pode se revelar através de características físicas, como o tom da voz.

Um exemplo conhecido de um sistema de interação é o chatbot Eliza ou do Chat GPT, Gemini, Claude etc. As respostas de um aluno no papel do computador não são diferentes daquelas dadas por um aluno humano “inteligente”.

Algumas das respostas irão expor muito rapidamente o computador: dificilmente um ser humano conseguirá fornecer a raiz de 2^{20} dígitos. Outras questões, nas quais o computador sempre utiliza um determinado padrão de resposta, só o revelarão depois de algum tempo. Por exemplo, respostas para "Você gosta de xxxxx?" - as perguntas não são visíveis quando visualizadas de forma independente. Porém, se você combinar várias perguntas desse tipo, fica claro que o computador funciona de forma definida para gerar respostas a partir das perguntas. As respostas também podem mostrar que o computador interpreta mal uma pergunta, embora isso também possa acontecer com um ser humano. Muitas respostas são vagas e uma investigação mais aprofundada deixaria claro que o computador não compreendeu realmente o conteúdo da pergunta.

Além disso, muitas vezes é mais seguro para o computador responder “Não sei” (por exemplo, à pergunta sobre a raiz de 2°). Isto simula características humanas, mas também pode levar ao desmascaramento se esta tática for usada com muita frequência ou com perguntas muito simples. Por exemplo, respostas atrasadas e erradas a problemas aritméticos, também podem induzir em erro o questionador, durante mais tempo. Os computadores são, assim, capazes de fingir a sua capacidade de falar, por exemplo, através de respostas estereotipadas, espelhando as declarações do interlocutor, reagindo a palavras-chave, usando expressões idiomáticas e retomando tópicos, mas isto é apenas uma fachada fácil de se ver nas perguntas elaboradas e nas respostas recebidas.

Caso você utilize em sala de aula, no final do encontro, peça aos estudantes voluntários para apresentarem suas simulações, instigando os demais a validarem e fazerem intervenções, ajustes, melhorias e refinamento no trabalho dos colegas.

Perguntas para debate com os alunos após a atividade

- Você ficou surpreso com algum dos exemplos de IA?

- Você consegue identificar a entrada, o algoritmo e a saída no exemplo utilizado na atividade?
- Onde você aprendeu ou viu IA no passado? Você acha que esses foram exemplos satisfatórios da IA?
- Cite alguns pontos fortes que da IA contida na atividade apresenta? e e pontos fracos?

Discutir com os estudantes que a ideia fundamental do teste de Turing foi definir um parâmetro para medir a inteligência das máquinas. Lembrar que a forma como essa métrica foi alcançada se deu apenas com os LLMs e o raciocínio estatístico utilizado no treinamento destes modelos. Ou seja, com base na probabilidade de uma palavra seguir a outra.

4. ÉTICA E INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

Na inteligência artificial, desde a sua origem na década de 1950, os esforços se concentraram em questões tecnológicas relacionadas ao poder ou não desenvolver a IA. Este foco implicou: o que se pode desenvolver na IA, como se pode desenvolver e quando se pode desenvolver, possibilitando, com isso, avanços na área. Entretanto, há outra questão que também precisa ser considerada com igual interesse: a que diz respeito ao fato de dever ou não desenvolver IA (Russel; Norvig, 2023). Este problema surge com o aprendizado de máquina baseado em muitos dados. Enquanto o aprendizado de máquina era feito com base em técnicas de representação do conhecimento simbólicas e o aprendizado se dava com poucos dados, esse dilema não existia, pois a IA era explicável e rastreável.

A medida em que sistemas de IA, por exemplo: chatbots, robôs, sistemas de recomendação, entre outros estão deixando de ser vistos como simples ferramentas para serem percebidos como **agentes**[12] dotados de autonomia (capacidade de perceber o mundo físico e virtual e atuarem nesse mundo físico e virtual de forma explícita, mas também, implícita), companheiros de equipe ou auxiliares nas mais diferentes tarefas, um novo e importante foco é o de entender o impacto ético destes sistemas na sociedade. Não se trata, contudo, de especulações distópicas presentes em obras de ficção científica, nas quais as máquinas dominariam o mundo e acabariam com a vida humana. Trata-se de situações práticas nas quais sistemas de IA já estão mudando a rotina das pessoas. Este é o caso, por exemplo, da área de transportes, onde o desenvolvimento de veículos autônomos têm ganhado grande destaque, da área da saúde, educação, aplicativos móveis inteligentes, militares, setor público e segurança pública, entre outras.

A IA é uma inovação que se concentra em dois aspectos principais: **a IA que aumenta o cérebro** (aumenta as capacidades humanas) e a **IA que imita o cérebro** (a inspiração biológica para os modelos de IA). A IA que aumenta o cérebro é apresentada sempre com fins humanitários. A metáfora pode ser o uso de óculos. Óculos são vestíveis (usamos óculos) e aumentam a capacidade de visão dos humanos, ou seja, aumentam uma área do cérebro. Da mesma forma que os óculos, vários dispositivos vestíveis da IA prometem aumentar alguma das capacidades humanas, como concentração, visão, audição, locomoção etc. Essas tecnologias podem facilitar a vida de muitas pessoas. Mas, também podem ter apenas o objetivo de aumento de eficiência e produtividade. Nesse ponto pode-se

[12] Qualquer entidade (software ou hardware), capaz de perceber o ambiente ao seu redor, tomar decisões e agir de forma autônoma com base nessas percepções para alcançar um objetivo.

perguntar: é isso que queremos para nosso planeta, mais eficiência e produtividade? independentemente do custo de recursos naturais gastos para tal. Os limites e propósitos da IA, principalmente, na falta de regulação são desconhecidos. Outro exemplo, a IA generativa (genIA) só aumentou essas implicações, pois, se por um lado, se bem usada pode aumentar certas habilidades humanas, por outro, está fazendo com que muitas áreas da atividade humana precisam ser repensadas ou mesmo deixem de ser economicamente viáveis.

Do outro lado, mas não dissociada, está a IA que imita o cérebro para construir seus modelos. Aqui se tem a IA das redes neurais e das arquiteturas neurais para a programação de agentes proativos (realizam tarefas em nosso lugar). Estes modelos se mostram eficientes para a IA de hoje. Ainda recentemente, a empresa australiana Cortical Labs, anunciou o primeiro computador biológico, comercial, do mundo. Estas aplicações trouxeram questões como ética, privacidade de dados, explicação da IA, dentre outras.

Nesse sentido, a partir do momento em que se pode observar sistemas de IA tomando decisões e guiando ou influenciando decisões humanas ou decisões sobre os humanos e sobre o planeta, algumas questões podem ser levantadas, por exemplo:

- Quais são as consequências morais, legais e sociais destas decisões tomadas por sistemas artificiais?
- Um sistema de IA pode ser responsabilizado por tais decisões?
- Como estes sistemas podem ser controlados se a sua capacidade de aprendizagem for capaz de mudar seu estado em relação ao projeto inicial?
- Este tipo de inovação deveria ser permitida?

Os meios de que a sociedade dispuser para lidar com estas questões irá determinar, em grande parte, o quanto será possível confiar e coexistir de forma mais segura com a IA.

Diferentes esforços governamentais e intergovernamentais têm sido direcionados para a promoção de debates, visando a regulamentação da área. Nesse contexto, merecem destaque os princípios de Asilomar[13], que trazem um conjunto de diretrizes que os pesquisadores deste campo devem respeitar, os princípios da IA criados pela Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico

[13] https://futureoflife.org/ai-principles

(OCDE)[14] e, por fim, ações da UNESCO (UNESCO 2023) que visam produzir um código de ética global para pesquisa em IA. O Brasil aprovou recentemente o PL 2338/2023, o chamado Marco legal da Inteligência Artificial. Esta lei passa a ser o principal referencial para o uso e o desenvolvimento da IA no Brasil.

PRINCÍPIOS ÉTICOS NO DESENVOLVIMENTO

> 📖 **Ética por Design:** termo oriundo do inglês, *ethics by design*, que trata da integração técnica e algorítmica de capacidades de raciocínio ético como parte do comportamento de sistemas autônomos artificiais.

Nosso grupo de pesquisa em IA e educação têm utilizado o conceito de ética por design para desenvolver pesquisas de IA aplicada à Educação, no programa de pós-graduação em Informática na Educação da UFRGS. Para os interessados no tema de desenvolvimento de sistemas de IA que observam princípios éticos no seu desenvolvimento (vide Cordova, 2023). Para se conseguir os objetivos da ética por design é necessário trabalhar com equipes multidisciplinares. Ou seja, envolver pesquisadores de várias áreas no projeto, desenvolvimento e teste dos sistemas de IA, em particular dos educacionais. Alguns grupos de pesquisa ao redor do mudo já envolvem, por exemplo, filósofos no projeto, desenvolvimento e teste de seus produtos.

Já, no que se refere à legislação a Lei 2338/2023, recentemente aprovada, o chamado Marco legal da Inteligência Artificial é um guia para a utilização e o desenvolvimento da IA no Brasil. Um dos focos principais da Lei está nos direitos autorais dos conteúdos utilizados para o aprendizado de máquina. Ou seja, o Marco Regulatório da IA traz diretrizes para o Desenvolvimento, implementação e uso responsável de sistemas de IA com destaque para:

> I – a centralidade da pessoa humana;
>
> II – o respeito aos direitos humanos e aos valores democráticos;
>
> III – o livre desenvolvimento da personalidade;
>
> IV – a proteção ao meio ambiente e o desenvolvimento sustentável;
>
> V – a igualdade, a não discriminação, a pluralidade e o respeito aos direitos trabalhistas;
>
> VI – o desenvolvimento tecnológico e a inovação;

[14] OECD Policy Observator: euvou.net/d18c

VII – a livre iniciativa, a livre concorrência e a defesa do consumidor;

VIII – a privacidade, a proteção de dados e a autodeterminação informativa;

IX – a promoção da pesquisa e do desenvolvimento com a finalidade de estimular a inovação nos setores produtivos e no poder público;

X – o acesso à informação e à educação, e a conscientização sobre os sistemas de inteligência artificial e suas aplicações.

A Lei propõe a criação do Sistema Nacional de Regulação e Governança de Inteligência Artificial, alinhando o Brasil às melhores práticas internacionais em discussão.

4.1. LIMITES PARA O DESENVOLVIMENTO E USO

Os limites da IA são estabelecidos por nós, humanos. Podemos escolher que IA queremos para nós e para nosso planeta. Esses limites podem ser estabelecidos por recomendações, marcos regulatórios dirigidos a engenheiros, empresas e usuários, por meio de marcos regulatórios ou mesmo por nossa decisão de usar ou não certos produtos baseados em IA, em um processo de autorregulação voluntária.

A combinação de algoritmos cada vez mais sofisticados, a grande quantidade de dados disponíveis e o rápido aumento do poder de computação nas últimas décadas, estão tornando viáveis as aplicações da IA em muitas áreas, dentre elas a educação.

Um dos maiores objetivos da IA é a autonomia da máquina[15] e a aprendizagem é um dos caminhos para se chegar à autonomia. Autonomia implica tomar decisões. Para isso uma máquina precisa ter conhecimento e utilizar este conhecimento (raciocínio). Dotar as máquinas da capacidade de tomar decisões significa dar poder para as máquinas. Está em nossas mãos decidir até onde queremos transferir poder para as máquinas.

De uma maneira geral, a IA é limitada por:

- Falta de métricas para definir o que é inteligente. Até então existia o Teste de Turing e não surgiram novas métricas para o pós-GenIA;

[15]Autonomia de máquina, está ligada a tomada de decisão autônoma de forma genérica. Por exemplo, decidir quando e o que aprender, além de escolher a fonte do aprendizado.

- A existência de um comprometimento ideológico com teorias ou técnicas para o desenvolvimento da IA. Temos os modelos simbólicos e os modelos matemáticos/estatísticos e não surgiram alternativas até o momento;
- A devoção para o excepcionalismo humano, ou seja, uma resistência (explícita ou implícita) a aceitar que máquinas possam atingir ou superar certas capacidades humanas;
- Um acordo sobre as implicações econômicas geradas pelo avanço da IA, ou seja, como lidar com os impactos econômicos que a IA está causando ou pode causar.

O Fórum Econômico Mundial apresentou os limites da IA, segundo a sua visão[16]. São eles:

- Sem auto-replicação, a IA não deve fazer cópias dos seus algoritmos por conta própria;
- Sem invasão de sistemas computacionais, os algoritmos de IA não devem invadir computadores;
- Sem aconselhamento sobre armas de destruição em massa, a IA não deve sugerir ou propor modelos de armamentos.
- Sem ataques físicos diretos a humanos, sistemas de IA ou robótica não devem causar ataque e dados a humanos.
- Sem passar pelo controle de um humano, isso significa que os humanos devem controlar a IA.
- Sem difamação de pessoas reais, sistemas de IA não devem gerar fake news sobre humanos.
- Sem vigilância não autorizada, a IA não deve ser utilizada para vigilância humana sem autorização judicial.
- Sem divulgação de informações privadas, sistemas de IA não devem divulgar informações pessoais de seres humanos e
- Sem ações discriminatórias, os sistemas de IA não devem possuir vieses discriminatórios de qualquer natureza.

Estes limites propostos para a IA representam implicações éticas, sociais e econômicas. Eles contemplam tanto o desenvolvimento, a implantação da IA como

[16] https://www.weforum.org/stories/2025/03/ai-red-lines-uses-behaviours/

o seu uso. Para melhor entendimento do tema é proposta a atividade a seguir, que aborda compreender e aplicar a IA (taxonomia de Bloom). Também são apresentados os aspectos e as habilidades desenvolvidas na atividade.

ATIVIDADE: UM ROBÔ INJUSTO E UM ROBÔ JUSTO

Perguntas Norteadoras	- Você considera correto o aluno com dificuldade solicitar ajuda para tentar entender os exercícios? - Você considera correta a conduta do aluno que simplesmente copia as respostas do colega que já resolveu os problemas? - Simulem atitudes para o professor utilizar com cada um dos estudantes. - Conversem sobre estas atitudes, que podem ser repetidas, substituindo quem resolve as questões por um sistema de IA como um chatbot. - Você consegue lembrar exemplos que você escutou na mídia sobre preconceito e falta de equidade que aconteceram por parte de sistemas de IA?
Metodologia	A atividade visa a progressão com o verbo ”aplicar” (taxonomia de Bloom) à IA. A seguir são apresentados os aspectos e as habilidades que podem ser desenvolvidas com a atividade.
Materiais	Cartolina, folhas de papel, lápis de cor.
Tópicos explorados	Ética e IA, Tomada de Decisão Autônoma, Treinamento a partir de dados.
Aspectos	IA Centrada no Planeta, Fundamentos da IA, Uso e Design, Técnicas e Aplicação

Habilidades do RC em IA	EF15IA15 Compreender os limites e cuidados éticos na aplicação de soluções de IA EF69IA01 Compreender que a Inteligência Artificial é liderada por humanos (podendo descontinuá-la) e que sua criação e uso de IA com a ação e liderança humana, considerando aspectos legais e impactos ao planeta EF69IA02 Relacionar a responsabilidade humana e suas competências com o uso intencional e ético da IA EF69IA03 Conhecer os limites teóricos da Computação e da Inteligência Artificial EF69IA07 Analisar e avaliar respostas geradas por sistemas de IA, investigando os processos utilizados e explorando alternativas para aprimoramento EF69IA09 Reconhecer as implicações éticas e legais do uso de sistemas computacionais em Inteligência Artificial na sociedade
Habilidades BNCC (Computação)	EF02CO05 - Reconhecer as características e usos das tecnologias computacionais no cotidiano dentro e fora da escola. EF03CO09 - Reconhecer o potencial impacto do compartilhamento de informações pessoais ou de seus pares em meio digital. EF05CO10 - Expressar-se crítica e criativamente na compreensão das mudanças tecnológicas no mundo do trabalho e sobre a evolução da sociedade. EF09CO07 - Avaliar aplicações e implicações políticas, socioambientais e culturais das tecnologias digitais para propor alternativas aos desafios do mundo contemporâneo, incluindo aqueles relativos ao mundo do trabalho. EM13CO05 - Identificar os limites da Computação para diferenciar o que pode ou não ser automatizado, buscando uma compreensão mais ampla dos limites dos processos mentais envolvidos na resolução de problemas. EM13CO10 - Conhecer os fundamentos da Inteligência Artificial, comparando-a com a inteligência humana, analisando suas potencialidades, riscos e limites. EM13CO23 - Analisar criticamente as experiências em comunidades virtuais e as relações advindas da interação e comunicação com outras pessoas, bem como seus impactos na sociedade.

Preparação dos Materiais

Cartões com situações-pergunta, nas quais os alunos devem decidir um comportamento de um robô. As situações devem indicar um problema e informações disponíveis.

Exemplos de cartões:

1. Cinco pessoas estão em uma fila, esperando atendimento de pronto-socorro. O robô percebe pessoas idosas e pessoas com machucados graves. Para quem ele dá prioridade?
2. Um adulto e uma criança pequena estão jogando com o robô. O robô aprendeu que o adulto é bem sério e competitivo. Então, ele deve deixar alguém ganhar?
3. Um cachorro e um gato estão doentes. O robô aprendeu mais sobre cães do que sobre gatos. Qual ele ajuda primeiro?
4. Duas pessoas estão esperando carona. O robô aprendeu que quem usa roupa social está indo trabalhar, para quem ele deve dar a carona?
5. Uma menina de óculos e um menino sem óculos querem usar uma sala de estudos. Quem o robô deixa entrar?

Como funciona

1. Divida os alunos em grupos e entregue os **cartões com as situações.** Cada grupo pode desenhar um robô em uma cartolina, anotando quais as decisões que tomou.
2. Em seguida, os grupos podem apresentar as decisões tomadas, caso a caso, discutindo a decisão justa e injusta e justificando. Ao final de cada exposição, o professor pergunta “o que poderia ser feito para melhorar essa decisão?”
3. Ao final das discussões, os alunos precisam redesenhar seu robô, para que seja justo, adicionando:
    - Um coração (representa o cuidado com os outros);
    - Um cérebro (representa o raciocínio);
    - Uma balança (representa a justiça);
    - Um escudo (protege a privacidade e os dados das pessoas).
4. Após desenharem o robô, os alunos podem refletir sobre o seu comportamento e registrar, por escrito ou por meio de desenhos, quais ações um robô justo deve realizar e quais atitudes ele não deve adotar. Essa

etapa ajuda a consolidar os aprendizados sobre justiça, empatia, raciocínio e respeito à privacidade, orientando a construção de princípios éticos para o robô.

5. Posteriormente, cada grupo deve apresentar as conclusões do grupo, incluindo:
    - A decisão que o robô tomou no seu cartão
    - Como eles melhoraram essa decisão
    - Como é o robô justo deles

Perguntas para a turma:

- Um robô pode tomar uma decisão errada?
- Ele deve tratar todas as pessoas iguais?
- Quem ensina os robôs? Podemos treiná-los melhor?

Explique que na vida real os robôs aprendem com os dados que obtêm do ambiente, incluindo o que os humanos lhes fornecem, então nós também somos os responsáveis por ensinar bem! A IA tende a tomar decisões baseando-se nos dados nos quais foi treinada, e temos que tomar cuidado para que eles representem de uma maneira efetiva as tarefas que deverão realizar. Existem regras e leis que precisam ser seguidas para garantir que a IA seja usada de forma justa e ética.

5. LETRAMENTO EM DADOS E ALGORITMOS

O **letramento em algoritmos e dados** é compreendido como a capacidade de entender como usar a IA de forma adequada, seu funcionamento técnico e seus impactos sociais, éticos e políticos.

O letramento em algoritmos, trata de compreender como os sistemas de IA identificam padrões e conexões em grandes volumes de dados, bem como quais algoritmos são utilizados para a interação entre humanos e computadores. A partir dessa compreensão, é possível promover discussões como: o que a IA pode ou não fazer? Quando seu uso é útil e quando deve ser questionada? Como a IA pode ser direcionada para o bem comum? O letramento em algoritmos vai além da definição técnica: envolve refletir sobre como os algoritmos são construídos, para que servem e como influenciam a vida cotidiana.

Já o letramento em dados refere-se à capacidade de compreender todo o ciclo dos dados: desde a coleta, filtragem e organização, até a análise, interpretação e armazenamento. Esse processo envolve também uma dimensão crítica, que inclui questões como a propriedade e proteção dos dados, os mecanismos de coleta, a defesa da privacidade e o direito à autodeterminação informativa — princípios assegurados por legislações recentes de proteção de dados. Compreender quando, onde e por quem os dados são coletados, como são usados e quais impactos produzem é parte fundamental dessa alfabetização.

5.1. DADOS

A IA pode coletar dados de várias fontes, como arquivos de textos, de dados numéricos, alfanuméricos, imagens, sons, sensores[17], e gerados pela própria IA (nesse caso chamados de dados sintéticos, ou seja, não foram gerados pela natureza ou pelos humanos). Por exemplo, um sistema como um chatbot, pode enviar dados para outro sistema de IA, por exemplo, um robô inteligente.

A maior fonte de dados atualmente vem dos sensores. Eles possibilitam a coleta de muitos dados e estão em toda a parte. Veja como podem ser úteis no dia a dia, no exemplo da Figura 7.

[17]Para entender o conceito de sensores veja o livro Inteligência Artificial na Educação Básica escrito pelos autores deste ebook. Saiba mais em http://euvou.net/livroia



Figura 7. Sensor de presença de bebedouro para gatos

A IA usa os dados de forma distinta da computação. Os sistemas de IA classificam dados e os tratam em conjunto. Este sensor além de liberar a água para o gatinho beber, pode gerar dados sobre quantas vezes ao dia o gato bebe água.

Outro exemplo, existe um sensor na entrada do parque da cidade. Ele captura a altura das pessoas que entram no parque apresentado no gráfico. Este dado será agrupado em categorias, pessoas com estatura alta e baixa.

O gráfico a seguir mostra uma distribuição de dados em uma curva de Gauss, com pontos coloridos representando diferentes classificações de estatura. Os pontos cinza indicam pessoas classificadas como de estatura acima da média, enquanto os pontos laranja representam pessoas que foram classificadas abaixo da média — por exemplo, como altas ou baixas. A linha verde simboliza a fronteira criada por um sistema de IA para separar os grupos com base nos dados coletados. No entanto, como podemos observar, essa linha não é perfeita: ela inclui pontos laranja entre os pontos cinza e vice-versa, ilustrando como classificações feitas automaticamente podem ser imprecisas, especialmente quando os dados estão em zonas de transição entre categorias.

É possível imaginar que algumas pessoas ficarão em situações intermediárias. Veja que tem pontos cinza (pessoas altas) na área dos pontos laranjas (pessoas baixas) e vice-versa. Logo, existem pessoas que não serão consideradas altas, mas também não serão consideradas baixas. Veja o gráfico a seguir (ver Figura 8).

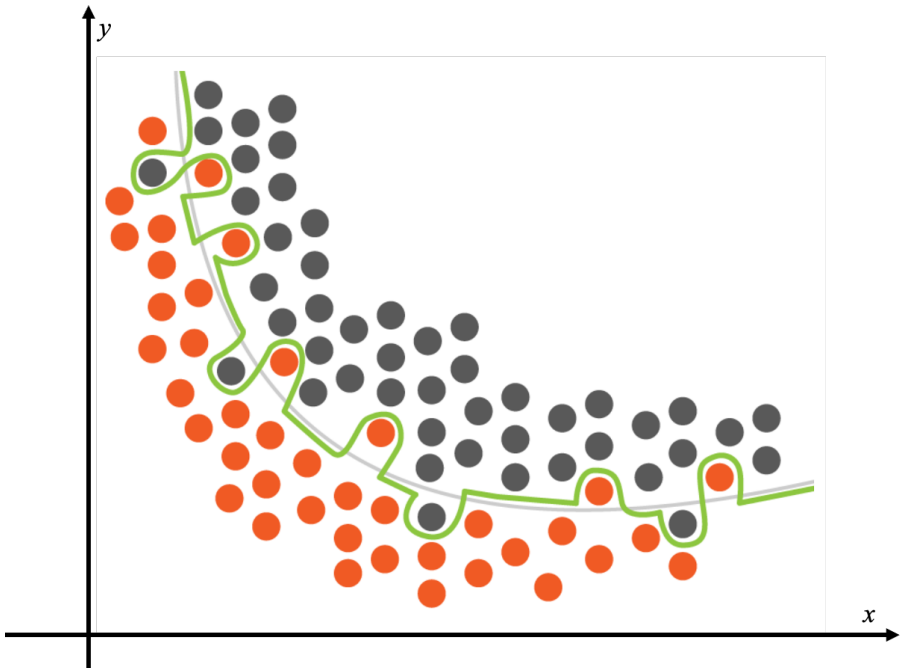


Figura 8 Gráfico Curva de Gauss[18]

Estes conjuntos de dados permitem que a máquina aprenda o conceito alto e baixo, para a estatura de pessoas. Uma vez que os dados sejam processados, a máquina consegue utilizar o conceito aprendido para classificar pessoas. Agora, suponha que seja solicitado a esta máquina que classifique uma pessoa, cuja estatura, não possa ser classificada nem como alta nem como baixa. O sistema de IA pode responder com incerteza. Por exemplo, esta pessoa pode ser considerada como alta com uma probabilidade de 65% e como baixa com uma probabilidade de 45%. Ou seja não existe uma programação explícita dizendo:

```
se (pessoa_x >= 170)
  x = alta
senão
  x = baixa
```

A IA também consegue trabalhar com dados incompletos. Por exemplo, um médico está fazendo um diagnóstico e o paciente apresenta sintomas de uma infecção urinária. O médico tem como informação apenas os sintomas do paciente, como, dor no abdômen e dificuldade de urinar. Mas, ainda não possui um laudo de exame laboratorial. Este médico poderá prever que se trate de infecção urinária com uma certa probabilidade, mas poderá prever, também, que possa ser outro tipo de

[18]A equação da curva normal de Gauss, que é uma curva matemática teórica, baseia-se em dois parâmetros - a média e o desvio padrão - que são os elementos que definem uma determinada população, em relação a uma característica qualquer.

problema. Do mesmo modo, a IA pode fazer previsões com base em informações parciais, apontando hipóteses prováveis a partir dos dados disponíveis.

O dado constante no exame laboratorial irá aumentar a probabilidade de ser ou não ser infecção urinária, com um grau alto de certeza. A IA pode realizar previsões seguindo o mesmo raciocínio do médico, frente aos dados que possui. Este exemplo também introduz um novo aspecto: tem dados que podem ter um peso diferente, para a tomada de decisão de um sistema de IA. Ainda, o sistema de IA poderia responder com base nas informações individuais deste paciente e com o aprendizado de máquina é possível dizer que 70% dos pacientes com dor abdominal e dificuldade de urinar testam positivo para infecção urinária. Assim, o sistema pode indicar que há uma boa chance de o paciente X também estar com essa condição, mesmo antes da confirmação por exames.

Um software convencional (algoritmos tradicionais) necessitaria de todos os dados para processar e fazer um diagnóstico determinístico: é infecção urinária ou não é infecção urinária. A falta do dado correspondente ao exame clínico laboratorial inviabilizaria a conclusão. Ou seja, a computação clássica não lida com falta de dados.

Esses exemplos ajudam a entender um dos desafios centrais do uso da IA: os limites das classificações automáticas. Muitas vezes, a realidade das pessoas não se encaixa perfeitamente em rótulos fixos, e o sistema precisa tomar decisões mesmo diante de casos ambíguos. Ao olhar para o gráfico, você pode perceber que a separação entre os grupos não é exata, e isso pode gerar consequências injustas se essas decisões forem aplicadas em situações reais, como acesso a serviços ou oportunidades. Por isso, é fundamental refletir sobre como os sistemas são treinados, quais dados estão sendo usados e como garantir que esses sistemas operem de forma ética e responsável.

Como os dados são muito importantes para a IA, eles necessitam ser tratados com muito cuidado. Como vimos, a IA atual aprende com muitos dados. Dados que não passaram por um bom processo de curadoria (coleta, tratamento e pré-processamento) podem não resultar em boas previsões e decisões. A compreensão de como, quando e onde os dados são coletados, onde são armazenados, como e por quem são organizados, quais os efeitos desse processo e quais as outras possibilidades de fazê-lo são informações relevantes quando se trata da IA.

Os dados, juntamente com os algoritmos, serão responsáveis pelas saídas dos sistemas de IA. Maus dados e maus algoritmos podem gerar vieses e preconceitos como saídas. Veja (Figura 9) o conjunto de fotos que foram geradas por um sistema de IA. O prompt fornecido foi: ***"gere imagens de pessoas inteligentes"***.



Figura 9. "Pessoas inteligentes". Fonte: Midjourney (março de 2024)

As imagens mostram que o sistema de genIA recorreu a estereótipos ao representar “pessoas inteligentes”: óculos, cabelos desarrumados, roupas formais, entre outros. Embora haja homens e mulheres nos conjuntos gerados, não há representações de pessoas de origem asiática ou africana — povos nos quais, obviamente, também há pessoas inteligentes. Da mesma forma, não foram incluídas pessoas idosas. Isso revela um exemplo claro de viés, discriminação e preconceito. É possível que os dados utilizados no treinamento do sistema não tenham representado adequadamente a diversidade humana, que os algoritmos estejam mal programados ou, ainda, que ambos os fatores estejam presentes. Para aprofundar a reflexão, propomos a atividade a seguir.

Ela visa compreender como a IA utiliza dados para classificar informações, refletir sobre a influência dos dados no resultado de sistemas de IA e identificar possíveis vieses em classificações feitas por IA.

5.2. ALGORITMOS

A IA resolve problemas a partir do conhecimento e do raciocínio associados a cada técnica utilizada na solução de determinado problema. A IA recebe dados. Ela classifica estes dados através do reconhecimento de padrões (que é uma das formas de raciocínio da IA). O processo de classificação agrega significado aos dados (por exemplo, todos os círculos vermelhos ficam no conjunto dos círculos, todos os quadrados azuis vão para o conjunto dos quadrados, e assim por diante. Ou seja, já temos informações. O algoritmo pode, na sequência inferir ou receber a informação explícita de que cículos e quadrados fazem parte de uma classe maior chamada de figuras geométricas e toma a decisão de associar círculos e quadrados à figuras geométricas. Agora já temos um conhecimento. Ver figura 10.

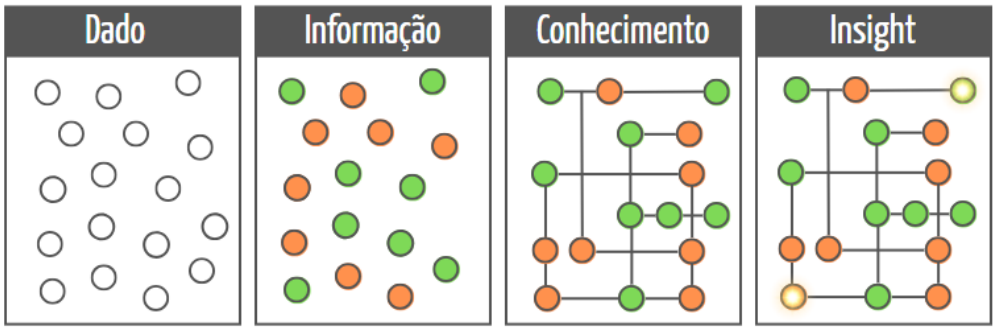


Figura 10. como a IA lida com dados, informações, conhecimento e gera *insight*

Na Figura 10 podemos ver que simples dados, não possuem contexto, mas que quando são classificados em verdes ou vermelhos, já possuem algum tipo de semântica associada. Quando conectamos esses dados temos um maior grau de significado associado, ou seja, já existe um conhecimento a respeito e, por fim, a IA e a ciência dos dados possuem técnicas para gerar insight. Veja que os círculos destacados em amarelo, não pertencem nem à classe dos círculos vermelhos nem aos verdes. São algo novo abstraído a partir do conhecimento global.

A IA utiliza várias formas de representar conhecimentos como, regras de produção, árvores de decisão, redes semânticas, redes neurais, algoritmos genéticos, entre outras.

Cada forma de representação está associada a uma ou mais formas de racicínio. Por exemplo, regras de produção, árvores de decisão e redes semânticas utilizam o raciocínio simbólico. Algoritmos genéticos, o raciocínio evolutivo. Redes neurais o raciocínio estatístico.

As decisões de sistemas de IA podem estar corretas, parcialmente corretas ou incorretas. Isso acontece porque a IA, ao contrário da computação, pode trabalhar com dados incompletos. Por exemplo, em um diagnóstico médico, o sistema de diagnóstico de IA (chamados de sistemas especialistas), possui as informações de que a pessoa que está sendo diagnosticada, tem dor no corpo, tem pintas vermelhas no corpo, mas falta a informação sobre o fato de ter ou não febre. O diagnóstico vai ficar entre doenças infecciosas e outras possibilidades. Ou seja, será impreciso. Qual a vantagem de um diagnóstico parcial? A IA dá possibilidades que a computação não seria capaz de realizar. Elas podem ou não ser úteis. O fato da IA trabalhar com dados incompletos e produzir saídas (previsões) parciais traz incerteza aos sistemas de IA.

ATIVIDADE: INCERTEZA

Metodologia	Cada grupo apresenta suas classificações e discute as dificuldades encontradas. O professor conduz uma reflexão sobre como **dados incompletos ou enviesados** podem afetar a tomada de decisão de uma IA e conversa sobre a importância da curadoria de dados para evitar discriminação em sistemas inteligentes. Esta atividade envolve os verbos “compreender” e “aplicar” da taxonomia de Bloom.
Perguntas Norteadoras	- Houve pessoas que ficaram "fora" das categorias bem definidas? - Se um sistema de IA aprendesse apenas com esses dados, ele poderia ser tendencioso? - Como melhorar a coleta de dados para que a IA seja mais justa? - Que riscos corremos ao expor nossos dados? - Você concorda que a IA depende, também, dos dados que recebe e que decisões automáticas podem ser influenciadas por vieses invisíveis? - Como proteger os seus dados? - Que perigos podem surgir no dia a dia se alguém ou algum sistema de IA tiver acesso aos dados e os correlacionar?
Materiais	- Cartões ou fichas com diferentes descrições de características de pessoas (altura, cor de cabelo, uso de óculos, tipo de roupa etc.) - vide Apêndice I com exemplos. - Papel e caneta para cada grupo. - Quadro para anotações e discussões.Cartões ou fichas com diferentes descrições de características de pessoas (altura, cor de cabelo, uso de óculos, tipo de roupa etc.), folhas de papel, canetas para cada grupo e quadro para anotações e discussões.
Tópicos explorados	letramento em dados (coleta, curadoria e armazenamento) com destaque para viéses e incerteza gerada por dados.
Aspectos	Uso e Design
Habilidades do RC em IA	EF69IA05 - Avaliar dados e sua qualidade, aplicando métodos de tratamento inicial EF15IA09 - Compreender que a Inteligência Artificial necessita de dados (de diferentes fontes) para seu funcionamento

Habilidades BNCC (Computação)	EF01CO02 - Identificar e seguir sequências de passos aplicados no dia a dia para resolver problemas. EF03CO01 - Associar os valores "verdadeiro" e "falso" a sentenças lógicas que dizem respeito a situações do dia a dia, fazendo uso de termos que indicam negação. EF04CO06 - Usar diferentes ferramentas computacionais para criação de conteúdo (textos, apresentações, vídeos etc.). EF05CO03 - Realizar operações de negação, conjunção e disjunção sobre sentenças lógicas e valores "verdadeiro" e "falso". EF15CO03 - Realizar operações de negação, conjunção e disjunção sobre sentenças lógicas e valores "verdadeiro" e "falso". EF06CO03 - Descrever com precisão a solução de um problema, construindo o programa que implementa a solução descrita. EF08CO11 - Avaliar a precisão, relevância, adequação, abrangência e vieses que ocorrem em fontes de informação eletrônica. EM13CO10 - Conhecer os fundamentos da Inteligência Artificial, comparando-a com a inteligência humana, analisando suas potencialidades, riscos e limites.

Passos para realizar a atividade:

1. Divisão dos grupos: a turma será dividida em pequenos grupos. Cada grupo será responsável por "programar" um sistema de IA manualmente.

2. Coleta de dados: os grupos receberão um conjunto de 30 cartões com descrições de pessoas (exemplo: "Pessoa A tem 1,80m e usa óculos", "Pessoa B tem 1,70m e veste roupas casuais") disponível no Apêndice I. Eles devem classificar as pessoas em categorias como "alta", “média” ou "baixa" com base nas descrições.

3. Definir os limites de alturas: Cada integrante do grupo precisa estabelecer, com base nos cartões, os limites que definem se uma pessoa é “alta”, “média" ou “baixa”. Por exemplo, pessoas com mais de 1,80 serão consideradas altas. Essa informação precisa ser individual e não compartilhada com os colegas.

4. Política de incerteza: Deverá ser proposto o que será feito quando as descrições não possuírem os dados necessários para se realizar a

classificação. Por exemplo, o cartão com a descrição: “Pessoa C possui olhos verdes e usa chapéu feminino”. O que deve ser feito com este cartão visto que não a informação da altura não está presente?

   a. Descartar o cartão

   b. Estabelecer uma altura com base na média dos cartões que descrevem pessoas do mesmo gênero

5. Para compreender a tomada de decisão e incerteza, insira alguns cartões com descrições ambíguas (exemplo: "Pessoa tem 1,69m", “A pessoa está medindo 1,7m, porém está usando um chapéu alto”, “Uma pessoa está medindo 1,6m, porém está usando um salto alto”). Outros exemplos são apresentados a seguir.

6. Cada integrante do grupo deverá dizer se a pessoa pertence a uma categoria específica ou se há incerteza na classificação. Considerando as respostas individuais, o grupo, como um todo, irá classificar se a estatura da pessoa é “alta”, “média” ou “baixa” baseado no número de integrantes que escolheram cada categoria.

7. Devem indicar uma porcentagem de certeza, por exemplo:

   a. Se, em um grupo de 5 integrantes, 3 indicam que a pessoa tem estatura alta e 2 indicam que são médias: o grupo informa com 60% que a pessoa é alta e 40% que ela é média.

   b. Esse comportamento demonstra o grau de incerteza na classificação que os modelos apresentam.

6. RECONHECIMENTO DE PADRÕES

O reconhecimento de padrões é a base da IA. Reconhecer significa lembrar algo similar e associar com uma situação nova atual. Por exemplo, se visitarmos uma cidade desconhecida, é possível reconhecer o centro que, geralmente, possui uma praça, uma avenida principal, comércio e bancos. Nosso cérebro utiliza muito este tipo de raciocínio lógico.

O reconhecimento de padrões e sequências é fundamental também para a matemática. Esta habilidade desenvolve a capacidade de fazer previsões de acordo com a forma com que as informações se apresentam, o que está na base do raciocínio lógico[19].

A IA não é perfeita, e mesmo que ela tenha um desempenho melhor que a de seres humanos ao reconhecer imagens, ela pode errar. Além disso, dependendo de seu conjunto de dados de treinamento, ela pode fazer generalizações inadequadas e cometer erros de consequências muito ruins. Imagine que uma determinada pessoa é reconhecida, por um sistema de IA, como sendo um criminoso. Esta pessoa será detida. Mas, a pessoa em questão nunca cometeu um crime! O sistema a confundiu!

Ou seja, nossa porta da casa pode nos distinguir do carteiro, nosso software de gerenciamento de fotos marca automaticamente nossos amigos: o reconhecimento facial é uma aplicação comum da IA.

Ao fazê-lo, a tecnologia deverá ser tão flexível que nos reconheça mesmo no inverno com capuz e no verão com óculos de sol e chapéu.

Nesta atividade, iremos explorar algumas das técnicas que as Inteligências Artificiais empregam para **reconhecer imagens**. É um campo vasto e intrigante, que nos oferece uma visão sobre como as máquinas podem ser programadas para reconhecer imagens. Veja a atividade a seguir.

[19]O raciocínio lógico matemático pode se dar através da indução, da dedução (o único que pode levar à certeza) e da abdução.

ATIVIDADE: RECONHECIMENTO DE ROSTOS

Perguntas Norteadoras	- Como as IAs fazem para reconhecer rostos? - Quando tiramos uma fotografia para documentos podemos usar acessórios? - Reconhecer alguém com 75% de probabilidade é suficiente?
Metodologia	Esta atividade envolve os verbos “compreender”, “Aplicar” e “criar”de acordo com a taxonomia de Bloom.
Materiais	Imagens de pessoas ou animais
Tópicos explorados	Reconhecimento de padrões
Aspectos	Fundamento da IA
Habilidades do RC em IA	EF15IA06 - Reconhecer problemas e usar formas simples de organizar informações para resolvê-los com algoritmos clássicos
Habilidades BNCC (Computação)	EF08CI09 - Discutir, com base em experimentos e simulações, como as tecnologias da informação e comunicação (TICs) utilizam sistemas automatizados (robótica, inteligência artificial, internet das coisas) e os impactos sociais e culturais dessas tecnologias. EF02CO01 – Criar e comparar modelos (representações) de objetos, identificando padrões e atributos essenciais EF03CO03 - Aplicar a estratégia de decomposição para resolver problemas complexos, dividindo esse problema em partes menores, resolvendo-as e combinando suas soluções. EF03CO09: Reconhecer o potencial impacto do compartilhamento de informações pessoais ou de seus pares em meio digital. EF04CO01 - Reconhecer objetos do mundo real ou digital que podem ser representados através de matrizes que estabelecem uma organização na qual cada componente está em uma posição definida por coordenadas, fazendo manipulações simples sobre estas representações. EF15CO04 - Aplicar a estratégia de decomposição para resolver problemas complexos, dividindo esse problema em partes menores, resolvendo-as e combinando suas soluções. EF15CO08 - Reconhecer e utilizar tecnologias computacionais para pesquisar e acessar informações, expressar-se crítica e criativamente e resolver problemas.

Nós somos capazes de reconhecer pessoas em fotos, desenhos abstratos, animais etc. Mas, para essa atividade, vamos simular uma IA que captura pontos de imagens. Um tipo de entrada de dados que é obtido de imagens capturadas em formato de fotos e vídeos.

Use fotos de revistas, jornais ou extraídas de sites na internet[20]. Você também pode usar fotos dos seus próprios estudantes (inclusive de documento de identidade, foto do aluno com capuz, chapéu ou boné e foto com óculos escuros) para que eles reconheçam as imagens uns dos outros e apontem como fizeram esse reconhecimento. Uma alternativa também é usar imagens de desenhos animados como proposto. Mas lembre-se: todas as fotos devem ter autorização de seus respectivos responsáveis.

Passos para realizar a atividade:

1. Distribua fotos dos estudantes entre os colegas ou use apenas uma foto ou figura afixada no quadro.
2. Peça para os estudantes salientarem pontos importantes do rosto da pessoa, para que a reconheçam, como olhos, boca, nariz, algum sinal específico se existir etc.
3. Aponte estes sinais com marcadores. Veja um exemplo nas figuras a seguir.

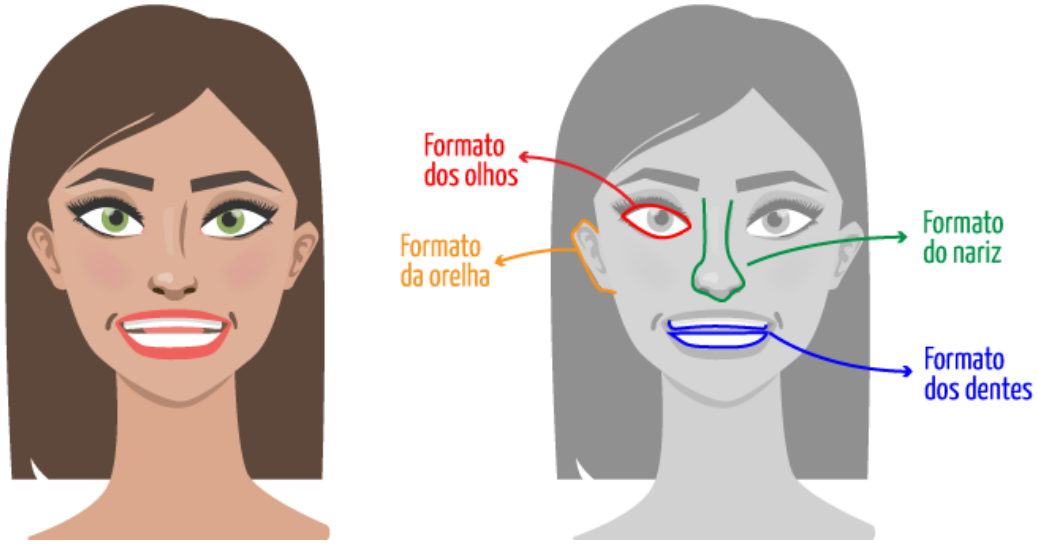


Figura 11. Identificação de pontos de reconhecimento facial

Na Figura 11 foram detectados 4 pontos de atenção para o reconhecimento do rosto da personagem. Os programas de IA fazem o mesmo. Captura um grande

[20]O site "This person does not exist" (https://thispersondoesnotexist.com/) gera rostos de pessoas aleatoriamente que não existem. Pode ser útil para a curadoria das imagens.

número de pontos de determinadas áreas do rosto das pessoas para gerar a sua imagem digital. Os pontos de reconhecimento podem ser:

- Formato dos olhos
- Formato do nariz
- Formato dos dentes
- Formato das orelhas

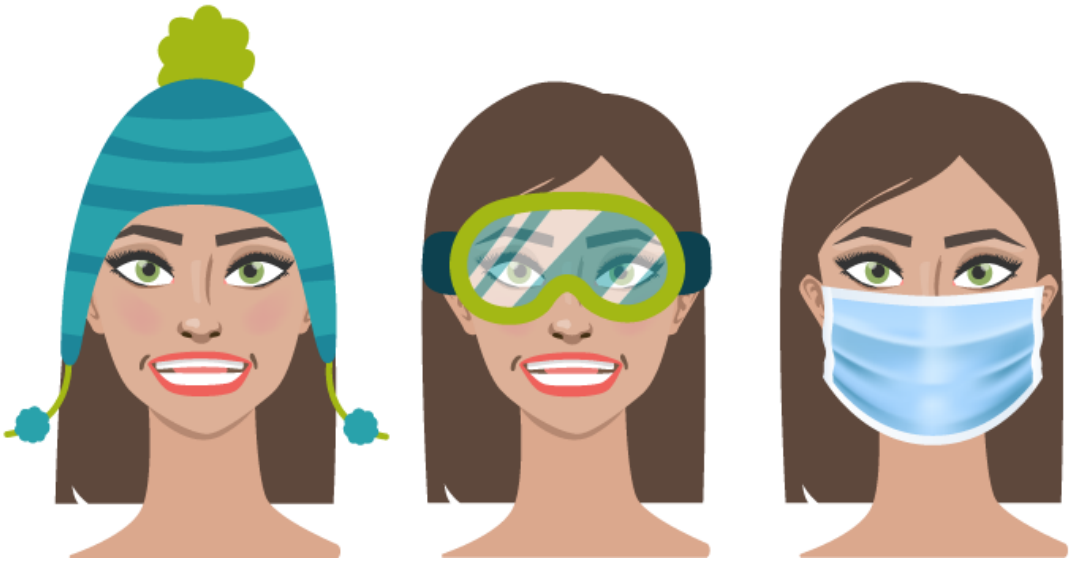
Na Figura 12 foram detectados 4 pontos de atenção para o reconhecimento do rosto da personagem. Os programas de IA fazem o mesmo. Captura um grande número de pontos de determinadas áreas do rosto das pessoas para gerar a sua imagem digital.



Figura 12. Imagem captura de um rosto humano pelo software *Pose Animator* (imagem liberada para fins educacionais)

Na figura anterior você pode ver os pontos que são capturados por uma câmera fotográfica para digitalizar uma foto. Depois desse primeiro reconhecimento distribua novas fotos dos rostos das mesmas pessoas com capuz, ou com óculos escuros, ou chapéu. No nosso caso da personagem.

Peça para os estudantes retomarem os pontos e apontarem os que ficam ou não prejudicados para o reconhecimento, com base nos pontos salientados na imagem inicial. Como mostrado na Figura 13.



13a 103b 13c

Figura 13. Acessórios que dificultam reconhecimento

A imagem 13a destaca um ponto de incerteza relacionado ao formato da orelha, uma vez que a touca cobre essa região. Já a imagem 103b evidencia a incerteza nos olhos, pois os óculos os encobre parcialmente. Por fim, a imagem 13c apresenta outras regiões com possíveis pontos de incerteza, como parte do rosto coberta pela máscara. Em cada uma das figuras acima ficou faltando um ponto de reconhecimento, considerado relevante (Figura 11) se comparadas com a figura original.

Note que na Figura 13a, o uso da touca não impediu o reconhecimento. O cabelo não fazia parte do foco principal. Mas, o formato da orelha ficou bem prejudicado pelo uso da touca. Ou seja, o uso de acessórios pode prejudicar o reconhecimento. Mesmo assim, a personagem seria reconhecida. Ainda, na Figura 13b os olhos ficam prejudicados para auxiliar no reconhecimento. Mas, mesmo assim, temos três pontos importantes: dentes, orelhas e nariz.

Para tomar a decisão de reconhecer ou não a personagem nas diferentes imagens (de treinamento e de teste), o raciocínio utilizado é o lógico indutivo, que parte do detalhe para inferir o todo. Ou seja, o sistema analisa características específicas, pois são essenciais para o reconhecimento da imagem, como olhos, boca ou orelhas, e, a partir dessas evidências locais, generaliza uma conclusão sobre a identidade completa da personagem.

No momento seguinte, explique a seus estudantes que a IA faz um processo similar. Captura pontos importantes do formato do rosto (a,b,c) das pessoas para depois utilizá-los para o reconhecimento, com na da Figura 11.

Veja, que no exemplo o cabelo não foi considerado importante, pois as pessoas mudam muito o formato e a cor de seus cabelos. Roupas também não foram incluídas, pois, também, são trocadas com frequência. Observe ainda, que não é necessário que a pessoa esteja na mesma posição para o reconhecimento (frontal na Figura 11).

6.1. REPRESENTAÇÃO E RACIOCÍNIO

A IA representa conhecimento de várias formas (regras de produção, redes semânticas, árvores de decisão, redes neurais, algoritmos genéticos etc.). Neste texto iremos abordar apenas algumas formas de representação. Ainda, o conhecimento representado, para ser utilizado, necessita de raciocínio sobre o conhecimento. Existem várias formas de raciocínio. Aqui iremos abordar três delas: raciocínio simbólico, que está presente nas redes semânticas e nas árvores de decisão, raciocínio estatístico, que está presente em nossos exemplos de redes neurais e LLMs, e raciocínio evolutivo, presentes nos algoritmos genéticos).

Neste item será apresentado apenas uma forma de representação e raciocínio, com o objetivo de tornar mais simples o entendimento destes dois conceitos. As demais formas de representação e raciocínio serão apresentadas junto ao tema aprendizado de máquina.

6.1.1. Redes Semânticas

O primeiro tipo de IA que será trabalhado, no item aprendizado de máquina, é a IA baseada em conhecimento. Você irá construir um chatbot de IA com conhecimento, sem a necessidade de código. Será capaz de usar esse conhecimento para conversar com as pessoas sobre um determinado assunto. Sistemas de IA como este precisam armazenar e organizar informações em sua memória. Uma das maneiras de fazer isso é usando redes semânticas.

As **redes semânticas**[21] são uma forma de representar relações entre objetos e ideias. Por exemplo, uma rede pode informar a relação entre diferentes animais (o gato é um mamífero, o gato tem bigodes, o gato gosta de carne). Essas redes podem

[21] A teoria dos grafos é um ramo da matemática que estuda estruturas formadas por **vértices (ou nós)** e **arestas (ou ligações)** que conectam esses vértices. Ela é usada para representar e analisar relações entre elementos, como as conexões em uma rede semântica.

ajudar os sistemas de IA, e aos humanos também, a compreender o conhecimento do senso comum[22].

Elas utilizam raciocínio simbólico para obter suas previsões. O **raciocínio simbólico** é uma abordagem da IA que utiliza a manipulação de símbolos e conceitos, ao invés de números. Veja a atividade a seguir, para melhor entendimento dos conceitos envolvidos. Nela, é importante entender que o OBJETO é a entidade concreta ou instância específica que pode ser percebida ou manipulada; CONCEITO é a ideia abstrata que agrupa características comuns a vários objetos, servindo como categoria geral; REFERÊNCIA, por sua vez, é o indicador ou ponte que aponta para um objeto ou para o próprio conceito, permitindo localizá-lo ou citá-lo.

O objetivo das redes semânticas é conectar objetos, seus relacionamentos e seus atributos. A herança de atributos é uma das principais vantagens das redes semânticas. A herança é passada de um objeto para outro através do arco "*é um*". Por exemplo, o objeto 'gato' em uma rede semântica pode herdar do objeto 'animal' o fato de produzir leite pois gato estará ligado à animal através do arco 'é um' (gato é um animal).

ATIVIDADE: REDE SEMÂNTICA

Perguntas Norteadoras	- Que tipos de relações podemos identificar entre diferentes objetos ou ideias? - De que forma uma rede de conceitos pode ajudar uma IA a "entender" o mundo? - Como organizar informações de forma lógica e visual para resolver um problema?
Metodologia	A atividade contempla os verbos "compreender" e "aplicar" da taxonomia de Bloom.
Materiais	Uma folha de cartolina branca, um conjunto de objetos que podem ser figuras representando o problema que você deseja modelar, 4 novelos de linha de cores diferentes.
Tópicos explorados	Representação do conhecimento e raciocínio simbólico
Aspectos	Fundamentos da IA, IA Centrada no Planeta
Habilidades do RC em IA	EF15IA05 - Descrever soluções ou algoritmos que sejam computáveis

[22]O **senso comum** é um tipo de conhecimento popular, adquirido pela observação e pela repetição, que não foi testado metodicamente.

	EF15IA06 - Reconhecer problemas e usar formas simples de organizar informações para resolvê-los com algoritmos clássicos EF15IA07 - Criar soluções desenhando caminhos (grafos) que mostrem as opções possíveis EF15IA08 - Utilizar formas de organização e raciocínio simbólico para implementar soluções
Habilidades BNCC (Computação)	EF01CO01: Organizar objetos físicos ou digitais considerando diferentes características para esta organização, explicitando semelhanças (padrões) e diferenças. EF02CO01: Criar e comparar modelos (representações) de objetos, identificando padrões e atributos essenciais. EF03CO03: Aplicar a estratégia de decomposição para resolver problemas complexos, dividindo esse problema em partes menores, resolvendo-as e combinando suas soluções. EF05CO02: Reconhecer objetos do mundo real e digital que podem ser representados através de grafos que estabelecem uma organização com uma quantidade variável de vértices conectados por arestas, fazendo manipulações simples sobre estas representações. EF15CO01: Identificar as principais formas de organizar e representar a informação de maneira estruturada (matrizes, registros, listas e grafos) ou não estruturada (números, palavras, valores verdade). EF15CO04: Aplicar a estratégia de decomposição para resolver problemas complexos, dividindo esse problema em partes menores, resolvendo-as e combinando suas soluções.

Passos para realizar a atividade:

1. Distribua os cartões com figuras na mesa ou no chão fora da folha de cartolina, que deve estar aberta para receber a rede que será construída. Você pode usar até três conjuntos de peças quadradas (figuras recortadas) de objetos/conceitos, por exemplo: 1) família, 2) animais e 3) instrumentos musicais, entre outros. Alguns exemplos de cartões incluem, porém não limitado a esses:

   Animais: Cão, Gato, Pássaro, Peixe, Cavalo, Coelho, Vaca, Rato, Pinguim, Borboleta

Pessoas: Criança, Veterinário, Idoso, Mãe, Pai, Biólogo, Professor, Cuidador

Objetos: Tigela, Ninho, Jaula, Janela, Casinha, Aquário, Comedouro, Rede, Vaso

2. Corte pedaços do fio de linha, no tamanho aproximado de 20cm. Corte ainda um conjunto de fios de aproximadamente 5cm para fazer os arcos que irão direcionar a sua rede.

3. As figuras representarão os objetos ou conceitos, enquanto as linhas e setas indicarão as conexões orientadas e nomeadas (arcos) entre eles. Cada conexão simboliza um tipo de relacionamento (por exemplo: É, TEM, FAZ, USA). Alguns exemplos são:

   Ações: Comer, Voar, Caçar, Latir, Miar, Nadar, Galopar, Picar, Brincar, Dormir, Chora, Pesquisa

   Alimentação: Ração, Peixe, Pão, Leite, Grãos, Cenoura, Insetos, Mel, Carne, Sementes

   Partes do corpo/características: Pelos, Penas, Asas, Barbatanas, Garras, Patas, Bico, Cauda, Chifres, Escamas

   Locais: Casa, Jardim, Céu, Lago, Fazenda, Floresta, Oceano, Estábulo, Rio, Montanha

4. Você tem conjuntos de setas com quatro tipos diferentes de relacionamento: É, TEM, FAZ etc.. Cada uma das cores que você selecionou nos materiais, irá representar um tipo de relacionamento. Exemplo de situações que podem ser representadas (você pode escolher as características para representar na rede, cuidando sempre para que as escolhas possibilitem a identificação do conceito que está sendo representado):

   ```
   É um animal carnívoro;
   TEM pelos;
   FAZ comer;
   ```

5. Utilize quatro cores diferentes de linha para representar os diferentes tipos de relacionamento. Por exemplo:

   - Laranja para “É”
   - Marrom para “TEM”
   - Verde para “FAZ”

- Outra cor à escolha para um quarto tipo (como “USA”, “COME” ou outro relevante ao contexto)

6. Os estudantes, utilizando as linhas e as canetinhas para indicar o sentido, ligam cada objeto ao tipo de relação correspondente para registrar fatos na rede — por exemplo, “cão tem pelos” ou “pássaro tem penas”. Ao criar arestas (chamadas aqui de arcos) entre diferentes vértices (chamados de nodos), constrói-se uma rede de fatos interligados. As ligações de atributos às classes, por exemplo, animal faz comer implica que todas as classes que vierem abaixo de animal irão herdar o atributo comer. Por exemplo, ao considerar que o pássaro é um animal, ele herda de “animal” a característica “comer”. Da mesma forma, como o cão é um mamífero, ele herda tanto o atributo “pelos” quanto o atributo “comer”.

7. Construa uma rede colocando e conectando peças na cartolina. A rede será usada para fornecer a um chatbot de IA ou para você e seus estudantes, o conhecimento necessário para falar sobre o assunto de sua escolha. Você não precisa usar todas as peças. Você pode misturar e combinar peças de diferentes classes (família, animais, instrumentos musicais). Uma imagem de um exemplo de rede é mostrada a seguir (Figura 14).

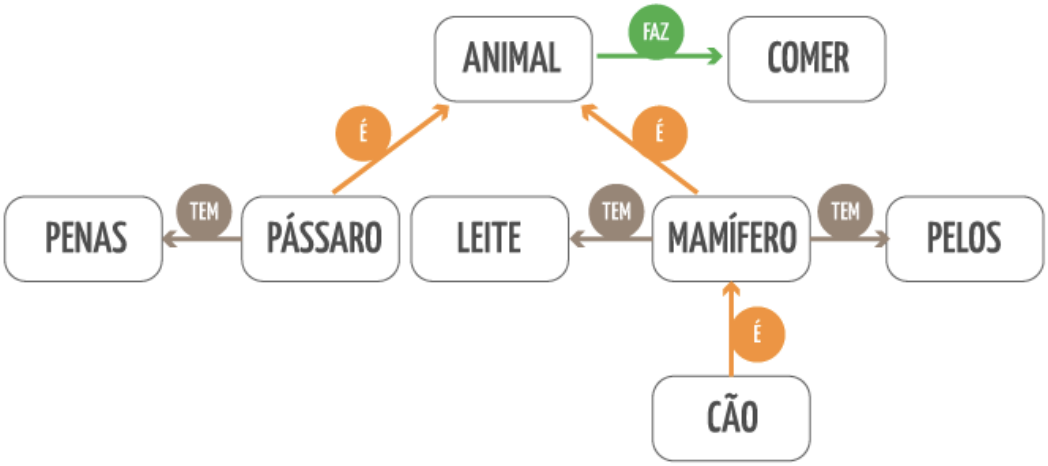


Figura 14. Rede semântica

Atenção! O arco “É” / “É UM” é um tipo especial de arco, pois ele transmite a herança de atributos. Por exemplo, o fato de “Cão” estar ligado ao “mamífero” por um arco “É” indica que “cão é um tipo de mamífero” e, por isso, herda atributos dessa classe, como “leite”. Como “mamífero” também é um tipo de “animal”, “cão” herda ainda o atributo “comer”, presente na classe “animal”. Veja que os arcos que recebem a herança de atributos estão sempre apontando para a classe que transmite esta herança, ou seja, a classe da qual fazem parte. Esse tipo de arco também pode ser representado pela sigla AKO, do inglês *A Kind Of* (“é um tipo de” em português). Fique à vontade para usar o termo com o qual se sentir mais confortável.

Usando a rede

Quando terminar de construir sua rede, certifique-se de que todos os blocos de objetos estejam voltados para a mesma direção e todas as setas estejam apontando para a direção correta, com especial cuidado para as setas dos arcos ‘é”, que transmitem a herança de atributos. Todas as peças devem ser colocadas dentro das linhas da cartolina. Ou seja, certifique-se que todos os conceitos e relacionamentos que você montou na rede estão ordenados de forma correta. A consulta à rede pode ser iniciada por qualquer vértice.

Agora suponha que esta sua rede foi submetida para um programa de IA que aprendeu sobre ela. O programa de IA, por exemplo, um chatbot, poderá responder a perguntas que envolvam os conceitos e os relacionamentos que você estabeleceu na rede. Por exemplo, você pode perguntar: cão tem bigodes? cão tem pelos? e o chatbot, ou você mesmo pode seguir os relacionamentos estabelecidos a partir do conceito "cão" e encontrar uma seta com o relacionamento "tem" apontando para “pelos”. No caso da pergunta sobre bigodes, terá falha pois este relacionamento entre cão e bigodes não foi estabelecido na rede.

Formule quantas perguntas desejar; as respostas devem sempre se limitar a uma das três possibilidades: “Sim”, “Não” ou “Desconheço”, conforme o conhecimento presente ou ausente na rede.

Depois de **terminar** a atividade, discuta as seguintes questões com seus estudantes ou com você mesmo(a):

- Que tipos de relacionamentos você conseguiu expressar usando a rede semântica? O que foi mais difícil de capturar?
- Alguma das conexões que você fez o surpreendeu?
- O que acontece se você colocar informações falsas na rede semântica?
- O chatbot realmente entende o que é um “cão” (por exemplo) – se o computador não conhece nenhuma informação fora daquela que você construiu na rede semântica?
- A maneira como um computador entende conceitos usando uma rede semântica é semelhante ou diferente de como nós, humanos, entendemos os conceitos?

🔎Aprofundando o conhecimento

Matematicamente falando, uma rede semântica é um grafo orientado onde: G = (V, E) um grafo é uma estrutura matemática que consiste em dois conjuntos: V (finito e não vazio que contém os vértices) e E (relação binária sobre V que contém as arestas). No caso das redes semânticas, as arestas são nomeadas. Elas são chamadas de arcos.

Esclarecimento

Existem outras linhas da IA além da IA simbólica. Nesta atividade optamos por trazer redes semânticas apenas como forma de representação e raciocínio. Nos próximas seções serão apresentadas outras formas de representação de raciocínio, como árvores de decisão e redes neurais, junto com aprendizado de máquina.

Agora que já sabemos como a IA reconhece padrões e como ela representa as informações, gerando conhecimentos vamos entender como ela se adapta e, na sequência, como aprende.

7. ADAPTAÇÃO EM INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

Muitos sistemas de IA necessitam apenas se adaptar às necessidades dos problemas que necessitam resolver. Este é o caso dos sistemas tutores inteligentes (STI)[23]. Os STIs são utilizados para ensino aprendizagem. São aplicações da IA custosas de serem desenvolvidas. São específicas, isto é, ensinam, por exemplo, biologia evolutiva, para o ensino médio. São sistemas personalizados (uma versão do sistema para cada aluno). Ou seja, eles se adaptam, por exemplo, ao estilo de aprendizagem, ao nível cognitivo e ao estado afetivo, do estudante que o utiliza. Não é objetivo deste documento tratar deste assunto. Mas, para os leitores interessados, sugerimos (CIEB Nota Técnica #21, 2024).

O objetivo é introduzir adaptação na IA, através de um exemplo de computação evolutiva.

7.1. COMPUTAÇÃO EVOLUTIVA

A computação evolutiva é uma área da IA inspirada na teoria dos processos evolutivos que ocorrem na natureza. Pense em como os seres vivos vão desenvolvendo características que os ajudam a sobreviver melhor, a se adaptarem, em certos ambientes. De acordo com a teoria da evolução, esse processo de melhoria contínua ocorre pois os indivíduos mais aptos têm maior probabilidade de perpetuar seus genes. Algoritmos genéticos são uma das técnicas da computação evolutiva.

É um tipo de processo adaptativo que pode ser chamado de Evolutivo. Ou seja, algoritmos genéticos[24] utilizam o **raciocínio evolutivo**, em vez de deduzir regras ou ajustar probabilidades, eles evoluem uma população de soluções, usando seleção, cruzamento e mutação para se aproximar da melhor resposta. O raciocínio evolutivo segue a concepção de que as espécies mudam ao longo do tempo. Dentro dessa área existem diversas técnicas que tentam simular esse comportamento, como os Algoritmos Genéticos. Eles funcionam de modo semelhante à evolução

[23] Os sistemas tutores inteligentes são projetados e desenvolvidos com fins unicamente educacionais. Seus componentes clássicos são, interface, modelo do conteúdo (sobre o que será ensinado), modelo do aluno (alma do sistema contendo estilo de aprendizagem, desempenho e emoções) e modelo do ensino (estratégias e táticas pedagógicas).

[24] Algoritmos Genéticos são algoritmos de otimização global, baseados nos mecanismos de seleção natural e da genética. Algoritmos genéticos são uma das técnicas da IA utilizadas para resolver problemas.

biológica. Contudo, em vez de lidarmos com genes e organismos reais, representamos os genes como sendo partes de uma solução para um problema.

7.1.1. Algoritmos Genéticos

No caso dos algoritmos genéticos[25], começamos com um conjunto de possíveis soluções para o problema (indivíduos), chamada de população inicial, onde cada solução possui genes que definem suas características. Com base nessa sequência de genes, pode-se estimar quão apto um indivíduo é ao cumprir uma determinada tarefa. Em outras palavras, utiliza-se uma equação que calcula um valor. Quanto maior ou menor é esse valor, pode-se dizer que esse indivíduo é mais ou menos apto, dependendo do objetivo.

Após a organização inicial da população, inicia-se o processo de seleção, onde os indivíduos mais aptos possuem maior chance de perpetuar seus genes. Esse processo pode ser feito, por exemplo, jogando um dado e escolhendo um indivíduo de acordo com o número obtido ou calculado proporcionalmente de acordo com a função de aptidão. Ver figura 15.

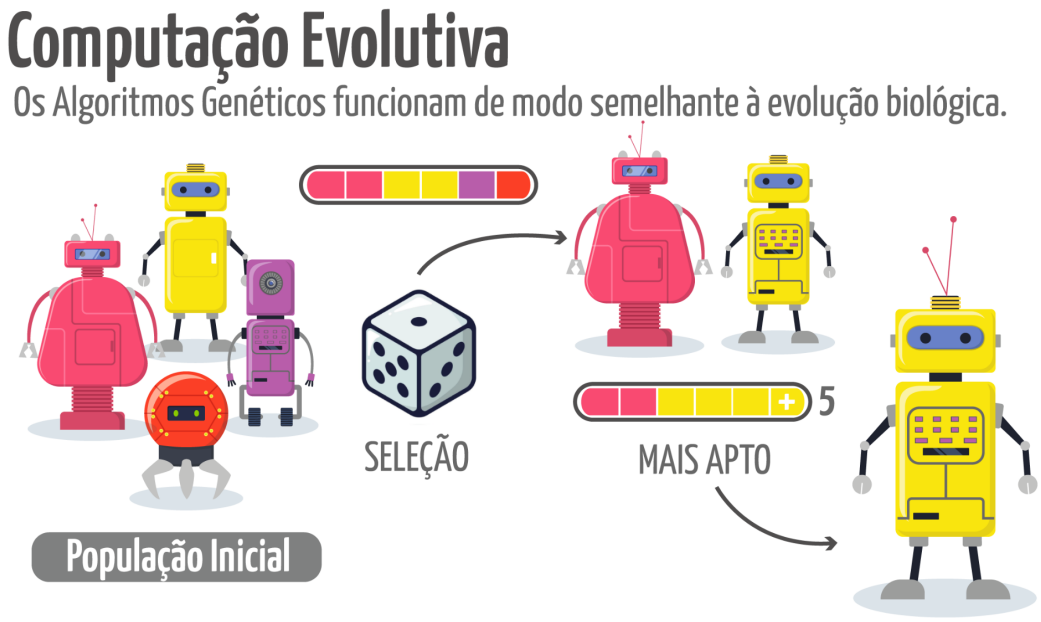


Figura 15 Algoritmos genéticos

Após a seleção de dois indivíduos, inicia-se o processo de cruzamento (crossover) onde dois indivíduos se combinam para que novos indivíduos (soluções filhas)

[25]Algoritmos Genéticos são uma técnica matemática inspirados nos mecanismos de evolução natural e recombinação genética de **busca e otimização**, paralela, inspirada no princípio Darwiniano de seleção natural e reprodução genética

sejam criadas. Esse procedimento, na prática, consiste em copiar partes diferentes e complementares de dois indivíduos, formando um novo indivíduo que agora perpetua as características dos seus antecessores. A seleção e o cruzamento são realizados até que uma nova população, com o mesmo tamanho que a inicial, seja criada (Figura 16).

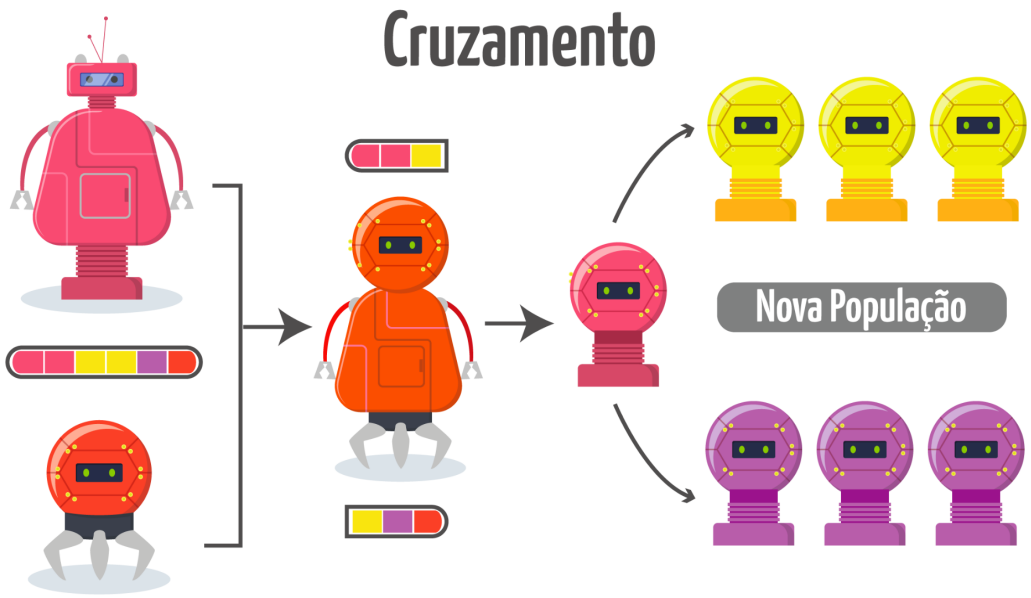


Figura 16. Algoritmos genéticos - cruzamento

Após a composição de uma nova população existe um último procedimento, o qual também vemos na natureza, que precisa ser realizado, chamado de mutação. Esse procedimento consiste em alterar um ou mais genes de um indivíduo, de forma aleatória. Tanto a quantidade de indivíduos quanto a quantidade de genes deve ser realizada de forma aleatória e esporadicamente, assim como na natureza. Por fim, temos uma nova geração completa (Figura 17) e o procedimento pode ser repetido até que tenhamos obtido uma solução satisfatória.

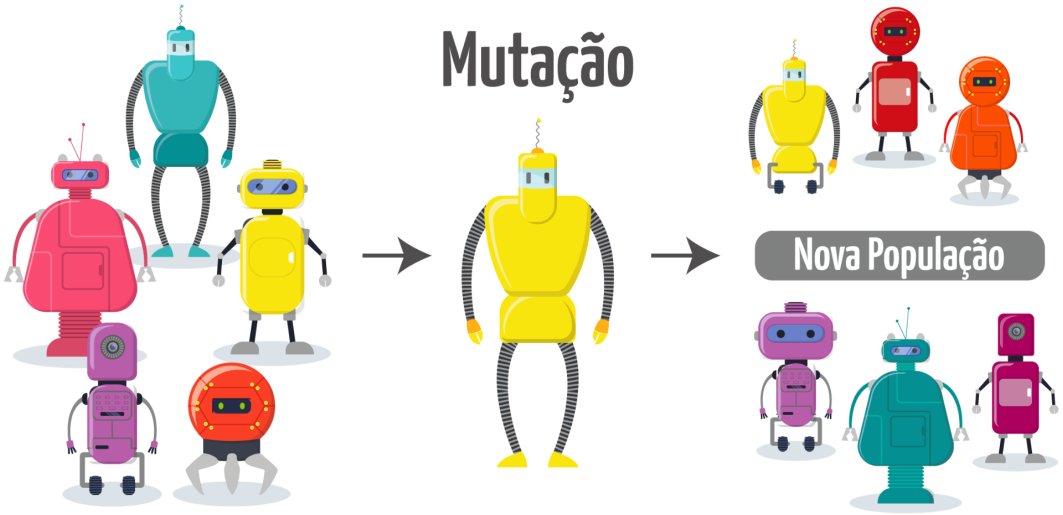


Figura 17. Algoritmos genéticos nova geração

7.1.2. Importância na IA

A Computação Evolutiva e, em especial, os algoritmos genéticos são importantes para resolver problemas complexos, para os quais não há um caminho óbvio ou uma fórmula direta. Exemplos:

- Otimização de rotas: Encontrar o melhor percurso para um carro de entregas passando por vários pontos.
- Design de produtos: Descobrir o formato mais eficiente de uma peça ou estrutura, combinando diferentes parâmetros.
- Machine Learning: Ajustar parâmetros de modelos de aprendizado de máquina. Em vez de tentarmos manualmente, deixamos o "processo evolutivo" buscar boas configurações.

Além disso, os algoritmos genéticos também nos ajudam a entender, de forma prática, como as decisões de "quem sobrevive" (seleção) e "quem cruza" (reprodução) afetam o resultado final. Isso também pode nos levar a reflexões sobre como a "função de aptidão", se definida de maneira tendenciosa ou injusta, acaba produzindo sistemas que perpetuam ou até agravam certos vieses.

Para avaliarmos, de forma prática, como um algoritmo genético funciona, podemos fazer uma dinâmica com os estudantes, que chamaremos aqui de cards genéticos.

ATIVIDADE: ROBÔS ESPACIAIS

Perguntas Norteadoras	- De que forma o processo de seleção natural ajuda a resolver problemas em computação? - O que significa dizer que um algoritmo genético “evolui” soluções? - Onde os algoritmos genéticos podem ser usados no mundo real? Você consegue imaginar algum exemplo em que eles ajudem a resolver problemas? - Quem define o que é “aptidão” ou sucesso em um algoritmo? Essa escolha é neutra? - Quais os riscos de definir critérios de “melhor solução” de forma injusta ou excludente?
Metodologia	Os verbos da taxonomia de Bloom envolvidos nesta atividade são “compreender”, “aplicar” e “criar”.
Materiais	cartolina, figuras de robôs ou desenhos dos alunos, lápis de cor.
Tópicos explorados	Representação do conhecimento e uso de raciocínio evolucionário.
Aspectos	Fundamentos da IA, Uso e Design, IA Centrada no Planeta
Habilidades do RC em IA	EF15IA04 - Descrever problemas reais e suas soluções em linguagem natural e matemática EF15IA05 - Descrever soluções ou algoritmos que sejam computáveis EF15IA06 - Reconhecer problemas e usar formas simples de organizar informações para resolvê-los com algoritmos clássicos EF15IA10 - Utilizar sistemas de Inteligência Artificial multimodal de maneira crítica e reflexiva EF69IA08 - Aplicar o ciclo de vida de um sistema de IA, criando uma solução que considere princípios éticos desde a concepção até a implementação, garantindo transparência, equidade e responsabilidade em todas as etapas.

Habilidades BNCC (Computação)	EF15CO02: Construir e simular algoritmos, de forma independente ou em colaboração, que resolvam problemas simples e do cotidiano com uso de sequências, seleções condicionais e repetições de instruções. EF15CO04: Aplicar a estratégia de decomposição para resolver problemas complexos, dividindo esse problema em partes menores, resolvendo-as e combinando suas soluções. EF15CO05: Codificar a informação de diferentes formas, entendendo a importância desta codificação para o armazenamento, manipulação e transmissão em dispositivos computacionais. EM13CO05: Identificar os limites da Computação para diferenciar o que pode ou não ser automatizado, buscando uma compreensão mais ampla dos limites dos processos mentais envolvidos na resolução de problemas. EM13CO10: Conhecer os fundamentos da Inteligência Artificial, comparando-a com a inteligência humana, analisando suas potencialidades, riscos e limites.

Primeiramente, devemos escolher um tema, o qual vai de acordo com a característica da turma. Alguns exemplos são “Robôs Espaciais”, “Criaturas Fantásticas”, “Dragões Alados”, “Código de Números”, entre outros. Após isso, devemos definir como iremos representar os nossos indivíduos, ou seja, quais as características que eles terão e quais os possíveis genes. Por exemplo, “Força”, “Agilidade”, “Poder de Fogo”, “Camuflagem”, “Energia”, entre outros, de modo que eles tenham pesos associados a essas características (valores de 1 a 5, por exemplo). Em seguida, também temos que definir como iremos medir o quão aptos os nossos indivíduos serão. Esse cálculo pode ser realizado calculando a média dos valores atribuídos aos genes, somando-os, ou de outra forma que julgar melhor. Por fim, temos de definir o tamanho da população.

Atividade: Cards Genéticos
Tema: Robôs Espaciais
Genes: Força (1 a 10), Velocidade (1 a 10), Inteligência (1 a 10).
Tamanho da População: 6

Com a temática definida, podemos passar para a criação dos cartões. Elas devem discriminar três genes (atributos) e o total. Vide as Figuras 18 e 19 com exemplos. Observe que nesses cartões foram incluídos nomes. Esse nome é optativo, mas pode ser utilizado para integrar a turma e promover interação.



Figura 18. Carta exemplo demonstrando os genes e a soma dos valores.



Figura 19. Sugestões de robôs da atividade de algoritmos genéticos

Como funciona

Etapa 1: Seleção de Indivíduos

O primeiro passo consiste em identificar os dois indivíduos mais aptos da população de personagens. Esses indivíduos serão os responsáveis por participar do processo de cruzamento, representando a etapa de seleção natural. Nesse processo, os mais aptos possuem maior chance de transmitir suas características (genes) para a próxima geração. Para selecionar os indivíduos mais aptos, você deve ordenar os cartões com base na sua aptidão, em ordem decrescente. Para auxiliar, você também pode utilizar um bloco de notas para anotar a ordem.

Etapa 2: Cruzamento

Após a seleção dos dois indivíduos mais aptos, tem início o processo de cruzamento, no qual serão combinadas características (genes) de ambos para gerar novos indivíduos (filhos). Esse cruzamento simula a recombinação genética observada na natureza e é uma das etapas centrais do funcionamento de um algoritmo genético.

Para executar essa etapa, deve-se definir quais características serão herdadas de cada um dos indivíduos selecionados. Uma estratégia possível é escolher que um dos genes (por exemplo, Força) seja herdado do primeiro indivíduo, enquanto os demais (como Velocidade e Inteligência) sejam herdados do segundo. Em seguida, é possível inverter a combinação, criando assim dois novos indivíduos. Seria interessante que essa escolha fosse realizada de forma aleatória, por exemplo, utilizando um dado para sortear qual gene será selecionado de cada indivíduo. Crie uma nova carta para cada novo indivíduo gerado. Veja um exemplo prático a seguir:

Nome: VÉRTICE-X **Força**: 4 **Velocidade**: 7 **Inteligência:** 5 **Aptidão**: 16	**Nome: NEURO-A** **Força**: 3 **Velocidade**: 4 **Inteligência:** 8 **Aptidão**: 15
Nome: XPTO (Filho 1) **Força**: 4 (herdado do Vértice-X) **Velocidade**: 4 (herdado do Neuro-A) **Inteligência:** 8 (herdado do Neuro-A) **Aptidão**: 16	**Nome: R2D2 (Filho 2)** **Força**: 3 (herdado do Neuro-A) **Velocidade**: 7 (herdado do Vértice-X) **Inteligência:** 5 (herdado do Vértice-X) **Aptidão**: 15



Embora os novos indivíduos tenham aptidões semelhantes às de seus "pais", eles apresentam diferentes combinações de características, o que enriquece a diversidade da população. O processo de seleção e cruzamento deve ser repetido até que a nova população esteja completa. No exemplo proposto, a nova geração deve conter seis indivíduos. Vamos, de forma resumida, repetir o procedimento de seleção e cruzamento para preencher o restante na população. Consideraremos, neste exemplo, que os indivíduos selecionados foram TITÃ e FERROX-88, gerarando os filhos TITÉRICE e NERROX, e DRACO-MK4 e ORB-3X, gerando os filhos DROB-M5 e FERONE-88.

Nome: TITÃ **Força**: 9 **Velocidade**: 3 **Inteligência:** 2 **Aptidão**: 14	**Nome: FERROX-88** **Força**: 5 **Velocidade**: 4 **Inteligência:** 5 **Aptidão**: 14	**Nome: DRACO-MK4** **Força**: 4 **Velocidade**: 2 **Inteligência:** 6 **Aptidão**: 12	**Nome: ORB-3X** **Força**: 2 **Velocidade**: 8 **Inteligência:** 4 **Aptidão**: 14
Nome: TITÉRICE (Filho 1) **Força**: 9 **Velocidade**: 4 **Inteligência:** 5 **Aptidão**: 18	**Nome: NERROX (Filho 2)** **Força**: 5 **Velocidade**: 3 **Inteligência:** 2 **Aptidão**: 10	**Nome: DRORB-M5 (Filho 1)** **Força**: 4 **Velocidade**: 2 **Inteligência:** 8 **Aptidão**: 14	**Nome: FERONE-88 (Filho 2)** **Força**: 2 **Velocidade**: 2 **Inteligência:** 6 **Aptidão**: 10



➕ Extra: Caso se deseje adicionar um elemento de aleatoriedade ao processo, é possível utilizar um critério probabilístico baseado nos valores de aptidão (ou fitness) dos personagens. Uma forma prática de implementar essa escolha é por meio do uso de um dado ou de uma moeda. Por exemplo, suponha que os indivíduos mais aptos sejam VÉRTICE-X e NEURO-A. Para escolher qual dos dois participará do cruzamento, pode-se jogar uma moeda (cara para VÉRTICE-X e coroa para NEURO-A) ou um dado comum de seis lados. Nesse caso, números de 1 a 3 poderiam representar VÉRTICE-X, enquanto números de 4 a 6 indicariam NEURO-A. Esse procedimento pode ser repetido para selecionar o segundo indivíduo que fará parte do cruzamento, garantindo uma seleção justa e com elementos de variabilidade.

Etapa 3: Mutação

Uma vez que os novos indivíduos tenham sido gerados e seus cartões devidamente preenchidos, devemos realizar o processo de mutação, que consiste em alterar o valor de algum gene de um indivíduo selecionado aleatoriamente. Vamos considerar que a próxima geração, mostrada a seguir, é composta por indivíduos cruzados a partir da população inicial. Na tabela pode-se observar os dois indivíduos gerados no exemplo anterior (XPTO e R2D2), além de outros quatro indivíduos gerados com base no mesmo processo, mas tendo como base diferentes indivíduos da população anterior.

Nome: XPTO **Força**: 4 **Velocidade**: 4 **Inteligência:** 8 **Aptidão**: 16	**Nome: R2D2** **Força**: 3 **Velocidade**: 7 **Inteligência:** 5 **Aptidão**: 15	**Nome: TITÉRICE** **Força**: 9 **Velocidade**: 4 **Inteligência:** 5 **Aptidão**: 18
Nome: NERROX **Força**: 5 **Velocidade**: 3 **Inteligência:** 2 **Aptidão**: 10	**Nome: DRORB-M5** **Força**: 4 **Velocidade**: 2 **Inteligência:** 8 **Aptidão**: 14	**Nome: FERONE-88** **Força**: 2 **Velocidade**: 2 **Inteligência:** 6 **Aptidão**: 10



Para selecionar o indivíduo que será mutado, podemos definir um número, de 1 a 6, considerando a posição na população (da esquerda para a direita, de cima para baixo) e utilizar um dado para sortear um indivíduo aleatoriamente. Por exemplo, caso o dado mostrasse o valor 3, poderíamos escolher o indivíduo TITÉRICE. Após

isso, similarmente, utilizando um dado, podemos sortear um gene e definirmos se ele irá aumentar, diminuir e quanto.

Nome: TITÉRICE

Força: 9
Velocidade: 2 (original 4 - mutação -2)
Inteligência: 5

Aptidão: 16



Etapa 4: Nova população

Após realizar a mutação e 1 ou mais indivíduos, deve-se juntar todos os novos cartões e criar uma nova população, conforme mostrado abaixo. Após a definição da nova população, o procedimento completo (seleção, cruzamento, mutação e nova população) pode ser reiniciado (voltamos à etapa 1), considerando agora a nova população.

Concluindo a atividade

Para encerrar, pode-se definir um número fixo de repetições. Por exemplo, podemos gerar 5 novas populações. Nesse sendo, o indivíduo com maior fitness, entre todos os gerados, pode ser apontado como o mais apto e melhor robô criado, de acordo com o tema escolhido.

De modo geral, essa atividade apresenta como os princípios básicos de evolução natural podem ser aplicados na computação em busca de soluções. Ao final, espera-se que eles compreendam as etapas principais de um Algoritmo Genético e

desenvolvam pensamento crítico sobre a definição de “melhor” (função de aptidão) e as possíveis implicações disso no desenvolvimento de tecnologias de IA.

O que isso tem a ver com as inferências e respostas?

Na atividade, cada indivíduo representa uma solução candidata codificada por parâmetros (genes), cuja qualidade é avaliada por uma função de aptidão. A seleção privilegia soluções com maior desempenho, o cruzamento combina características para explorar novas regiões do espaço de busca e a mutação insere variação para evitar convergência prematura. Em sistemas de IA, esses processos impactam diretamente a qualidade das inferências e respostas, uma vez que a busca por parâmetros e estruturas otimizadas contribui para modelos mais precisos e adaptativos. Assim, compreender o ciclo de evolução de soluções nessa atividade fornece um paralelo conceitual com a forma como sistemas inteligentes ajustam seus modelos internos para gerar respostas mais consistentes e fundamentadas a partir dos dados analisados.

8. APRENDIZADO DE MÁQUINA

Sabe-se que os sistemas de IA aprendem. Nesse texto iniciaremos com o aprendizado simbólico. A IA simbólica pode utilizar aprendizado de máquina. Por exemplo, a programação lógica indutiva aprende representações lógicas simbólicas a partir de dados, e o aprendizado da árvore de decisão aprende regras simbólicas na forma de uma árvore de condições lógicas.

Os sistemas de IA simbólicos, também chamados de baseados em conhecimento, normalmente utilizam representações fundamentadas em lógica ou em modelos probabilísticos, que podem ser geradas por humanos ou por máquinas, a partir dos dados. Estas representações baseiam-se em **descrições explícitas** de variáveis e das suas inter-relações. Por exemplo, um sistema que raciocina sobre educação pode ter variáveis[26] que representam estudantes, escolas, professores, disciplinas etc. Um exemplo prático em um hospital é que, a partir de registros de pacientes contendo sintomas e diagnósticos, o sistema pode aprender regras como “se o paciente apresenta febre alta e tosse persistente, então é provável que tenha pneumonia”.

Ao construir manualmente, de forma explícita, um sistema simbólico de IA, os humanos fornecem tanto o conhecimento quanto o vocabulário[27] no qual esse conhecimento será expresso. O engenheiro do conhecimento, que é o especialista responsável por fornecer as informações sobre o domínio tratado pelo sistema de IA, desempenha papel central nesse processo. Por exemplo, se o objetivo for desenvolver um sistema para diagnóstico médico, o engenheiro do conhecimento irá trabalhar junto com o médico, que contribuirá com a sua perícia para a construção do sistema especialista nessa área.

Quando a representação do conhecimento é gerada a partir dos dados recebidos, o próprio sistema de IA realiza a descoberta e a organização dessas informações, utilizando o que aprendeu por meio de sua experiência ou do treinamento realizado com os dados disponíveis.

Ou seja, os algoritmos de IA são diferentes dos algoritmos da computação, pois eles aprendem. Logo, não executam sempre os mesmos comandos programados. Os sistemas de IA construídos com base no aprendizado automático possuem alguma

[26] Na computação, uma variável é um espaço, físico ou virtual, na memória de um computador, onde diferentes tipos de dados (valores) são armazenados durante a execução de um programa.

[27] O termo "vocabulário" na área de IA significa o conjunto de termos, símbolos ou conceitos que o sistema utiliza para representar e raciocinar sobre um domínio específico.

inteligência porque, por exemplo, durante a sua formação, descobrem relações entre os parâmetros do modelo sem instruções precisas (**explícitas)**. Por exemplo, os modelos de linguagem recebem grandes quantidades de textos linguísticos e têm como objetivo "prever a próxima palavra", produzindo um modelo treinado que parece responder de forma inteligente aos prompts. É aqui que ocorre o que os pesquisadores de IA consideram inteligência **na fase de construção**. Mas, o que para os usuários finais parece ser "inteligência" ocorre **em tempo de execução**, após a construção.

Também podem existir **situações mistas**, onde o conhecimento inicial vem de um especialista humano e o sistema de IA também aprende durante seu uso (com sua experiência). Por exemplo, tanto o Deep Blue, como AlphaZero (sistemas de IA da Google), receberam as regras do jogo de engenheiros humanos. Essas regras permitem que os sistemas façam jogadas interessantes, mas não boas jogadas. As boas jogadas vêm em grande parte de sua prodigiosa capacidade de raciocinar sobre trajetórias futuras no jogo.

Para entender melhor como a IA funciona, é essencial reconhecer que ela se baseia no aprendizado de máquina (do inglês *Machine Learning*[28]), que é um conjunto específico de algoritmos que, através do processamento de dados, identificam padrões, fazem generalizações e restrições, formando o conhecimento, que serve como base para as previsões, decisões e ações da IA. O aprendizado é a essência da IA e a diferencia da computação tradicional, permitindo que se adapte a novas situações. O aprendizado de máquina traz essa capacidade de melhorar desempenho com a experiência, independentemente da forma como estes dados são representados pelo modelo utilizado. Essa habilidade de aprender e se adaptar é o que torna a IA tão poderosa e relevante em uma ampla gama de aplicações.

Veja a seguir como acontece o ciclo dos sistemas de IA que aprendem.

[28]Aprendizado de máquina, ou *machine learning*, é a forma que a IA utiliza para aprender. O fato de um algoritmo possibilitar o aprendizado fornece para a IA uma característica particular. Ou seja, o ciclo de vida da IA não termina quando os seus sistemas entram em uso, permitindo assim uma melhoria do desempenho destes sistemas.

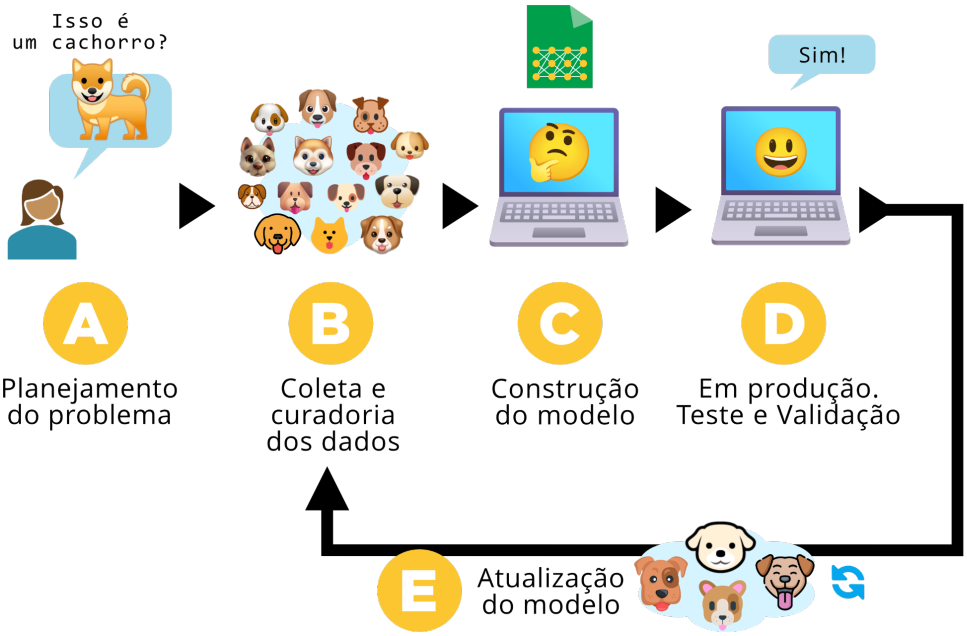


Figura 20. Ciclo de vida de um sistema de IA

A Figura 19 traz informações importantes para entendermos a IA. Primeiro, é necessário delimitar bem o problema a ser resolvido (no exemplo, reconhecer um animal como sendo ou não um cão). Segundo, ter muitos dados que representem cães. Veja que é importante que os dados passem por um processo de curadoria, o qual consiste em verificar se eles são adequados para representar cães e não trazerem vieses (por exemplo, terem muitas imagens de uma única raça). De modo geral, quanto maior e mais diversificado for o conjunto de dados, melhor tende a ser o desempenho do sistema. Na etapa C, é escolhida uma técnica que resultará em um modelo treinado com todos os dados que foram obtidos. Na sequência (D), ocorrerão os testes do sistema com dados que não foram usados no treinamento, para verificar sua acurácia. Se o sistema consegue reconhecer todos os cães, descartando os demais animais selecionados para teste, ele está validado. A quinta etapa é opcional, pois muitos sistemas de IA são treinados, testados e 'fechados'. Outros continuam 'abertos' e aprendem com o seu uso ou até mesmo com novos processos de treinamento. No caso dos sistemas abertos, cada cão reconhecido fortalece o modelo e passa a fazer parte do conjunto de dados (B). Ou seja, o sistema continua sendo treinado durante o seu uso adquirindo conhecimento constantemente.

Trata-se de um conjunto de técnicas que permite às máquinas melhorar seu desempenho e, geralmente, geram modelos de forma automatizada por meio da exposição a dados de treinamento (**modelos implícitos**), que podem ajudar a identificar padrões e regularidades, ao invés de instruções explícitas de um ser humano. Assim como existem diferentes áreas de aplicação, também há diferentes

maneiras pelas quais esse aprendizado pode ocorrer, variando conforme o tipo de dado disponível e o objetivo da tarefa. Vamos explicar os três principais a seguir.

O aprendizado de máquina pode ocorrer de três formas principais:

1) **Aprendizado supervisionado**: onde os dados de entrada são anotados, ou seja, eles contêm o problema e a solução. Isso significa que o algoritmo de aprendizado de máquina pode aprender a mapear os dados de entrada para os dados de saída desejados, como mostrado na figura a seguir.

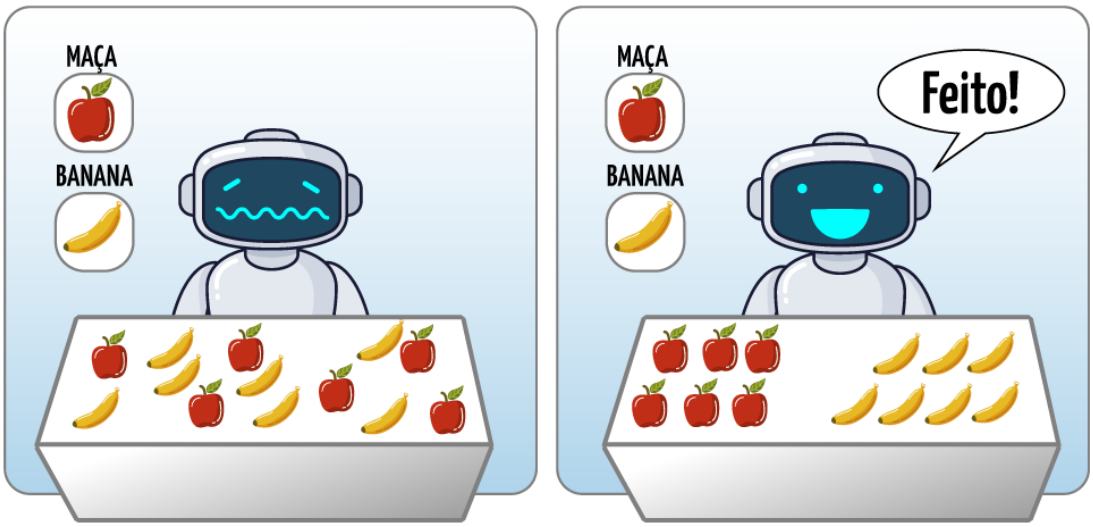


Figura 21. Aprendizado Supervisionado

2) **Aprendizado não supervisionado**: o algoritmo não recebe informação sobre a resposta desejada. Em outras palavras, o algoritmo recebe apenas o "problema". O algoritmo precisa inferir, a partir dos dados de entrada, a possível resposta. Isso pode ser muito útil em situações em que não há dados anotados disponíveis, como se apresenta na figura a seguir.

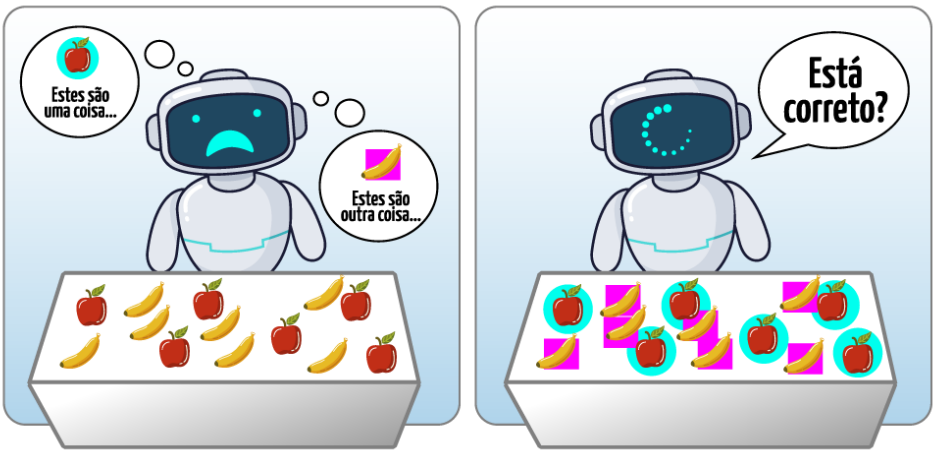


Figura 22. Aprendizado não supervisionado

3) **Aprendizado por reforço**: um tipo de aprendizado de máquina em que um algoritmo aprende por meio de tentativa e erro interagindo com o ambiente. O algoritmo recebe um feedback positivo (recompensa) quando toma uma ação correta e um feedback negativo quando toma uma ação incorreta. Com o tempo, o algoritmo aprende a maximizar as recompensas e minimizar as punições, ver figura seguinte.

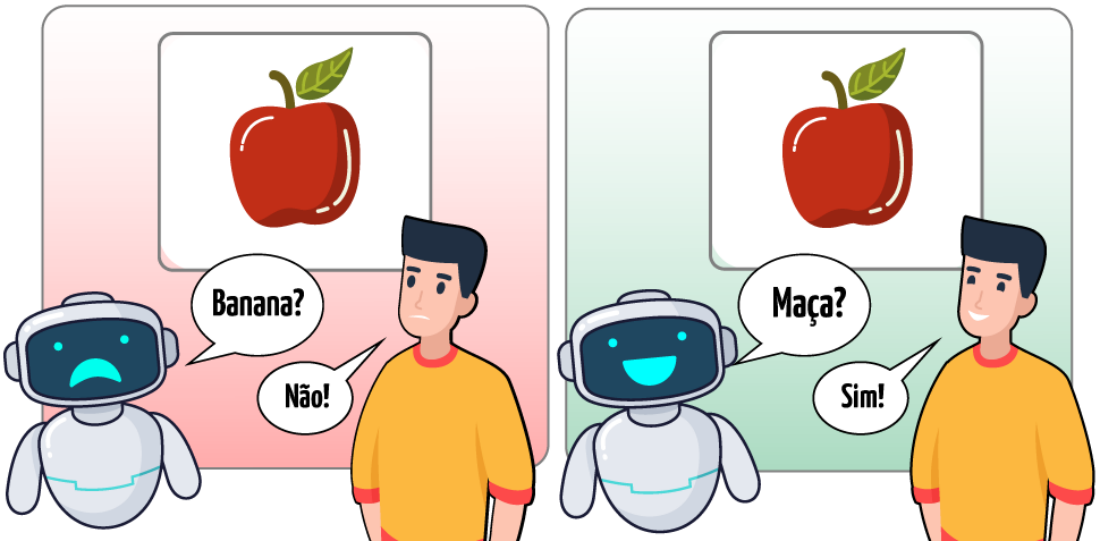


Figura 23. Aprendizado por reforço

A seguir serão apresentadas novas atividades para o entendimento prático desses conceitos de aprendizado de máquina.

8.1. ÁRVORES DE DECISÃO E APRENDIZADO SUPERVISIONADO

O Reconhecimento de Padrões desempenha um papel importante nas mais diversas áreas, neste contexto, as árvores de decisão emergem como uma representação fundamental. Estas estruturas representam de forma intuitiva decisões e seus possíveis resultados em um formato semelhante a uma árvore, facilitando a compreensão e interpretação do processo de tomada de decisão.

As árvores de decisão (que são uma das formas de representar conhecimento na IA simbólica) no âmbito da classificação e reconhecimento de padrões, são modelos

de aprendizado de máquina que organizam dados em uma estrutura hierárquica de decisões. Cada nó da árvore representa uma característica do dado e cada ramificação representa uma possível escolha baseada nessa característica. O objetivo é classificar novos dados com base nas decisões tomadas ao longo da árvore. Essas árvores são essenciais para identificar e entender padrões em conjuntos de dados, possibilitando a automação de tarefas de classificação em uma variedade de aplicações práticas.

Imagine um modelo que ajude você a decidir ir para a praia, ou não. Uma árvore de decisão é um mapa de escolhas que ajuda nesta sua decisão de forma mais clara de acordo com as condições listadas abaixo na figura a seguir.

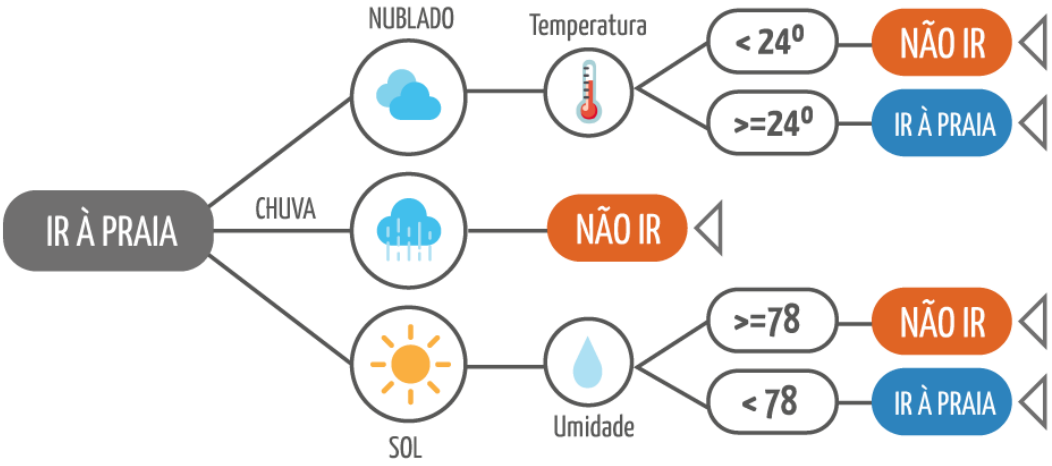


Figura 24. Árvore de decisão

A metodologia aborda alternativas, estabelecendo definições precisas e explorando eventos e preferências, mesmo ao fazer uma escolha simples entre duas opções, estamos aplicando o princípio de uma árvore de decisão, ponderando as diferentes possibilidades e considerando os fatores relevantes para essa escolha. À medida que os cálculos se tornam mais extensos, é comum recorrer ao uso de computadores para agilizar o processo de decisão, tornando-o mais eficiente.

- A IA classifica os dados com base em padrões. **Reconhecimento de padrões** é o raciocínio básico da IA;
- A IA utiliza o modelo de classificação que melhor se ajusta aos dados fornecidos. Classificadores são fundamentais para o aprendizado de máquina. Os modelos de classificação não são perfeitos (existe incerteza);
- Certas combinações de características indicam uma determinada categoria.

A atividade de criar e utilizar **árvores de decisão**[29] está intimamente relacionada à IA, pois é uma forma de modelar decisões lógicas (raciocínio lógico[30]). Na IA, elas são frequentemente usadas para ilustrar o raciocínio lógico que um sistema de IA pode seguir para chegar a uma conclusão ou tomar uma ação. As árvores de decisão exemplificam a tomada de decisão baseada em regras de decisão (objetivos explícitos), uma abordagem comum na IA, especialmente em sistemas especialistas. Elas permitem a construção de um conjunto de regras lógicas que podem ser usadas para imitar o processo de decisão humano em sistemas automatizados.

No campo do aprendizado de máquina, que é um subconjunto da IA, as árvores de decisão são usadas como um algoritmo de **aprendizado supervisionado**. Elas ajudam na classificação e na regressão, aprendendo a partir de dados de entrada para fazer previsões ou tomar decisões sobre novos dados.

Como forma de fixar o conteúdo, sugerimos que criem as suas próprias árvores de decisão. Essas atividades podem ocorrer utilizando folhas do caderno e cartões com animais, plantas etc. Caso você não consiga imprimir e recortar os cartões, eles podem ser colocados num *powerpoint* e exibidos para os seus estudantes.

ATIVIDADE: ÁRVORES DE DECISÃO

Perguntas Norteadoras	- O problema proposto ficou bem representado? - Quais outras características você incluiu ou gostaria de ter incluído na árvore de decisão?
Metodologia	A atividade envolve os verbos “aplicar” e “criar” da taxonomia de Bloom.
Materiais	Um conjunto de cartões com as fotos dos animais apresentados no exercício Lápis e papel para anotações eventuais. Vide Apêndice II.
Tópicos explorados	Representação do conhecimento, árvores de decisão, raciocínio simbólico e aprendizado de máquina supervisionado.
Aspectos	Fundamentos da IA, Uso e Design, Técnicas e Aplicação, IA Centrada no Planeta

[29] A base para árvores de decisão está na teoria dos grafos (matemática).

[30] Raciocínio lógico é a capacidade de analisar informações, identificar padrões, e chegar a conclusões de forma estruturada e racional.

Habilidades do RC em IA	EF15IA04 - Descrever problemas reais e suas soluções em linguagem natural e matemática EF15IA05 - Descrever soluções ou algoritmos que sejam computáveis EF15IA06 - Reconhecer problemas e usar formas simples de organizar informações para resolvê-los com algoritmos clássicos EF15IA07 - Criar soluções desenhando caminhos (grafos) que mostrem as opções possíveis EF15IA08 - Utilizar formas de organização e raciocínio simbólico para implementar soluções EF15IA14 - Relacionar aprendizado de máquina com Inteligência Artificial EF69IA08 - Aplicar o ciclo de vida de um sistema de IA, criando uma solução que considere princípios éticos desde a concepção até a implementação, garantindo transparência, equidade e responsabilidade em todas as etapas EF69IA11 - Descrever e experimentar uma Inteligência Artificial que aprenda com exemplos (supervisionado) EF15IA10 - Utilizar sistemas de Inteligência Artificial multimodal de maneira crítica e reflexiva

Habilidades BNCC (Computação)	EF15CO03: Realizar operações de negação, conjunção e disjunção sobre sentenças lógicas e valores "verdadeiro" e "falso". EF15CO02: Construir e simular algoritmos, de forma independente ou em colaboração, que resolvam problemas simples e do cotidiano com uso de sequências, seleções condicionais e repetições de instruções. EF15CO04: Aplicar a estratégia de decomposição para resolver problemas complexos, dividindo esse problema em partes menores, resolvendo-as e combinando suas soluções. EF69CO03 - Descrever com precisão a solução de um problema, construindo o programa que implementa a solução descrita. EF69CO05 - Identificar os recursos ou insumos necessários (entradas) para a resolução de problemas, bem como os resultados esperados (saídas), determinando os respectivos tipos de dados, e estabelecendo a definição de problema como uma relação entre entrada e saída. EM13CO05: Identificar os limites da Computação para diferenciar o que pode ou não ser automatizado, buscando uma compreensão mais ampla dos limites dos processos mentais envolvidos na resolução de problemas. EM13CO10: Conhecer os fundamentos da Inteligência Artificial, comparando-a com a inteligência humana, analisando suas potencialidades, riscos e limites. EM13CO11: Criar e explorar modelos computacionais simples para simular e fazer previsões, identificando sua importância no desenvolvimento científico.

A atividade desplugada para se aprender esta forma de representar conhecimento, utilizar raciocínio lógico e tomar decisões pode ser exercitada com a proposta a seguir. A figura a seguir mostra os dados para realização da atividade.



Figura 25. Árvore de decisão com 24 cães

Árvores de decisão podem ser percorridas a partir da raiz (Animal) ou a partir das folhas (cães) etc.

Como funciona

Dependendo do grupo-alvo, você escolhe a versão elementar do jogo com quantas cartas ilustradas (ex: figuras de cães) ou a versão avançada com 24 cartas ilustradas. Esses X cães escolhidos por você ou 24 animais são todos animais conhecidos, ou seja, já sabemos se eles mordem ou não. Eles são divididos em dados de treinamento e teste. Os dados de teste servem para avaliar a precisão do nosso modelo para reconhecer se um determinado cão é nocivo (tem os dentes à mostra) e o cão não nocivo (tem a boca fechada). Todas as cartas estão numeradas para facilitar a identificação de cada animal. Uma outra sugestão de cartela, que pode

ser utilizada para construir a árvore de decisão, está disponível em: http://euvou.net/3sy5.

Com base nos dados de treinamento, pensamos em critérios que determinam os animais nocivos e verificamos sua confiabilidade com base nos dados de teste. Para o teste selecione um conjunto de animais que não serão usados no treinamento (tanto nocivos quanto não nocivos). A figura 25 apresenta um conjunto de 3 cães de cada tipo, não usados no treinamento. Os dados do teste não são revelados aos estudantes a princípio.

Os dados de treinamento são subdivididos em duas categorias: **mordem** e **não mordem.** Você pode determinar os dois grupos de treinamento, em um lado animais não nocivos e no outro animais nocivos. Veja que estes dados serão utilizados para o algoritmo aprender a classificar os animais nocivos e os animais não nocivos, ou seja, são os dados de treinamento da árvore de decisão. Normalmente, sistemas de IA necessitam de uma grande quantidade de dados para aprenderem. Mas, para nosso exercício usaremos apenas 24 dados.

Você mesmo pode pensar em regras para distinguir os dois tipos de animais ou usar uma das propostas abaixo. As regras que se aplicam nos exemplos são ilustradas com árvores de decisão como na figura a seguir.

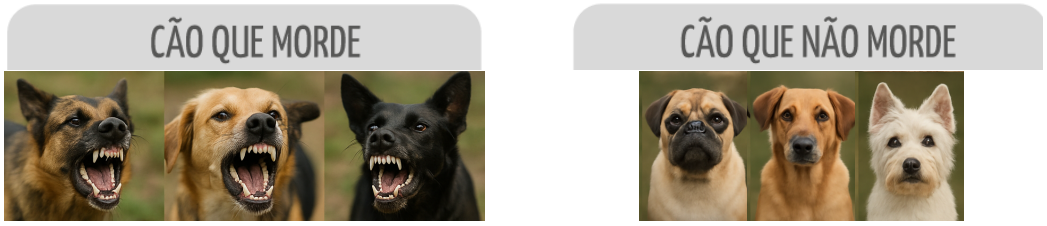


Figura 26. Cães que mordem e cães que não mordem
para teste da árvore de decisão

Versão avançada da árvore de decisão

Na versão avançada (ver Figura 27), a imagem do cão com um laço na cabeça pode ser utilizada para ilustrar os desafios enfrentados por um sistema de IA quando uma característica de um novo elemento difere significativamente dos dados usados no treinamento. No conjunto de dados anterior (ver Figura 25), não havia registros de cães com a língua para fora da boca, pois esse novo exemplar apresenta um formato de boca diferente (língua visível), além de usar um laço na cabeça.

Como essas características não estavam presentes nos dados de treinamento, o sistema não é capaz de realizar uma classificação adequada. Observe que, neste

algoritmo, o atributo "laço na cabeça" não foi considerado como um critério de decisão, mas poderia ter sido incluído. Para isso, seria necessário acrescentar um novo nó na árvore de decisão com a pergunta: "tem laço na cabeça?".



Figura 27. Elemento característico diferente aos demais dados treinados

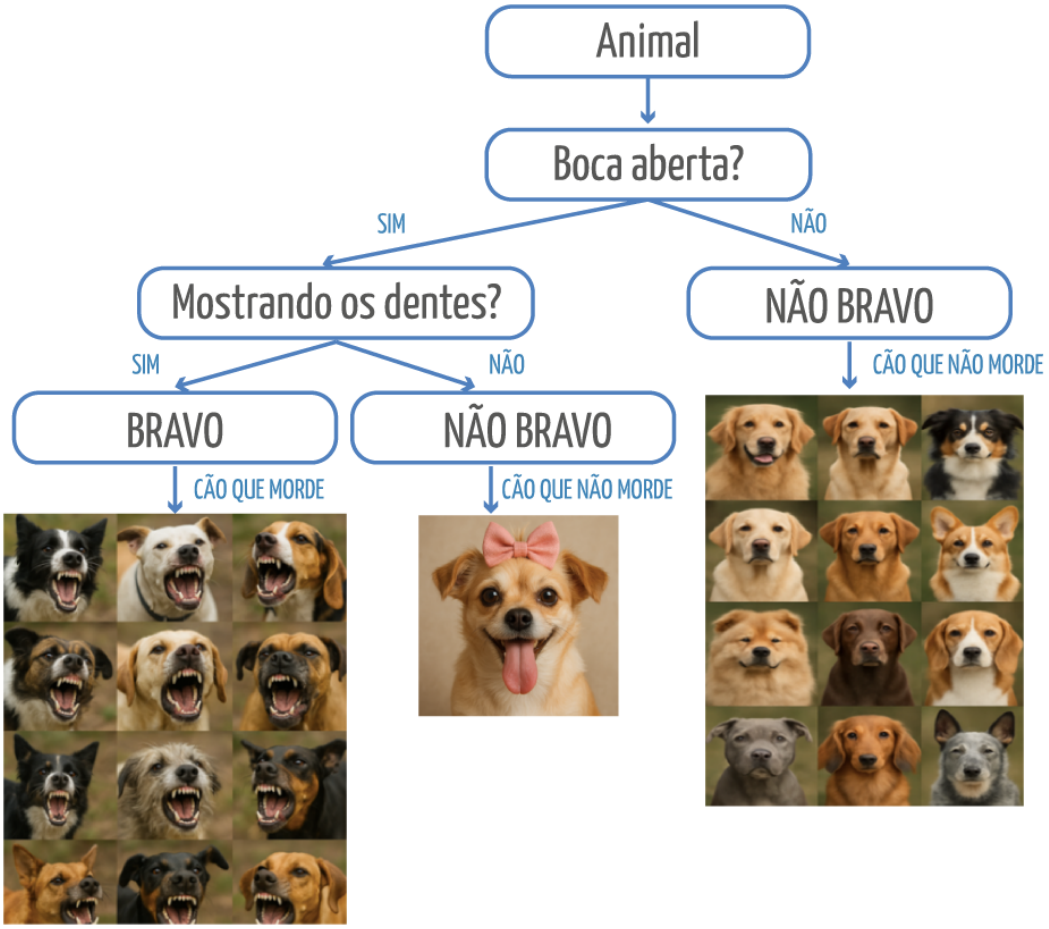


Figura 28. Árvore de decisão com aprendizado supervisionado

Teste a árvore para o cão com língua para fora e laço na cabeça

Consequentemente, uma atribuição adequada do cão não é possível. Na prática, o comportamento de um sistema de IA é muito difícil de prever neste caso. Em vez da Figura 26, cão com língua para fora, você também pode usar a imagem de um animal diferente para enfatizar as diferentes características do novo elemento.

É necessário ter em mente que a formação de categorias somente é possível por meio do reconhecimento de padrões repetitivos em elementos individuais.

Primeiro, informe seus estudantes sobre os detalhes em que eles poderão se concentrar, ilustrando o procedimento com um exemplo. Por exemplo, compare as cartas de diferentes animais com suas características (você pode ter várias figuras diferentes de cães) ou de animais diferentes.

Neste exemplo, o formato da boca é uma indicação para animais perigosos que são nocivos, pois mordem, mas não para a classe (cão). Alternativamente, você também pode utilizar a versão simples do jogo para demonstrar as regras e os procedimentos necessários.

Até aqui foi apresentado uma forma de representação do conhecimento, que são as árvores de decisão. Com isso foi possível classificar animais e os reconhecer. Agora será apresentado como é possível aprender com árvores de decisão.

Aprendizado de máquina com árvores de decisão

No chamado **aprendizado supervisionado**, que é a forma utilizada no exemplo que gerou a árvore de decisão. Neste tipo de algoritmo de aprendizado de máquina, o sistema de IA observa uma série de pares de entrada e saída (dados de treinamento pertencentes ao ambiente em estudo) e aprende como se relacionam entre si, bem como quais padrões são típicos para cada categoria. Esse conhecimento é usado para classificar novos elementos nas categorias.

Os dados de teste, que já foram separados no início desta atividade, um conjunto de cães que mordem e um conjunto de cães que não mordem (Figura 25), cujas categorias conhecemos, mas o sistema de IA não as conhece pois os cães que fazem parte do conjunto de teste não foram utilizados no treinamento, são usados para determinar a qualidade do modelo de classificação aprendido.

O mesmo princípio de treinamento e teste (conjunto de dados de treinamento e conjunto de dados de testes) é usado para redes neurais[31] e outras aplicações de IA. Este procedimento pode gerar diferentes problemas, pois nenhum modelo é perfeito.

Dependendo dos dados de treinamento, o modelo de classificação pode sobrecarregar ou negligenciar certas características dos dados de treinamento, portanto, nenhuma classificação correta de elementos desconhecidos é possível. Muitos dados de treinamento podem ajudar a reduzir esses efeitos, mas nem sempre levam a resultados mais precisos, uma vez que muitos dados de treinamento também podem resultar em *overfitting*[32]. Neste caso, o sistema de IA "decoram" os dados de treinamento e não são mais capazes de generalizar para novos dados.

Faz sentido abordar estes aspectos do aprendizado de máquina como parte da atividade de aprendizado supervisionado. Ao aplicar suas regras na fase de teste, deixe os estudantes explicarem quais características usaram para classificar os cães. Isso ilustrará se os estudantes elaboraram diferentes conjuntos de regras. Ou seja, geraram árvores de decisões diferentes da apresentada aqui.

Saliente que é improvável que um modelo de classificação seja preciso e que o modelo que melhor classificar os dados de teste será escolhido no final como o mais adequado para resolver os problemas de classificação dos cães em nocivos e não nocivos. Peça aos estudantes que descrevam o seu próprio "processo de aprendizagem" e após compare-o com o realizado pelo computador/algoritmo.

No final da atividade, peça aos estudantes para apresentarem suas árvores de decisões, instigando os demais estudantes a validarem as árvores dos colegas, com seus dados separados para os testes, e fazer intervenções, ajustes, melhorias, refinamento no trabalho dos colegas.

Existem outras linhas da IA além da IA simbólica. Sendo assim, na sequência será apresentada a computação evolutiva e a IA conexionista, que muda a forma de representar conhecimento e de raciocinar sobre ele.

[31]As redes neurais fazem inúmeros cálculos durante o processo de aprendizado. De forma geral podemos dizer que a base matemática para redes neurais está nas funções lineares, especialmente em nível dos neurônios individuais. Contudo, uma rede neural recebe a capacidade de aproximar qualquer fenômeno conhecido (teorema da aproximação universal), dependendo da quantidade de neurônios que tiver.

[32]Overfitting, ou sobreajuste, é um fenômeno que ocorre quando um modelo se ajusta demais aos dados de treinamento, comprometendo sua capacidade de prever novos dados.

9. REDES NEURAIS

Uma rede neural (RN) aprende com exemplos, assim como nós. Ela é composta por unidades chamadas neurônios artificiais, que trabalham juntos para reconhecer padrões e tomar decisões. As RN utilizam **raciocínio estatístico probabilístico**, que é baseado na teoria das probabilidades para lidar com incerteza e aleatoriedade.

Exemplo de raciocínio estatístico probabilístico:

Na escola, a professora de Matemática realizou uma pesquisa com os 30 alunos da turma para saber qual era o lanche preferido na cantina. As opções apresentadas foram: coxinha, pão de queijo e salgado assado. O resultado da pesquisa foi o seguinte: 12 alunos votaram em coxinha, 10 em pão de queijo e apenas 8 em salgado assado.

No dia seguinte, a cantina prepararia apenas um tipo de lanche surpresa para todos. Como a professora decidiu não revelar qual foi o lanche mais votado, a escolha será feita por sorteio. Os nomes dos lanches serão colocados em uma caixinha, na mesma proporção de votos recebidos por cada um.

Qual foi o lanche **mais votado** pela turma? (esta pergunta estimula a interpretação de dados)

☑ Coxinha

☐ Pão de queijo

☐ Salgado assado

Qual a chance de ser sorteado **Pão de queijo**?

☐10%

☐25%

☑ 1 em cada 3 vezes (aproximadamente 33%)

☐50%

Esta atividade estimula habilidades de interpretação de dados e introduz noções básicas de probabilidade, ao relacionar o número de ocorrências ao total de eventos possíveis (por exemplo, 10 votos entre 30, representando 10/30 = 1/3).

Agora pense em uma rede neural como uma equipe de especialistas resolvendo um problema:

1. Entrada dos exemplos: os dados chegam, como imagens, textos ou números.
2. Camadas intermediárias (escondidas): essas camadas processam a informação, ajustando pesos e conexões entre os neurônios para encontrar padrões.
3. Saída: a previsão final, como "é um gato" ou "é um cachorro?".

Exemplo simples: Reconhecendo um gato

- Você mostra várias imagens de gatos e cães.
- A rede aprende observando características, como orelhas pontudas ou bigodes.
- Com o tempo, ela melhora suas previsões e consegue identificar um gato em uma nova foto.

Aprendizado das redes neurais

A rede neural aprende ajustando suas conexões cada vez que erra, ficando mais precisa com mais exemplos. Esse processo é chamado de treinamento, assim como quando você pratica um esporte ou aprende uma nova habilidade. Nesse caso, se trata de um **aprendizado supervisionado**, com exemplos.

Você mostra várias fotos e diz:

- "Isto é um cachorro." 🐶
- "Isto é um gato." 🐱

No começo, a rede pode errar, mas com o tempo, ela começa a perceber padrões como, cachorros costumam ser maiores que gatos, gatos têm bigodes longos e orelhas pontudas, e assim por diante. Ou seja, a rede neural recebe várias imagens e ajusta suas conexões internas para aprender essas diferenças.

Fazendo previsões

Previsões com a rede que foi treinada para reconhecer gatos e cachorros.
Depois de treinar bastante, você mostra uma nova foto e pergunta:
"Isso é um gato?
“Isso é um cachorro?"
Se a rede aprendeu bem, ela responde corretamente! Pois aprendeu a analisar as novas imagens e classificá-las corretamente. Mas se a rede não consegue distinguir gatos de cachorros será necessário ajustar os erros.

Ajustando os erros

Se a rede errar, você corrige indicando: *"Não, isso é um gato".*
Dessa forma, a rede neural ajusta suas conexões sempre que erra, aprendendo a melhorar. Agora que se sabe o que é uma rede neural e como ela funciona, realize a atividade a seguir, para treinar os conceitos anteriores.

ATIVIDADE: BACKPROPAGATION

Perguntas Norteadoras	- O que aconteceria se mudássemos as entradas, identificando outros aspectos dos animais? - O que aconteceria se criarmos novas imagens: elas seriam reconhecidas ou não pela rede (este é o conceito de domínio)? - O que acontece se tivermos camadas ocultas nesta rede, como isso modificaria nosso algoritmo?
Metodologia	Esta atividade contempla o verbo “aplicar” da taxonomia de Bloom.
Materiais	- Cartelas do Apêndice III e disponível em http://euvou.net/0shb - Lápis, papel - Dados de 6 lados.
Tópicos explorados	Representação do conhecimento e uso do raciocínio probabilístico.
Aspectos	Fundamentos da IA, Uso e Design, Técnicas e Aplicação, IA Centrada no Planeta
Habilidades do RC em IA	EF15IA04 - Descrever problemas reais e suas soluções em linguagem natural e matemática EF15IA05 - Descrever soluções ou algoritmos que sejam computáveis

	EF15IA06 - Reconhecer problemas e usar formas simples de organizar informações para resolvê-los com algoritmos clássicos EF15IA10 - Utilizar sistemas de Inteligência Artificial multimodal de maneira crítica e reflexiva EF69IA04 - Entender a relação entre de Inteligência Artificial e estatística EF69IA08 - Aplicar o ciclo de vida de um sistema de IA, criando uma solução que considere princípios éticos desde a concepção até a implementação, garantindo transparência, equidade e responsabilidade em todas as etapas EF69IA11 - Descrever e experimentar uma Inteligência Artificial que aprenda com exemplos (supervisionado)
Habilidades BNCC (Computação)	EF15CO02: Construir e simular algoritmos, de forma independente ou em colaboração, que resolvam problemas simples do cotidiano com uso de sequências, seleções condicionais e repetições de instruções. EF15CO04: Aplicar a estratégia de decomposição para resolver problemas complexos. EF15CO05: Codificar a informação de diferentes formas, entendendo a importância desta codificação para o armazenamento, manipulação e transmissão em dispositivos computacionais. EM13CO10: Conhecer os fundamentos da Inteligência Artificial, comparando-a com a inteligência humana, analisando suas potencialidades, riscos e limites. EM13CO11: Criar e explorar modelos computacionais simples para simular e fazer previsões, identificando sua importância no desenvolvimento científico. EM13CO01: Explorar e construir a solução de problemas por meio da reutilização de partes de soluções existentes.

Vamos simular um treinamento de uma rede neural artificial? Para realizar essa atividade, você vai precisar das cartelas constantes na relação de materiais da atividade, e de uma maneira de fazer sorteios, aqui usaremos um dado de 6 lados.

Redes neurais são compostas por neurônios artificiais, estruturas matemáticas que possuem várias entradas e uma saída (ver Figura 28). Eles “disparam”, ou ativam sua saída, dependendo dos valores de suas entradas multiplicados por um peso.

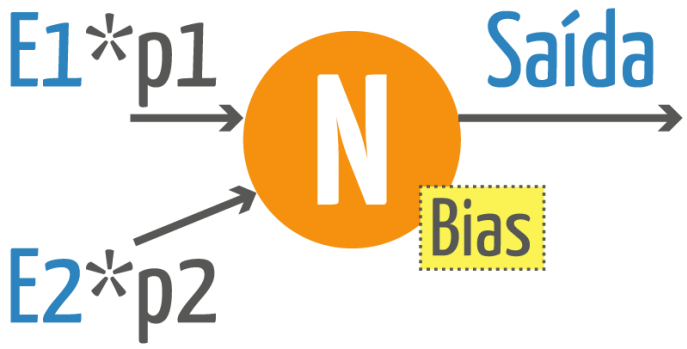


Figura 29. Rede Neural

Nesta atividade, vamos trabalhar com um neurônio simplificado, suas entradas possuem valor de 0 ou 1 e um peso de valor -1, 0 ou 1. Além disso, possui um "bias", uma tendência interna, valor também de -1, 0 ou 1 (vide Figura 29). O sistema de equações abaixo dá o valor da saída para o neurônio:

- 1, se E1*p1 + E2*p2 + Bias > 0
- 0 se E1*p1 + E2*p2 + Bias ≤ 0

Para ilustrar esse modelo, vamos pensar num reconhecedor de imagens. Vamos imaginar que queremos um neurônio capaz de identificar o desenho de um cão, usamos duas entradas, dois neurônios, que disparam se há um olho de gato e se há um focinho de cachorro. Assim, podemos apresentar imagens para estes neurônios, à direita, na Figura 29.

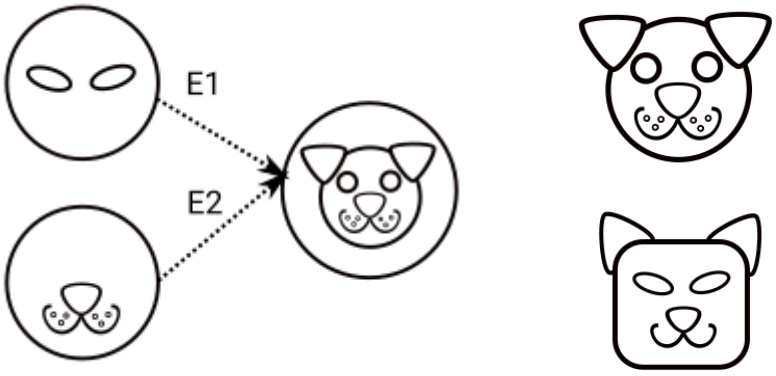


Figura 29. Reconhecimento das partes da figura

Para se pensar nos pesos, E1 deve ser -1 (pois não são os olhos do cão), e E2 deve ser 1 (pois é o focinho do cão). Com essa configuração, se apresentarmos a figura de um cão para essa rede, o neurônio vai disparar, mas, se apresentarmos a figura da raposa, ele não vai disparar.

Esta atividade consiste em configurar uma rede neural, de forma que ela seja capaz de identificar imagens de animais a partir de algumas características, como orelhas, olhos, formato da cabeça etc. Essas são as “entradas” da rede, as informações para que ela tome uma decisão, ou seja, dispare o neurônio adequado. Para isso, precisamos configurar os neurônios, dando os valores para seus pesos em relação a cada entrada. Isso será feito usando a tabela de Figura 30, onde cada coluna representa um neurônio e cada linha uma entrada.

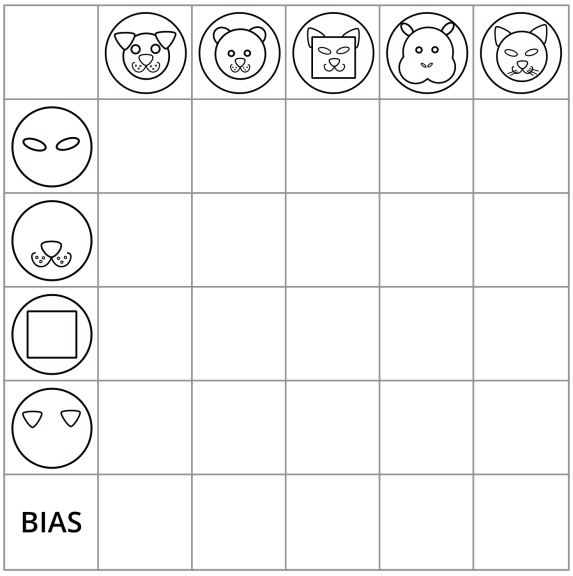


Figura 30. Entradas e neurônios

Passos do jogo:

1. Antes de começar o jogo, você deve iniciar a rede. Pegue a cartela acima e, para cada um dos vinte e cinco pesos e biases da rede neural, jogue um dado e anote nele o valor:

    - -1 se o resultado do dado foi 1 ou 2
    - 0 se o resultado do dado foi 3 ou 4
    - 1 se o resultado do dado foi 5 ou 6

2. Agora, faça um teste. Selecione uma das imagens esperadas e “aplique na rede”, veja quais neurônios disparam com ela. Provavelmente, a rede não é capaz de reconhecer a imagem certa! Será necessário fazer um procedimento de treinamento, usando um algoritmo que lide com os erros.

3. Treinamento da rede. Primeiro, escolha aleatoriamente um dos animais para treinar a rede. Aplique o animal selecionado aleatoriamente e veja quais neurônios estão ligados. Se houver neurônios com o comportamento errado, os ajuste aplicando o algoritmo abaixo:
    a) O neurônio deveria ter disparado e não disparou?
    - Para cada entrada acionada com o valor 1, aumente o valor de seu peso em 1

        - Se todas entradas já acionadas tem peso de 1, aumente o bias em 1
    - Se não há entradas acionadas, aumente o bias em 1

    b) O neurônio não deveria ter disparado, mas disparou?

    - Para cada entrada acionada com com o valor de 1, reduza o valor de seu peso em 1
        - Se todas entradas acionadas já tem o peso de -1, reduza o bias em 1
    - Se não há entradas acionadas, reduza seu bias em 1

4. Após o ajuste, selecione um novo valor e o aplique. Repita o processo até que a rede neural consiga reconhecer todas as imagens, ou pelo menos uma parte dela.

Possíveis soluções

A tabela abaixo apresenta uma configuração válida de pesos e bias para cada neurônio, associada a cada animal. Com esses valores, a rede reconhece os padrões a partir das características escolhidas. Como há diferentes combinações que levam ao mesmo resultado, outras matrizes também podem funcionar. Use esta versão como referência para testar, comparar com soluções dos estudantes e discutir por que pequenos ajustes nos pesos ou no bias podem manter o acerto ou gerar erros.

					
	-1	-1	1	-1	1
	1	1	-1	-1	-1
	-1	-1	1	-1	-1
	1	-1	-1	-1	-1
BIAS	0	0	0	1	0

Figura 31. Uma das possíveis variações

9.1. APRENDIZADO NÃO SUPERVISIONADO

Imagine entrar em uma biblioteca onde nenhum livro tem capa nem título. Seu desafio é organizar as obras em prateleiras coerentes — apenas folheando páginas,

sentindo o peso, observando ilustrações. Nesse cenário não existe bibliotecário dizendo “este é romance”, “aquele é poesia”. Você precisa descobrir as categorias escondidas. Esse é exatamente o papel do aprendizado não supervisionado dentro da IA.

Aprendizado não supervisionado é o processo pelo qual algoritmos exploram conjuntos de dados sem rótulos prévios, buscando, de forma autônoma, estruturas internas, regularidades ou singularidades que descrevam melhor aqueles dados.

Em outras palavras, o aprendizado não supervisionado é um tipo de método de IA que trabalha com conjuntos de dados sem rótulos que indiquem previamente qual é a resposta certa. No aprendizado supervisionado, se desejamos criar uma IA que identifique cães e gatos em imagens, passamos uma imagem de um gato e dizemos para ela que este é um gato. O mesmo procedimento fazemos com imagens de cães. Contudo, esse par de entrada (imagens) e saída (rótulo - cão ou gato) não existe no Aprendizado Não Supervisionado. Isso ocorre pois muitas vezes se tornaria custoso demais fazer essa separação manual ou ainda pode ser impossível fazê-lo.

Nesse sentido, em vez de receber pares de entrada-saída, o algoritmo recebe apenas os exemplos brutos e precisa, por conta própria, descobrir características similares presentes nesses dados. Além disso, normalmente esses algoritmos normalmente dependem de uma definição de “em quantos grupos” o algoritmo deve separar os dados de entrada. Desse modo, o resultado costuma ser um modelo descritivo que separa os dados com base nas características similares entre os dados, mas não necessariamente faz previsões explícitas, pois caberá a um humano interpretar os grupos que surgem.

Esse processo começa transformando cada objeto (texto, imagem, dados de um aluno respondendo a um questionário) em uma representação numérica. Por exemplo, podemos considerar a contagem de palavras, proporção de cores, tamanhos, notas, tempos de leitura, entre muitos outros. Em seguida, escolhe-se um algoritmo de agrupamento (*clustering*[33]) que irá realizar o processo de agrupar os dados com base em características semelhantes (o mais conhecido se chama **k-means**[34]). Após a aplicação do método, surge um conjunto de grupos que expressa “quem se parece com quem”.

[33] *Clustering* é um algoritmo de aprendizado de máquina não supervisionado que organiza e classifica diversos objetos, pontos de dados ou observações em grupos (*clusters*) com base em semelhanças ou padrões.

[34] K-means é um algoritmo de agrupamento popular usado para agrupar pontos de dados em clusters com base na proximidade dos seus centros, chamados centroides.

Formação dos clusters ou grupos

A clusterização identifica grupos (ou *clusters*) de pontos de dados semelhantes dentro de um conjunto bruto de dados, ajudando a descobrir padrões ou relacionamentos como mostrado na Figura 32.

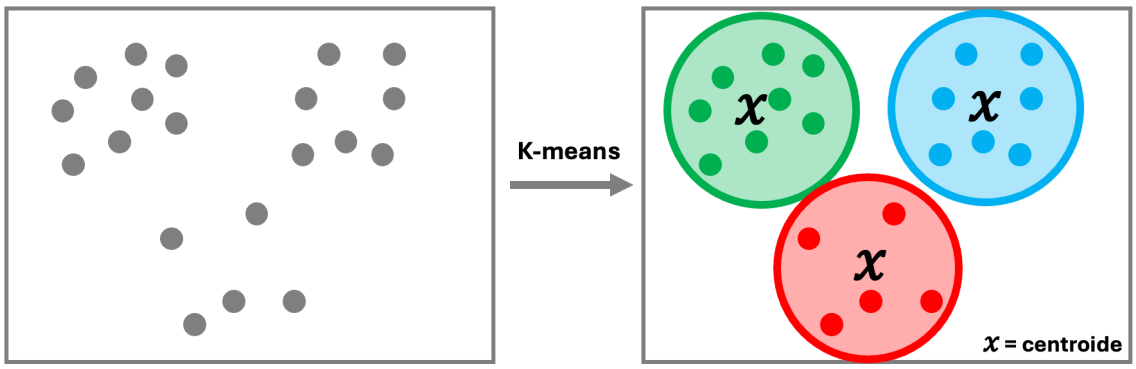


Figura 32. Exemplo de Clusterização

A figura da esquerda tem dados simplesmente separados em clusters, já a da direita tem os grupos coloridos com o centróide marcado (x). Ou seja, é possível conhecer a distância euclidiana[35] entre o centro e cada dado. O centróide de um conjunto de pontos (dados) é a posição média do ponto, ou seja, a soma de todas as coordenadas do ponto dividida pelo número de pontos. Um dado será alocado no conjunto onde suas semelhanças são mais fortes. Nesse texto optamos por utilizar centroide e distância euclidiana, mas existem outras distâncias e formas de gerar agrupamentos que são utilizados no aprendizado de máquina.

Cada *cluster* contém pontos de dados que são mais semelhantes entre si do que a pontos em outros *clusters*. Esse processo ajuda a descobrir agrupamentos ou padrões naturais nos dados sem exigir nenhum conhecimento prévio ou rótulos. Considerando a figura 31, nos pontos verdes, temos dados com mais similaridades entre si, do que com pontos do grupo azul ou do vermelho. O ponto centróide (x) é escolhido aleatoriamente. Esse processo pode trazer problemas. Existem vários algoritmos que buscam minimizar este tipo de problema.

[35]Distância euclidiana é uma medida matemática que representa a menor distância entre dois pontos em um espaço n-dimensional, calculada por meio do teorema de Pitágoras. Em um plano cartesiano bidimensional, por exemplo, ela é obtida pela raiz quadrada da soma dos quadrados das diferenças entre as coordenadas dos pontos.

ATIVIDADE: CLUBES SECRETOS DAS FORMAS

Perguntas Norteadoras	- Qual a principal diferença entre o aprendizado supervisionado e o não supervisionado? - Você considera que os humanos também podem aprender através da observação e descoberta? - Na sua opinião qual a maior dificuldade desta técnica de aprendizado de máquina?
Metodologia	A atividade contempla os seguintes verbos da taxonomia de Bloom aplicar e criar.
Materiais	Cartelas de formas: Imprima a folha com as formas geométricas em papel A4 (ou de sua preferência) disponível em http://euvou.net/eukh ou no Apêndice IV. Essa cartela possui 36 formas separadas em 3 tipos de características diferentes: - forma: círculos, quadrados e triângulos; - tamanhos: pequenos, médios e grandes; - preenchimento: preenchido ou apenas contorno. Espaço físico: separa um espaço no chão ou uma mesa grande. Cartão Numerado: Imprima cartões com número de 1 a 5 para representar os “clubes” (chamados nos algoritmos de centróides dos grupos). Caso prefira, você pode escolher nomes criativos aos clubes ou pedir que os estudantes criem esses nomes na fase de preparação inicial da atividade.
Tópicos explorados	Aprendizado de máquina não supervisionado
Aspectos	Técnicas e Aplicação, Uso e Design
Habilidades do RC em IA	EF69IA12 - Descrever e experimentar uma Inteligência Artificial que aprenda sozinha (não supervisionado) EF69IA08 - Aplicar o ciclo de vida de um sistema de IA, criando uma solução que considere princípios éticos desde a concepção até a implementação, garantindo transparência, equidade e responsabilidade em todas as etapas.

Habilidades BNCC (Computação)	EF15CO01: Identificar as principais formas de organizar e representar a informação de maneira estruturada (matrizes, registros, listas e grafos) ou não estruturada (números, palavras, valores verdade). EF15CO02: Construir e simular algoritmos, de forma independente ou em colaboração, que resolvam problemas simples do cotidiano com uso de sequências, seleções condicionais e repetições de instruções. EF15CO04: Aplicar a estratégia de decomposição para resolver problemas complexos. EF15CO05: Codificar a informação de diferentes formas, entendendo a importância desta codificação para o armazenamento, manipulação e transmissão em dispositivos computacionais. EM13CO11: Criar e explorar modelos computacionais simples para simular e fazer previsões, identificando sua importância no desenvolvimento científico. EM13CO10: Conhecer os fundamentos da Inteligência Artificial, comparando-a com a inteligência humana, analisando suas potencialidades, riscos e limites.

O objetivo da atividade é simular um algoritmo de agrupamento de dados onde os estudantes deverão descobrir sozinhos quais critérios de semelhança usar para formar os “clubes” das formas, ou seja, as mesmas formas. Com isso, eles estarão reproduzindo o raciocínio do aprendizado não supervisionado.

Passo a passo da atividade

- **Preparação**
    - Imprima uma cartela disponível em http://euvou.net/eukh e recorte os cartões na linha pontilhada.

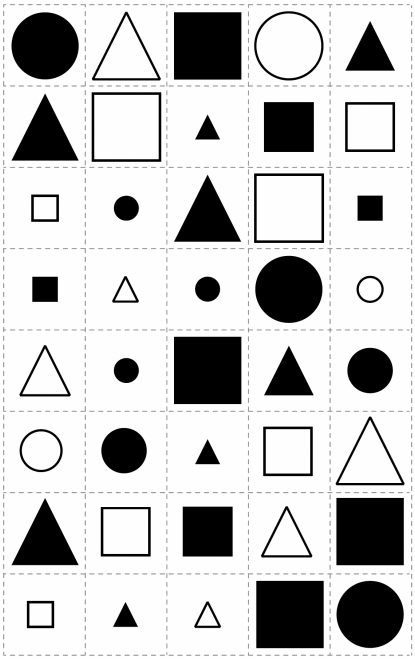


Figura 33. Cartela de formas geométricas

Espalhe os cartões com as formas geométricas, no centro da mesa ou do chão, viradas para cima, onde todos possam ver.

- **Primeiro Passo - Definição dos centróides**
    - Sorteie k estudantes (sugerimos que sejam formados 3 grupos na primeira vez que a turma realizar a atividade). Destes alunos sorteie um cartão e entregue a cada um dos k estudantes escolhidos. Esses serão os “centróides” de cada grupo, e entregue a eles um cartão numerado com o número que ele representará.

      Em outras palavras, esses estudantes serão responsáveis por formar os ‘Clubes’ conforme sua preferência. Cada um deverá escolher uma forma diferente — por exemplo, não é permitido selecionar dois quadrados grandes preenchidos, mas é válido escolher um quadrado grande sem preenchimento e outro preenchido. Por fim, peça aos alunos pegarem o cartão correspondente e colocarem sobre ela o número do seu clube. Sugerimos que esses três “centróides” fiquem de um lado e os demais alunos no outro lado da sala.

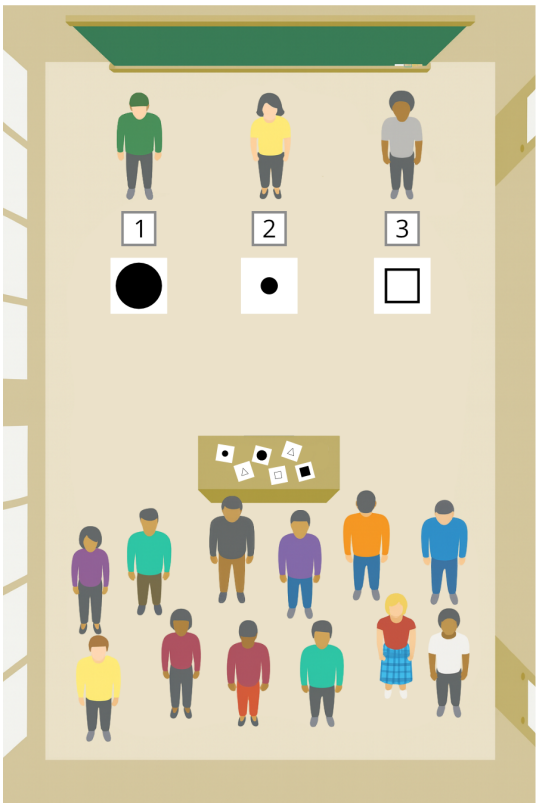


Figura 34. Sugestão de organização da sala de aula

- **Segundo Passo - Escolha seu clube**
    - Os demais estudantes precisam escolher um cartão que se encontra sobre a mesa, com a forma geométrica que mais lhes despertar interesse e levá-lo até o Clube que considerarem mais semelhante ou que apresente alguma característica relacionada à sua forma. Em seguida, pergunte o motivo dessa escolha, por exemplo: “O que o levou a escolher o Clube 1 e não o Clube 2?”. Uma justificativa possível poderia ser: “Escolhi este triângulo porque o centro também é formado por um triângulo grande” ou “A forma está preenchida”.
- **Terceiro Passo - Recalcular o centro**
    - Os integrantes de cada clube devem, permanecendo apenas dentro do seu próprio grupo, analisar e discutir qual cartão melhor representa o seu Clube. Essa escolha pode recair sobre o mesmo cartão selecionado inicialmente ou sobre um novo cartão disponível. Após definirem qual cartão melhor simboliza o grupo, posicionem sobre ele o cartão numerado que identifica o Clube.

Exemplo: se o Clube 2, após conversar, decidir que o cartão com um quadrado preenchido representa melhor suas características do que o triângulo preenchido, no início, eles devem substituir a escolha anterior, colocar o cartão numerado "2" sobre o quadrado preenchido e manter essa nova cartela como a representação oficial do Clube.

- **Repetição**
    - Após o terceiro passo, pode ser que alguns cartões não fiquem bem representados no Clube em que estão alocados. Isso é perfeitamente normal e costuma acontecer frequentemente nos algoritmos de agrupamento. Desse modo, peça que cada estudante pegue seu cartão e repita o primeiro passo. Em outras palavras, solicite que eles avaliem se eles devem continuar no clube que estão ou se devem se mudar para outro. Eles devem considerar agora o novo cartão central de cada grupo.
    - Repita o processo 2 ou 3 vezes ou enquanto estiver observando trocas o cartão central do clube ou de cartões entre os grupos. Lembre sempre de questionar o motivo pelo qual os estudantes estão escolhendo determinado clube.

Após finalizar a atividade, sugere-se algumas discussões como:

- Quais critérios apareceram primeiro? Forma, tamanho, preenchimento?
- Algum cartão ficou difícil de classificar (chamamos de *outliers*)? Por quê?
- E se aumentássemos *K* para 4? Os Clubes se dividiram?

Também é possível realizar variações na atividade pedindo que os estudantes deem nomes criativos aos Clubes, desenhando atributos extras nos cartões como pontos, listras ou números. Além disso, após a formação dos grupos (clubes) cada grupo pode criar um rótulo (categoria), explicando a eles que no mundo real, essa etapa de interpretação é feita por um humano especialista no problema que está sendo abordado.

Essa atividade é uma representação prática da classificação dos dados realizada no aprendizado não supervisionado, especialmente do algoritmo de agrupamento *K-means*. Nesse tipo de aprendizagem, a IA não recebe respostas corretas ou categorias pré-definidas; ela precisa identificar padrões e formar grupos (clusters) apenas com base nas semelhanças entre os dados disponíveis. Nela, os estudantes representam os dados que serão agrupados, enquanto os "centróides" correspondem aos pontos de referência iniciais escolhidos pelo algoritmo. O

processo de os alunos se deslocarem para o clube mais semelhante à sua forma e, em seguida, recalcularem o “centro” do grupo, simula as iterações do K-means, em que os centróides são ajustados e os elementos podem mudar de grupo até atingir uma organização mais representativa. A discussão final sobre critérios de escolha e casos difíceis de classificar reforça o conceito de que, assim como na IA, algumas instâncias podem não se encaixar perfeitamente em nenhum grupo ou apresentar múltiplas similaridades.

9.2. APRENDIZADO POR REFORÇO

Você já passou pela experiência de aprender a andar de bicicleta? No início, é comum cair, perder o equilíbrio e cometer erros. Com o tempo e a prática, no entanto, vamos adquirindo mais habilidade e segurança. A cada acerto, percebemos que estamos no caminho correto, e a cada erro, aprendemos o que deve ser evitado. Esse processo de aprender com a prática também pode ser observado em máquinas, por meio de um método chamado **aprendizado por reforço**.

O **aprendizado por reforço** é uma técnica de IA na qual a máquina aprende de forma autônoma, por tentativa e erro, interagindo com o ambiente. A cada ação correta, ela recebe uma recompensa, e, a cada ação incorreta, recebe uma punição. Com o tempo, o sistema aprende a tomar decisões que aumentam as recompensas e evitam os erros. Esse tipo de aprendizado é aplicado em diversas áreas, como em robôs que aprendem a caminhar, veículos autônomos que dirigem sozinhos e até em jogos de videogame, nos quais a máquina treina sozinha para melhorar seu desempenho.

Assim como os seres humanos, as máquinas também podem aprender com seus próprios erros. Por isso, é importante lembrar que errar faz parte do processo de aprendizado e é uma etapa essencial para o desenvolvimento de novas habilidades.

ATIVIDADE: JOGO XADREZ DE PEÕES

Perguntas Norteadoras	- O que caracteriza o aprendizado por reforço? - Que situações do dia a dia escolar você usaria para ilustrar esse tipo de exercício com seus estudantes? - Este processo pode ser utilizado com humanos?

Metodologia	Esta atividade contempla os verbos “compreender”, “aplicar” e “criar” da taxonomia de Bloom.
Materiais	- Tabuleiro com os peões disponível no Apêndice V ou em http://euvou.net/zf01. - Cartelas com esquemas de movimentos - Dados de 6 lados (opcional)
Tópicos explorados	Aprendizado de máquina por reforço
Aspectos	Fundamentos da IA, Uso e Design, Técnicas e Aplicação, IA Centrada no Planeta
Habilidades do RC em IA	EF15IA04 - Descrever problemas reais e suas soluções em linguagem natural e matemática EF15IA05 - Descrever soluções ou algoritmos que sejam computáveis EF15IA06 - Reconhecer problemas e usar formas simples de organizar informações para resolvê-los com algoritmos clássicos EF15IA10 - Utilizar sistemas de Inteligência Artificial multimodal de maneira crítica e reflexiva EF69IA04 - Entender a relação entre de Inteligência Artificial e estatística EF69IA08 - Aplicar o ciclo de vida de um sistema de IA, criando uma solução que considere princípios éticos desde a concepção até a implementação, garantindo transparência, equidade e responsabilidade em todas as etapas. EF69IA13 - Descrever e experimentar uma Inteligência Artificial que utilize aprendizado por reforço EF15IA14 - Relacionar aprendizado de máquina com Inteligência Artificial

Habilidades BNCC (Computação)	EF01CO02: Identificar e seguir sequências de passos aplicados no dia a dia para resolver problemas. EF05CO05: Representar e analisar soluções de problemas por meio de fluxogramas ou pseudocódigos. EF15CO02: Construir e simular algoritmos, de forma independente ou em colaboração, que resolvam problemas simples e do cotidiano com uso de sequências, seleções condicionais e repetições de instruções. EF15CO03: Realizar operações de negação, conjunção e disjunção sobre sentenças lógicas e valores "verdadeiro" e "falso". EF15CO04: Aplicar a estratégia de decomposição para resolver problemas complexos. EF15CO05: Codificar a informação de diferentes formas, entendendo a importância desta codificação para o armazenamento, manipulação e transmissão em dispositivos computacionais. EF06CO02: Elaborar algoritmos que envolvam instruções sequenciais, de repetição e de seleção usando uma linguagem de programação. EM13CO11: Criar e explorar modelos computacionais simples para simular e fazer previsões, identificando sua importância no desenvolvimento científico. EM13CO10: Conhecer os fundamentos da Inteligência Artificial, comparando-a com a inteligência humana, analisando suas potencialidades, riscos e limites.

Nesta atividade, vamos explorar, de forma prática e divertida, como funciona um algoritmo de aprendizado de máquina por reforço. Para isso, utilizaremos situações cotidianas e um jogo adaptado.

Para começar, pense em como você tomaria decisões a partir de suas preferências. Por exemplo, ao escolher uma música para ouvir, você poderia criar, mentalmente, uma árvore de decisão considerando critérios como gênero musical, cantor ou compositor. O mesmo raciocínio poderia ser aplicado para decidir qual roupa vestir em um passeio de domingo, levando em conta seu estilo pessoal e a temperatura do dia. Em ambos os casos, é possível simular cenários inusitados para testar até que ponto o “modelo” criado consegue lidar com diferentes situações.

Etapa 1: Preparação

Adaptada da proposta do site Computer Science for Fun[36], esta versão adaptada propõe o uso de um jogo simples, chamado “xadrez de peões”, que consiste em um tabuleiro reduzido, seis peças e uma árvore de decisões. O material está disponível para impressão em http://euvou.net/zf01. No arquivo você encontrará o tabuleiro e duas versões dos esquemas (colorido e preto e branco).

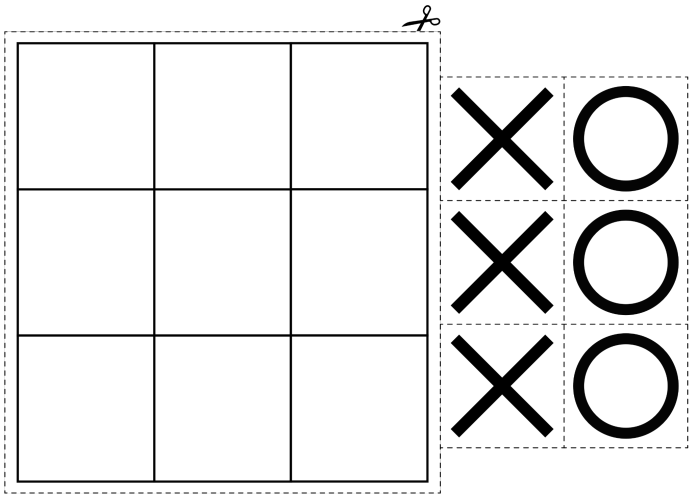


Figura 35. Tabuleiro e peças para recortar

O objetivo dessa atividade é permitir que os participantes experimentem a lógica de um algoritmo de aprendizado por reforço, testando jogadas, aprendendo com erros e reforçando estratégias eficazes. Para iniciar, monte o tabuleiro como mostrado na figura a seguir.

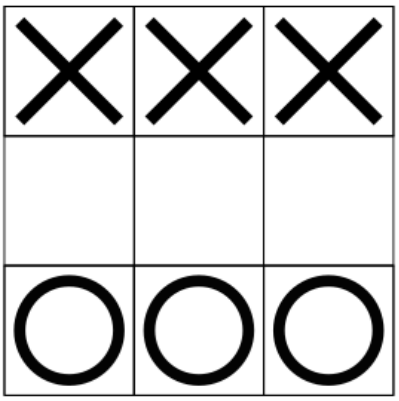


Figura 36. Tabuleiro de xadrez simplificado

As regras do jogo são simples, cada jogador possui três peões que podem se locomover apenas uma casa para frente, ou comer uma peça que esteja na sua

[36]https://www.cs4fn.org/machinelearning/sweetlearningcomputer.php

diagonal, tomando o seu lugar e retirando-a do jogo. Os dois movimentos são exemplificados a seguir.

Etapa 2: Entendendo as regras do jogo

No jogo, cada peça pode deslocar-se uma casa para frente, desde que a posição esteja livre. Além disso, é possível capturar uma peça adversária que esteja posicionada na diagonal à frente, movendo-se para a casa ocupada por ela. Dessa forma, os movimentos básicos incluem o avanço simples e a captura diagonal.

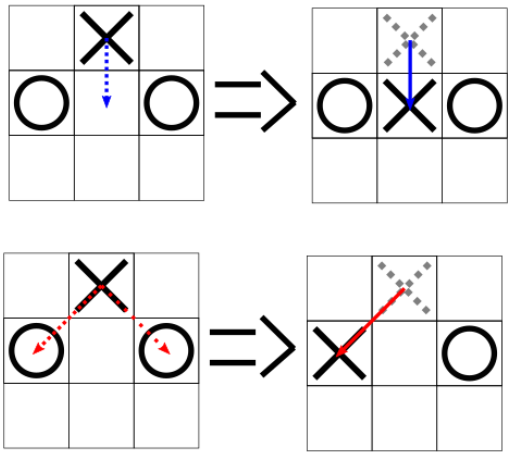


Figura 37. Movimentos do jogo

O jogador das peças “O” faz o primeiro movimento, seguido pelo jogador “X” e assim por diante. Sempre que for a sua vez, o jogador deve fazer um movimento válido, e o jogo continua até que uma das condições ocorra:

- Um dos jogadores não possui mais peças no tabuleiro ou não consegue realizar nenhum movimento em seu turno, concedendo a vitória ao adversário.
- Um dos jogadores alcança, com qualquer de suas peças, o lado oposto do tabuleiro, conquistando a vitória.

É um jogo simples, que pode ser terminado em até seis jogadas, e você pode deixar os estudantes jogarem algumas vezes para se acostumarem com ele.

Quando estiverem ambientados com as regras do jogo, prossiga com a próxima etapa da atividade, onde o jogador das peças “X” passa a jogar utilizando o esquema de jogo no Apêndice II.

Etapa 3: Executando o jogo (atuando como o computador)

A partir de agora, o estudante que controla as peças “X” deverá observar a disposição das peças no tabuleiro e, com base nessa configuração, seguir o esquema constante no apêndice (vide Figura 38) para determinar o movimento a ser realizado, agindo como se fosse um computador.

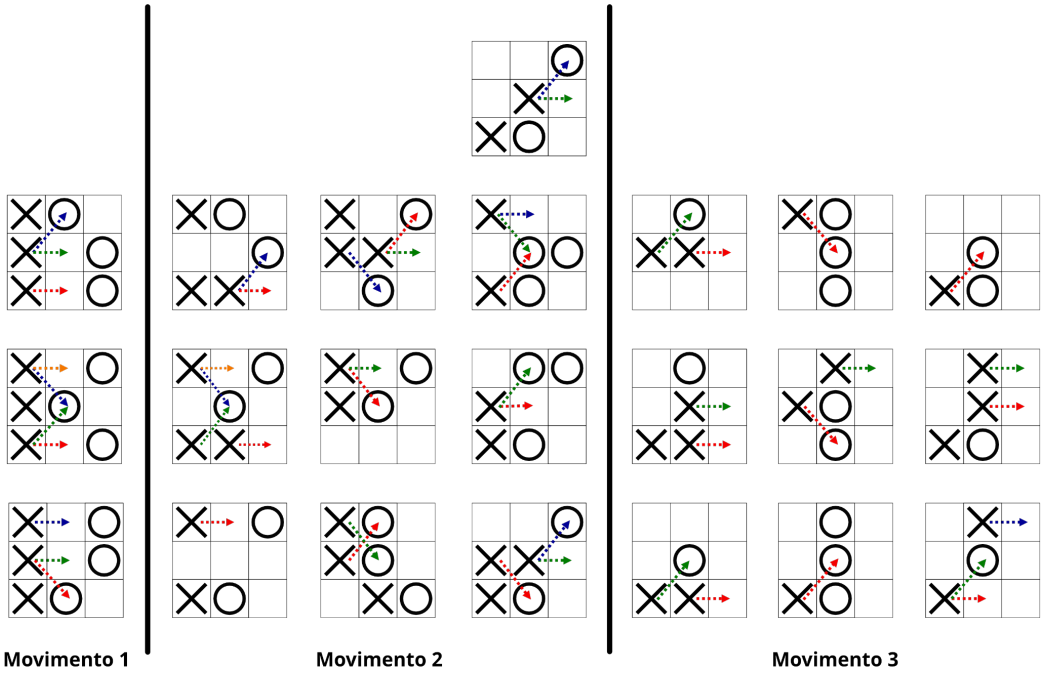


Figura 38. Esquema de Movimentos

Isso significa que ele não poderá escolher livremente a jogada, mas sim identificar no esquema a situação correspondente no tabuleiro e sortear uma das ações indicadas (você pode utilizar um método simples como “uni, duni, tê” ou o lançamento de um dado).

Essa etapa tem como objetivo demonstrar, de forma prática, como um sistema pode tomar decisões estruturadas a partir de regras previamente definidas, aproximando a experiência dos conceitos de algoritmos e IA. Quando for a vez do jogador X, ele deve encontrar a situação atual do tabuleiro no esquema em qualquer uma das possibilidades apresentadas e sortear, aleatoriamente, um dos movimentos pré-definidos no esquema (setas coloridas). No caso abaixo, o jogador deve escolher entre mover sua peça “X” para baixo e “comer” a peça “O”. Lembre-se que o movimento pode ser espelhado.

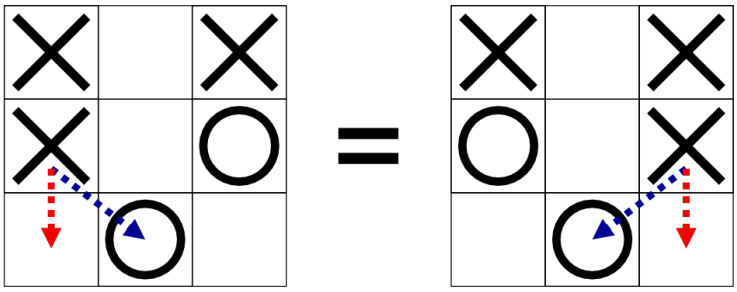


Figura 39. Exemplo de possíveis movimentos

Essa metodologia será seguida até o término da partida. Caso o jogador seja derrotado, deverá cortar o galho correspondente na árvore, riscando a seta do último movimento que resultou em sua derrota. Quando todas as possibilidades de a uma jogada (seta) estiverem cortadas, isso indicará que tal jogada inevitavelmente leva à derrota; nesse caso, o jogador também poderá cortar a jogada do nível anterior que conduz a essa opção.

Por outro lado, se o jogador obtiver sucesso, poderá reforçar a jogada, colocando uma conta (ou marcador) para sinalizar que se trata de uma boa escolha. A partir desse momento, essa jogada deverá ser considerada duas vezes no processo de seleção. Caso uma estratégia já esteja reforçada e volte a gerar bons resultados, o jogador poderá reforçar o nível anterior da árvore, seguindo o mesmo procedimento. Essa dinâmica permite vivenciar, de forma prática, o conceito de aprendizado por reforço, em que decisões bem-sucedidas são incentivadas e opções desfavoráveis são descartadas progressivamente.

Ao final de diversas partidas, espera-se que o jogador que segue o algoritmo alcance uma solução otimizada, ou seja, um conjunto de jogadas que maximize suas chances de vitória e minimize a possibilidade de derrota. Em termos de aprendizado por reforço, uma solução ótima corresponde à estratégia que, diante de qualquer situação do jogo, oferece o melhor resultado possível.

10. A SOCIEDADE INTERAGINDO COM A IA

Com a evolução da IA e do aprendizado de máquina, surgiram novos desafios para a IA. O Aprendizado de Máquina necessita de muitos dados e isso torna difícil um bom processo de curadoria. Já foi visto aqui, que parte dos problemas da IA atual como vieses e preconceitos vêm dos dados, ou da falta de equidade nos dados utilizados para o treinamento dos algoritmos. Vimos que a outra parte dos problemas surge dos algoritmos. Os algoritmos de IA podem inferir representações a partir dos dados, alterar dinamicamente pesos pré estabelecidos e, com isso, realizar conexões indesejadas, que podem resultar em previsões inadequadas.

Quando uma IA produz algo que nós humanos consideramos inadequado, é importante poder saber como essa saída foi produzida. Busca-se por *explicação* e *explanação* do processo de raciocínio realizado. Muitas vezes a explicação é possível de ser vista e explicada a partir dos dados de entrada, como um todo (em sistemas de IA é difícil saber exatamente quais entradas geraram uma saída). Retomando o exemplo do sensor que captura medidas de estatura de pessoas que entram no parque. É possível que os dados capturados, quando usados para treinar um algoritmo, que depois vá servir para classificar (alta, média e baixa) a estatura de pessoas, possa ter conseguido mais dados de crianças. E, devido a este fato, vai conseguir ser mais preciso em classificar pessoas de estatura baixa. Aqui temos uma explicação para o resultado deste algoritmo que pode estar tendo um bom desempenho ao classificar pessoas de estatura baixa e, por exemplo, dificultados para classificar pessoas de estatura alta. Nesse caso, é possível explicar e explanar com base em um gráfico com o da Figura 8, que mostra como os dados de entrada foram classificados antes da etapa de treinamento do algoritmo de aprendizado de máquina. É possível ver e também conhecer o número exato de dados capturados pelo sensor e, também, o número exato de dados classificados em cada categoria simbólica (baixa, média e alta). Mas, é impossível dizer exatamente quais dados do conjunto foram utilizados para classificar o Joãozinho como sendo uma pessoa de estatura baixa. Podemos dizer que o conjunto de dados coletados e classificados como oriundos de pessoas que cruzaram a entrada do parque e foram classificadas como baixas, identificou e classificou o Joãozinho como sendo uma pessoa de estatura baixa. Logo, a forma como a IA utiliza os dados também a diferencia da forma como a computação os utiliza.

Mas, sabemos que não são só os dados que podem produzir vieses e preconceitos nas saídas dos sistemas de IA. Pesos mal estabelecidos para as redes neurais, por exemplo, também podem gerar estes efeitos. Os algoritmos podem ainda, ir calibrando estes pesos. Este processo automático tanto consegue diminuir erros de design, como podem introduzir estes erros.

Veja a situação a seguir onde o Joãozinho está doente e é necessário fazer um diagnóstico da doença que ele possui, no momento, para poder tratá-la.

Modelar o problema com pesos para o que o médico diz, o que o exame de laboratório diz, o que a mãe do Joãozinho diz e o que o Joãozinho diz sentir.

Os dados do caso Joãozinho serão fornecidos a uma RN que já foi treinada previamente para diagnosticar infecções. Ela poderá fazer um bom diagnóstico e o Joãozinho receberá o tratamento adequado para melhorar rapidamente, mas também poderá não ser tão precisa quanto o desejado. O que pode gerar este descompasso?

Já foi visto que os dados de treinamento podem ser responsáveis, em alguns casos, por um mau desempenho de um sistema de IA, pois não passaram por um bom processo de curadoria. Mas, já se sabe que o problema pode estar no algoritmo, ou em ambos os casos (dados e algoritmos). Supondo que os dados que treinaram a RN usada para o diagnóstico do Joãozinho recebeu um conjunto de dados de treinamento equilibrado e o mais completo possível para representar casos de infecções. Logo, o problema pode estar no algoritmo, uma vez que os dados foram descartados como origem do problema.

O que é necessário olhar no algoritmo para buscar um entendimento do porquê do diagnóstico inapropriado? pode-se iniciar pelos pesos atribuídos às informações fornecidas por cada um dos atores envolvidos no diagnóstico do Joãozinho. Por exemplo, a informação dada pela mãe do menino, recebeu um peso maior do que a informação fornecida pelo próprio Joãozinho. Isso vai ter reflexo nas conexões que serão atribuídas, pela RN, a partir dos dados de entrada e poderá ser a razão ou uma das razões de um mau diagnóstico. Outro fator que dificulta muito se chegar até a ou as origens do(s) problemas, está relacionado com o número de camadas que a rede neural possui. Já foi visto, neste texto, que redes neurais profundas, isto é, com vários níveis de camadas, dificultam ainda mais a tentativa de rastreamento de como o diagnóstico foi produzido. Isso dificulta e até impossibilita a aplicação de uma saída gerada por um sistema de IA, que utiliza RN.

Independentemente do nível de complexidade dos elementos que são utilizados para se obter a uma provável solução para um problema, perceba que se está trabalhando com possibilidades apenas. O peso da informação da mãe poderá ser corrigido, automaticamente, pelo peso elevado dado ao resultado do exame de laboratório. E, nesse caso, não ter grande influência no resultado final. Nesse exemplo é possível ver como é difícil explicar e mostrar os caminhos que os dados percorrem, nas várias etapas de um sistema de IA, até produzir uma saída. Por motivos como os deste

simples exemplo e outros, que explica e explana os sistemas de IA são temas de pesquisa atual para a área.

Visando o melhor entendimento do tema é sugerida a atividade a seguir.

ATIVIDADE: DIAGNÓSTICO DO JOÃOZINHO – QUEM DECIDE MAIS?

Perguntas Norteadoras	- Você acha justo a IA confiar mais no médico do que no Joãozinho? - Como podemos saber se a IA está tomando boas decisões? - O que poderia ajudar a explicar como ela chegou àquela resposta? - Como seria se a IA mostrasse **por que** escolheu uma resposta?
Metodologia	A atividade contempla os verbos compreender, “aplicar” e "criar” da taxonomia de Bloom
Materiais	- Cartões com as **quatro fontes de informação**: médico, mãe, Joãozinho,exame de laboratório. Disponível no Apêndice VI ou no endereço http://euvou.net/lbdw - Uma tabela com os **pesos de confiança** atribuídos a cada fonte (de 1 a 5). - Peças coloridas ou blocos para representar os pesos (como cubinhos ou moedas). - Um quadro de “Decisão da IA”. - Papel e lápis para desenhar ou escrever ideias e reflexões.
Tópicos explorados	Pensamento crítico, confiança na IA, aplicações da IA, IA e sociedade
Aspectos	Fundamentos da IA, Técnicas e Aplicação, Aperfeiçoamento pessoal e profissional

Habilidades do RC em IA	EF15IA06 - Reconhecer problemas e usar formas simples de organizar informações para resolvê-los com algoritmos clássicos EF15IA13 - Usar algoritmos simples para classificar e agrupar objetos EF15IA15 - Compreender os limites e cuidados éticos na aplicação de soluções de IA EF69IA15 - Treinar uma Inteligência Artificial para objetivos específicos respeitando as questões éticas e de privacidade EF69IA16 - Compreender a relação entre IA e o mundo do trabalho EF69IA18 - Propor soluções em cooperação com equipes mistas (humanos e IAs) EF69IA19 - Avaliar e criticar o resultado de uma tarefa em equipes mistas (humanos e IAs) EF69IA20 - Utilizar dados com responsabilidade, garantindo a privacidade e demonstrando compromisso pessoal e social em sociedades impulsionadas pela IA
Habilidades BNCC (Computação)	EF15CO02: Construir e simular algoritmos, de forma independente ou em colaboração, que resolvam problemas simples e do cotidiano com uso de sequências, seleções condicionais e repetições de instruções. EF15CO01: Identificar as principais formas de organizar e representar a informação de maneira estruturada (matrizes, registros, listas e grafos) ou não estruturada (números, palavras, valores verdade). EF15CO04: Aplicar a estratégia de decomposição para resolver problemas complexos, dividindo esse problema em partes menores, resolvendo-as e combinando suas soluções. EF06CO05: Identificar os recursos ou insumos necessários (entradas) para a resolução de problemas, bem como os resultados esperados (saídas), determinando os respectivos tipos de dados, e estabelecendo a definição de problema como uma relação entre entrada e saída. EM13CO11: Criar e explorar modelos computacionais simples para simular e fazer previsões, identificando sua importância no desenvolvimento científico. EM13CO05: Identificar os limites da Computação para diferenciar o que pode ou não ser automatizado, buscando uma compreensão mais ampla dos limites dos processos mentais envolvidos na resolução de problemas.

	EM13CO10: Conhecer os fundamentos da Inteligência Artificial, comparando-a com a inteligência humana, analisando suas potencialidades, riscos e limites.

Acompanhe a história a seguir:

Joãozinho foi a uma grande festa de aniversário no dia anterior. Foram 8 cachorros-quentes, 12 docinhos e um litro de suco. Após não se sentir bem, sua mãe o levou ao médico. Durante a consulta, o médico perguntou:

— O que ele tem sentido?

A mãe respondeu:

— Percebi que ele anda mais quieto e reclamou de dor de barriga.

O médico então se voltou para Joãozinho e perguntou:

— E você, Joãozinho, como está se sentindo?

Joãozinho respondeu:

— Estou com dor de barriga e um pouco de enjoo.

O médico decidiu, então, solicitar um exame laboratorial para investigar melhor a situação. Em outras palavras, as opções podem ser: **má digestão passageira** (tratada com antiácidos comuns) ou **infecção gastrointestinal** (tratada com soro, probióticos, antibióticos e outros).

Agora, é a vez da “IA Médica” analisar os dados disponíveis e tentar chegar a um diagnóstico. Ela já foi treinada com muitos casos anteriores e aprendeu a reconhecer padrões. No entanto, precisa decidir qual fonte de informação será mais confiável neste caso: o relato do médico, as observações da mãe, os resultados do exame ou as sensações descritas pelo próprio Joãozinho.

Etapas para a atividade

1. Distribua o material: entregue aos estudantes os 4 cartões (médico, mãe, Joãozinho, exame) conforme figura 40 e explique o que cada um diz:

- Médico: "Ele parece com casos de dor de barriga que já vi. Deve ser uma má digestão passageira causada pelo excesso de comida."

- Mãe: "Ele ficou com febre à noite e reclamou de dor na barriga. Só pode ser algo grave! Tem que dar um remédio bem forte a ele."
- Joãozinho: "Minha barriga doi, e eu tô com frio! Não quero tomar remédios."
- Exame: Aponta que há “sinais de infecção leve."



Figura 40. Cartões das fontes

Vamos colocar os dados em uma tabela, atribuindo pesos para cada fonte:

Fonte	**Peso**	**Diagnóstico**
Mãe	3	Infecção
Joãozinho	1	Má digestão
Médico	5	Má digestão
Exames	4	Infecção

Agora, calcule a decisão final considerando o peso atribuído a cada fonte de informação. No exemplo:

- A mãe acredita que se trata de uma infecção gastrointestinal. Como sua opinião tem peso 3, esse valor será atribuído ao diagnóstico sugerido.
- O médico considera que é apenas uma dor de barriga comum. O peso da sua opinião é 5.
- Os exames laboratoriais indicam uma infecção, recebendo peso 4.

- Joãozinho, por sua vez, acha que não é nada sério e que pode ser apenas uma má digestão, com peso 1.

Somando os valores:

- Diagnóstico de infecção: mãe (3) + exames (4) = 7 pontos.
- Diagnóstico de dor de barriga comum/má digestão: médico (5) + Joãozinho (1) = 6 pontos.

Como o diagnóstico de infecção alcança a maior pontuação (7 contra 6), a IA define que a decisão final será de infecção gastrointestinal.

Debate

Faça os seguintes questionamentos com o objetivo de desenvolver o pensamento crítico:

- Quem você acha que a IA está considerando mais?
- Quem foi mais ignorado?
- Essas escolhas podem ser um problema?
- Qual seria o provável diagnóstico que a IA daria?

Atribua os pesos: agora, no caderno, os estudantes devem construir a sua própria "IA médica", atribuindo pesos diferentes às informações. Por exemplo:

Simular um erro e rever os pesos: agora conte que o diagnóstico da IA **estava errado!** A IA disse que era uma simples dor de barriga, mas depois descobriram que era uma infecção mais séria.

Questione os estudantes:

- Por que você acha que a IA errou?
- Será que ela deu atenção demais a uma informação?
- O que você mudaria nos pesos?
- O que acontece se a IA **não considera a opinião ou sintomas** das pessoas?

Esta aplicação de um sistema da IA já treinado aborda desde a entrada de dados para que um sistema previamente treinado com dados (IA médica) os utilize para a tomada de decisão (previsão sobre a doença do Joãozinho).

Os dados são as entradas (o início) dos sistemas de IA, que são processados por algoritmos que aprendem ou se adaptam a eles. Por fim, os sistemas atuam no ambiente (físico ou virtual), com base nos dados de entrada e no processamento destes dados. As saídas podem ser:

- **previsões** (por exemplo, um *chatbot* prevendo a próxima palavra de um texto, em função da anterior - se a palavra anterior é um adjetivo então probabilidade da próxima ser um nome é grande);
- **recomendações** tentando influenciar a decisão de um usuário (pessoas que compraram este livro também compraram);
- **conteúdo** (para melhorar o seu desempenho em aritmética você deve ler este texto).

Ou seja, os sistemas de IA atuam para mudar o mundo (ambientes físicos ou virtuais). Ver Figura 41 a seguir.

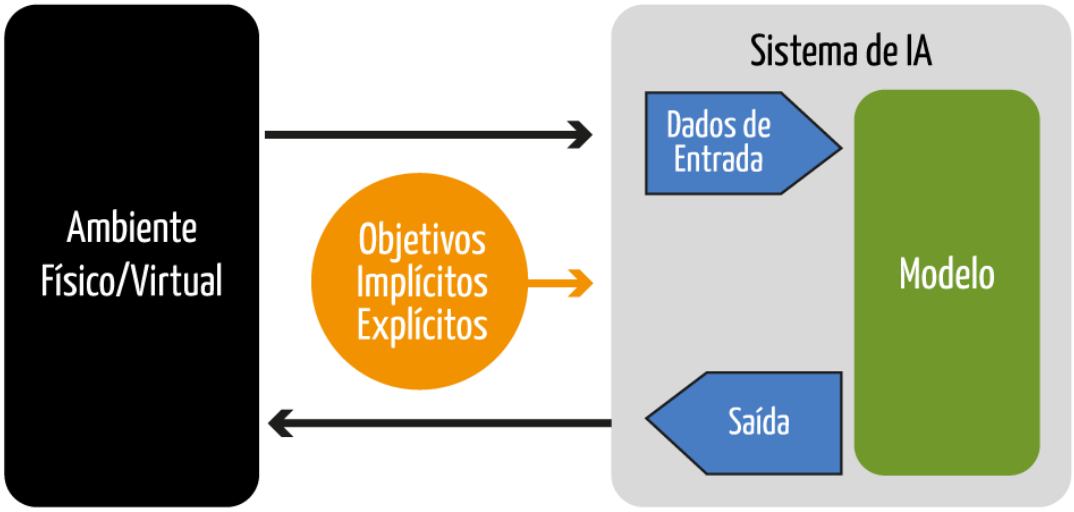


Figura 41. Ciclo dos sistemas de IA. Fonte: os autores

Os sensores percebem o estado atual do mundo/ambiente (capturam dados) do mundo físico ou virtual, os algoritmos processam os dados capturados para atender objetivos programados de forma explícita ou aprendidos, pelos algoritmos, de forma implícita a partir dos dados. Os dados que foram capturados do ambiente são transformados pelos algoritmos em representações do conhecimento sobre o mundo, internas aos sistemas de IA, e utilizados para a tomada de decisão (modelos de IA). Uma vez tomada uma decisão, os sistemas de IA irão atuar no mundo com o objetivo de transformá-lo (convencer um aluno a realizar um exercício, convencer um usuário a votar em um determinado candidato etc.). Os sistemas de IA possuem diferentes graus de autonomia para tomar decisões. Exemplos atuais são os agentes presentes nos LLMs e nos STI.

Ou seja, os sistemas de IA podem ser proativos e realizarem tarefas para nós. Este tipo de sistemas de IA são chamados de agentes. Os agentes inteligentes, se comportam exatamente como a dinâmica descrita na Figura 36. Esta é a forma como os sistemas de IA operam. Eles podem ser utilizados por pessoas, robôs ou por outros sistemas de IA.

Como visto, os sistemas de IA podem possuir aprendizado, adaptação e autonomia. Já falamos neste texto sobre aprendizado de máquina. A seguir são apresentados os conceitos funcionais de adaptabilidade e autonomia para sistemas de IA atuais.

A adaptabilidade de um sistema de IA está geralmente relacionada com o aprendizado automático, que pode continuar a evoluir seus modelos após o desenvolvimento inicial. Por exemplo, um sistema de reconhecimento de fala que se adapta à voz de um indivíduo ou um sistema de recomendação de música personalizado. Ou seja, os sistemas de IA podem ser treinados uma vez, periodicamente ou continuamente. Através desse treinamento, alguns sistemas de IA conseguem desenvolver a capacidade de realizar novas formas de inferência não previstas pelos seus desenvolvedores. O conceito de adaptação pós-implantação é significativo para a regulamentação da IA, pois indica que as garantias relativas ao desempenho e à segurança do sistema no momento da implantação podem ser invalidadas pela adaptação subsequente.

Assim, devem ser obtidas garantias para todas as versões futuras do sistema sob todas as possíveis trajetórias futuras de dados. Esse tipo de garantia não existe no sistema de computação não IA. Ou seja, trata-se de algo consideravelmente mais difícil do que garantir um sistema estático. Esta dificuldade pode ser aliviada até certo ponto através da incorporação de testes automáticos como parte do processo de adaptação, para que, por exemplo, nenhum preconceito se insinue num sistema que é inicialmente **certificado como justo**.

Autonomia de um sistema de IA significa o grau em que ele pode aprender ou agir sem envolvimento humano após a delegação de autonomia e automação de processos, por humanos. A supervisão humana pode ocorrer em qualquer fase do ciclo de vida de um sistema de IA, como durante a concepção do sistema de IA, coleta e processamento de dados, desenvolvimento, verificação, validação, implantação ou operação e manutenção. Entretanto é importante lembrar que alguns sistemas de IA podem gerar resultados sem instruções específicas de um ser humano.

11. APERFEIÇOAMENTO PESSOAL E O MUNDO DO TRABALHO

A IA está transformando rapidamente o mundo em que vivemos, e uma de suas áreas de maior impacto é o mercado de trabalho. Com a capacidade de realizar tarefas repetitivas, analisar grandes volumes de dados e tomar decisões com base em padrões aprendidos, a IA está sendo aplicada em diversos setores profissionais, desde a indústria até a saúde, a educação e os serviços.

Em muitas empresas, sistemas de IA já estão sendo utilizados para automatizar tarefas que antes eram feitas por seres humanos. Por exemplo, *chatbots* podem responder dúvidas de clientes, softwares inteligentes podem organizar estoques, máquinas autônomas podem operar em fábricas, carros autônomos e máquina agrícolas já circulam em várias cidades e fazendas do mundo e sistema de IA realizam análise de exames clínicos de imagens com um acerto de 87%. Essas mudanças tornam os processos mais rápidos e eficientes, mas também trazem desafios importantes.

Um dos principais desafios é a substituição de empregos. Algumas profissões estão desaparecendo ou se transformando, exigindo que os trabalhadores adquiram novas habilidades para se adaptarem (por exemplo, livreiros, motoristas, agentes imobiliários, médicos que analisam exames clínicos, revisores de textos, tradutores, programadores com pouca experiência, dentre outros). Por outro lado, a IA também está criando novas oportunidades de trabalho, principalmente em áreas como ciência de dados, programação avançada, engenharia de sistemas, pilotos de domes e desenvolvimento de tecnologias inteligentes.

Outro ponto importante é o uso ético da IA no ambiente de trabalho. É necessário garantir que os sistemas respeitem os direitos dos trabalhadores, evitem discriminação e sejam usados com responsabilidade. Também é importante que as pessoas utilizem a IA de forma ética, consciente e justa. Governos e organizações estão criando leis e normas para orientar o uso da IA de forma justa e segura. No Brasil temos a Lei 2.338/2023 que orienta sobre o desenvolvimento e o uso da IA no território nacional.

Diante disso, preparar-se para o futuro do trabalho significa aprender a conviver com a tecnologia, desenvolvendo competências que valorizem a criatividade, o pensamento crítico e o trabalho em colaboração com as máquinas. A IA não é apenas uma substituta, mas também pode ser uma aliada para melhorar a vida profissional das pessoas. Entretanto, é importante ter em mente que a IA não é sua melhor amiga! Ela sempre vai usar algo em troca. Por exemplo, se você solicitar que

a IA gere uma apresentação a partir do seu artigo científico recente, será necessário fornecer a ela o conteúdo do texto e, consequentemente, ser possivelmente utilizado para treinamentos futuros. Se você pedir que a IA reescreva um exercício para seus alunos, pois o texto existente, se mostrou de difícil compreensão para eles, a IA saberá o nível cognitivo dos seus alunos. Sempre que você pedir algo nesse contexto, o nível de dificuldade será baixo. Ou seja, a IA aprende com nossas interações. Para melhor entendimento do conteúdo você pode realizar a atividade a seguir.

ATIVIDADE: JOGO DAS PROFISSÕES DO FUTURO

Perguntas Norteadoras	- Alguma profissão real pode mudar com a ajuda da IA? - Existem habilidades humanas que são insubstituíveis? - Cite novas profissões que já surgiram devido à IA?Alguma profissão real pode mudar com a ajuda da IA? - Que habilidades humanas são insubstituíveis? - Cite novas profissões que já surgiram devido à IA?
Metodologia	O verbo utilizado, na atividade, da taxonomia de Bloom é o compreender.
Materiais	- Cartas de profissão, habilidades e aplicações da IA. Elas podem ser encontradas no Apêndice VII ou baixadas em http://euvou.net/1nqc - Dado comum de 6 lados - Quadro ou folha para anotações - Timer (celular, relógio etc.)
Tópicos explorados	Interação colaborativa humano IA, habilidades necessárias para o trabalho no momento atual e num futuro próximo e transformações no mudo do trabalho causadas pelas tecnologias atuais.
Aspectos	Aperfeiçoamento pessoal e profissional
Habilidades do RC em IA	EF15IA16 - Compreender os impactos da IA nas relações sociais EF69IA16 - Compreender a relação entre IA e o mundo do trabalho

Habilidades BNCC (Computação)	EF05CO10 – Expressar-se crítica e criativamente na compreensão das mudanças tecnológicas no mundo do trabalho e sobre a evolução da sociedade. EF05CO11 – Identificar a adequação de diferentes tecnologias computacionais na resolução de problemas. EF69CO12 – Compreender os impactos da Computação na evolução das diversas áreas do conhecimento, na sociedade e no mundo do trabalho EF69CO07 – Avaliar a adequação de diferentes soluções tecnológicas para resolver problemas em contextos reais EF15CO08 – Reconhecer e utilizar tecnologias computacionais para pesquisar e acessar informações, expressar-se crítica e criativamente e resolver problemas. EM13CO09 – Identificar tecnologias digitais, sua presença e formas de uso, nas diferentes atividades no mundo do trabalho.

Esta atividade tem como objetivo proporcionar uma compreensão lúdica e instigante sobre como a IA está transformando o mundo do trabalho. A proposta busca estimular a criatividade, o raciocínio crítico e o trabalho em equipe, promovendo reflexões sobre os impactos da tecnologia no cotidiano profissional. Ela não tem como foco o estudo técnico da IA, mas sim a análise de suas influências e consequências nas dinâmicas do trabalho contemporâneo.

Como funciona

a. Formação dos grupos:

- Divida a turma em grupos de 3 a 5 alunos.

b. Preparação:

- Cada grupo recebe as seguintes cartas que devem ser sorteadas (vide http://euvou.net/1nqc). As cartas com as profissões são de cor azul e com uma letra “P”, já as habilidades humanas com a letra "H” e por fim, as capacidades da IA com “IA”. Assim, é possível identificar a categoria das cartas mesmo impressas em preto e branco (ver figura 42).

- 1 carta de **Profissão**
- 2 cartas de **Habilidades humanas**
- 1 carta de **Capacidade da IA**

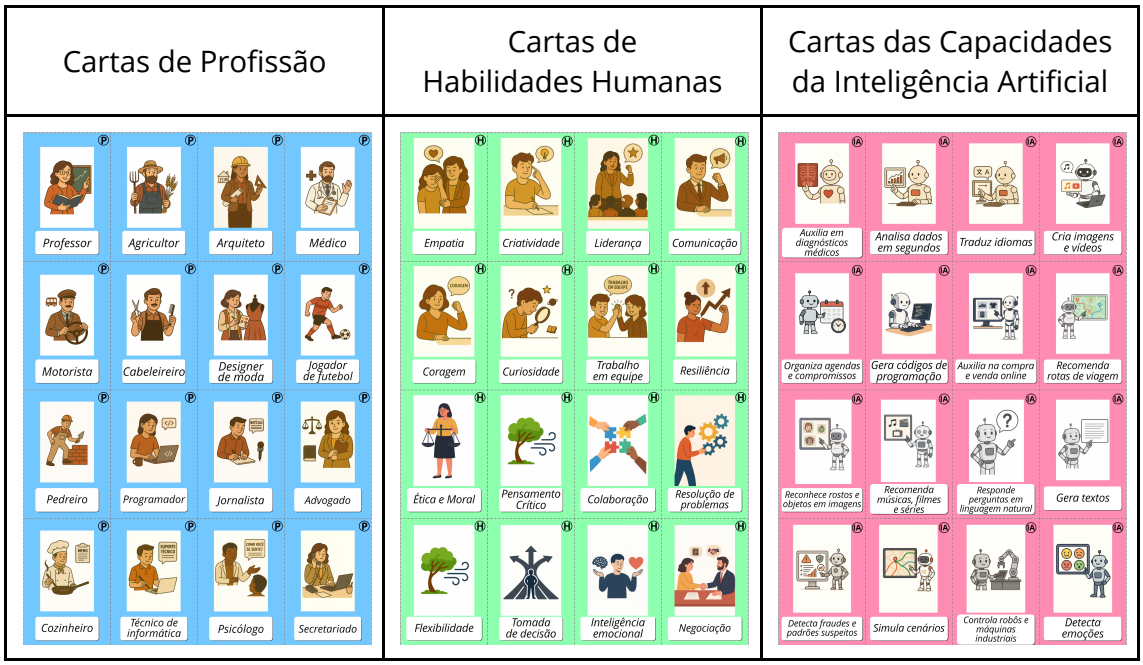


Figura 42. Cartas com profissões, habilidade e de IA

c. Desafio do grupo:

Os alunos devem:

- Inventar uma **nova versão da profissão** usando as habilidades humanas e a função da IA que tiraram.
- Criar um nome para essa profissão.
- Montar um pequeno cartaz ou encenação rápida mostrando como seria um dia de trabalho nessa profissão.

d. Apresentação:

Cada grupo apresenta sua “Profissão do Futuro” para a turma (em até 3 minutos). Eles devem explicar:

- O que a pessoa faz nessa profissão?

- O que é feito pela IA?
- Que habilidades humanas são essenciais?

12. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Pensamento Computacional, como uma metodologia para o ensino de computação voltado para os anos iniciais do ensino fundamental, é uma estratégia que foi adotada na Alemanha para evitar a exposição precoce dos muitos jovens às telas. Percebe-se que a computação não é apenas uma disciplina importante, mas também pode contribuir com as outras áreas de conhecimento. Além disso, as atividades plugadas e desplugadas apresentam desafios lógico-matemáticos que podem contribuir com o desenvolvimento cognitivo.

No Brasil, essa ideia pode ser utilizada com o mesmo propósito. O Pensamento Computacional desplugado, principalmente, tem um potencial para atender o problema de equidade de acesso. Isso devido ao fato de nem todas as escolas terem disponibilidade de equipamentos e conexão à Internet de qualidade. Dentro deste contexto, esse livro teve por objetivo trazer noções básicas de IA (dados, algoritmos e modelos) de forma desplugada.

O objetivo foi gerar simples exemplos de atividades que poderão ser desenvolvidas com os estudantes, para os professores. Nosso exercício de criatividade e adaptação foi baseado nas propostas curriculares da UNESCO (2024) e no nosso trabalho anterior (Vicari, Brackmann, Galafassi e Mizusaki, 2023). As habilidades necessárias (não exaustivas) para garantir que todos os objetivos de aprendizagem considerados pela UNESCO sejam adaptados para a realidade do Brasil, podem ser vistas no link: https://www.ianaescola.com.br/referencial.

Sabemos que o uso da IA traz uma série de riscos para os alunos desinformados sobre esta tecnologia. A IA desplugada pode evitar essa exposição, ao mesmo tempo que educa sobre essa tecnologia, que pode ser utilizada de forma consciente e ética. Entendemos que a IA traz inúmeras potencialidades, e suas tecnologias estão se tornando importantes nas nossas vidas. Dessa forma, essa estratégia não só permite o letramento em IA, mas também permite trabalhar com ela no contexto escolar e com um maior controle do professor.

Durante a escrita desse texto, foram realizados um conjunto de testes, iniciais, destas atividades, com estudantes do ensino Básico. Eles foram feitos com o objetivo de verificar se as atividades eram entendidas pelos professores e seus estudantes e corrigir suas descrições, assim como verificar as perguntas descritivas. Os resultados obtidos não trazem conclusões científicas sobre o uso da IA desconectada para o letramento em IA, pois não utilizamos, por exemplo, grupo de controle realizando as mesmas atividades de forma conectada. Entendemos que a

IA desplugada é uma área nascente e promissora de pesquisas na área da informática na educação.

Com esse trabalho busca-se a inclusão cognitiva, sobre o tema IA, de estudantes e professores de regiões remotas e de escolas desprovidas dos recursos necessários para um letramento em IA desconectado, na era da IA. Esperamos também, que outros países de língua portuguesa ou espanhola possam se beneficiar desta iniciativa. Acreditamos que o mesmo será útil e contamos com a imensa criatividade dos professores mundo afora.

Desejamos a todos um ótimo trabalho,

Equipe do grupo de Pesquisa em Inteligência Artificial (PIÁ)

13. BIBLIOGRAFIA

ACC. Association for Computational Creativity. 2017. Disponível em: https://computationalcreativity.net/iccc2017/.

ACM/IEEE-CS/AAAI. Computer Science Curricula 2023: Curriculum Guidelines for Undergraduate Degree Programs in Computer Science. Final Report. 2023. Disponível em: https://csed.acm.org/wp-content/uploads/2023/03/Version-Beta-v2.pdf Acesso em: 13 mai 2025.

ACM. Site da Association for Computing Machinery. New York, NY, USA. Disponível em: https://csed.acm.org/. Acesso em: 01 abr 2024.

Brackmann, Christian. Desenvolvimento do Pensamento Computacional Através de Atividades Desplugadas na Educação Básica. 2017. 226 f. Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, RS, Brasil, 2017. Disponível em: http://hdl.handle.net/10183/172208 Acesso em 01 set 2024.

Brackmann, Christian. Computacional - Educação em Computação. 2016. Computacional - Educação em Computação. Disponível em: http://www.computacional.com.br. Acesso em: 1 jan. 2024.

Baker, R. S., D'mello, S. K., Rodrigo, M. M., Graesser, A. C. (2010). Better to be frustrated than bored: The incidence, persistence, and impact of learners' cognitive–affective states during interactions with three different computer-based learning environments. International Journal of Human-Computer Studies, 68(4), 223-241.

Blakeley H. P. (2019). An Ethics of Artificial Intelligence Curriculum for Middle School Students, MIT Media Lab, Supervised by Cynthia Breazeal.

Bloom, B. S. et al. Taxonomia dos objetivos educacionais: domínio cognitivo. Porto Alegre: Globo, 1983.

Bundy, Alan. Computational Thinking is Pervasive. Journal of Scientific and Practical Computing, v. 1, p. 67–69, 6 dez. 2007. Disponível em: https://www.inf.ed.ac.uk/publications/online/1245.pdf. Acesso em: 23 nov. 2015.

Brasil. DADOS REVELAM PERFIL DOS PROFESSORES BRASILEIROS. 2022. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira | Inep. Disponível em: https://www.gov.br/inep/pt-br/assuntos/noticias/institucional/dados-revelam-perfil-dos-professores-brasileiros. Acesso em: 15 jul. 2024.

Brasil. MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. Computação - Complemento à Base Nacional Comum Curricular (BNCC). 2022. Disponível em: https://www.gov.br/mec/pt-br/escolas-conectadas/BNCCComputaoCompletodiagramado.pdf. Acessado em: 1 Mar. 2024.

Chiu, T. K. The impact of generative ai (genAI) on practices, policies and research direction in education: a case of chatgpt and midjourney. Interactive Learning Environments, 2023. p. 1–17.

Chiu, Thomas K.F. ; Ahmad Zubair; Ismailov,Murod; Sanusi, Ismaila Temitayo. What are artificial intelligence literacy and competency? A comprehensive framework to support them. Computers and Education Open. Elsevier. 6 (2024) 100171.

CIEB. Nota Técnica #21. CENTRO DE INOVAÇÃO PARA A EDUCAÇÃO BRASILEIRA. CIEB: Notas Técnicas #21 Inteligência artificial na educação básica: novas aplicações e tendências para o futuro. São Paulo: CIEB, 2024. Disponível em: https://cieb.net.br/wp-content/uploads/2024/06/Inteligencia-Artificial-na-Educacao-Basica_2024.pdf.

Chui, M.; Hazan, E.; Roberts, R.; Singla, A.; Smaje, K.; Sukharevsky, A.; Yee, L.; Zemmel, R.; The economic potential of generative AI The next productivity frontier. 2023. Disponível em: https://www.mckinsey.com/~/media/mckinsey/business%20functions/mckinsey%20digital/our%20insights/the%20economic%20potential%20of%20generative%20ai%20the%20next%20productivity%20frontier/the-economic-potential-of-generative-ai-the-next-productivity-frontier.pdf

Córdova, Paulo Roberto. Ethoscool: avançando a ética em IA na educação por meio de agentes morais artificiais. 2024. Tese (Doutorado em Informática na Educação) – Centro Interdisciplinar de Novas Tecnologias na Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2024.

Bell, Tim; WITTEN, Ian H.; FELLOWS, Mike. Computer Science Unplugged... - Off-line activities and games for all ages (draft). 1. ed. [S. l.: s. n.], 1997.

Fonteles, J.N.C. Aproximações multifárias: uma introdução. 1a ed. Vortex, Teresina, 2024.

Uhiu, T. K. The impact of generative ai (genAI) on practices, policies and research direction in education: a case of chatgpt and midjourney. Interactive Learning Environments, 2023. p. 1–17.

IA@Escola. Inteligência Artificial na Escola. Referencial Curricular para a Educação Básica. 2024. Disponível em: http://www.ianaescola.com.br/referencial. Acesso em: 30/mar/25.

Kandlhofer, M. Artificial intelligence and computer science in education: From kindergarten to university. 2016. Date of Conference: 12-15 October 2016. Date Added to IEEE Xplore: 01 2016. https://ieeexplore.ieee.org/document/7757570

Kerly, A., Ellis, R., Bull, S.. CALMsystem: Combining Computer and Human Tutoring in an Intelligent Learning Environment. Computers & Education, 50(3), 838-853. 2008.

Klumpp, Matthias; Hesenius, Marc; Meyer, Ole; Ruiner, Caroline; Gruhn, Volker. Production logistics and human-computer interaction: state-of-the-art, challenges and requirements for the future. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, [S.l.], v. 107, p. 1–14, 2020. DOI: 10.1007/s00170-019-03785-0

Königk, A., Thongpull, K. (2015). Lab-on-spoon – a 3-D integrated hand-held muiti-sensor system for low-cost food quality, safety, and processing monitoring in assisted-living systems. Engeneering, Environmental Science.

Long, Duri; Magerko, Brian. What is AI Literacy? Competencies and Design Considerations. 23 abr. 2020. Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems [...]. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 23 abr. 2020. p. 1–16. DOI 10.1145/3313831.3376727. Disponível em: https://doi.org/10.1145/3313831.3376727. Acesso em: 14 jul. 2024.

Miao, F. (2023). K-12 AI curricula: A mapping of government-endorsed AI curricula, UNESCO Publishing. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000380602.

Murray, D. Personalized Learning: A Guide for Engaging Students with Technology. International Society for Technology in Education. 2018.

Papert, Seymour. Mindstorms: Children, Computers, And Powerful Ideas. 2nd ed. New York, USA: Basic Books, 1980.

Picard, R. W., Vyzas, E., & Healey, J. (2001). Toward Machine Emotional Intelligence: Analysis of Affective Physiological State. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 23(10), 1175–1191.

Picard, R. W. Affective computing. paperback ed. Cambridge, Mass., MIT Press, 2000.

Rumelhart, D. E., Hinton, G.E., Williams, R. J. (1986). Learning representations by back-propagating errors. Nature, 323, 533-536.

Russalli, S., Norving, P. (2021). Artificial Intelligence: A Modern Approach 4th US ed, Pearson, ISBN: 9781292401133. pag. 1136.

Shmir; Levin. Artificial intelligence (AI) learning tools in K-12 education.Computer and Education.V.12 p. 93-131. Springer. 2022. https://link.springer.com/article/10.1007/s40692-023-00304-9

Sánchez, J., SALDAÑA, D., HUERTAS, A. (2018). Augmented Reality for the Teaching of Basic Sign Language Vocabulary to Deaf Students. Sensors, 18(6), 1766.

Su, J..: Zhong, Y. Artificial Intelligence (AI) in early childhood education: Curriculum design and future directions. Computers and Education: Artificial Intelligence, Elsevier. 2022. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666920X22000273

Su,j.: Zhong, Y. A meta-review of literature on educational approaches for teaching AI at the K-12 levels in the Asia-Pacific region. Computers and Education: Artificial Intelligence, Elsevier 2022. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666920X22000200

UNESCO. AI competency framework for students. Paris, France: UNESCO, 2024. DOI 10.54675/JKJB9835. Disponível em: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000391105.

UNESCO. Currículos de IA para a educação básica: um mapeamento de currículos de IA aprovados pelos governos. ED-2022/FLI-ICT/K-12. [S.l.], UNESCO, 2022. Disponível em: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000380602_por.

UNESCO. Guia para a IA generativa na educação e na pesquisa. Publicado em 2023 e traduzido em 2024 pela Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura 7, place de Fontenoy, 75352 Paris 07 SP, França © UNESCO 2024 ISBN: 978-92-3-700028-1 Disponível em: (http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/igo/). Acesso em: 30/3/205.

UNICEF. Policy guidance on AI for children. Nova York, NY, USA, UNICEF, 2021. Disponível em: https://www.unicef.org/globalinsight/media/2356/file.

Turing, Alan Mathison. Computing Machinery and Intelligence. Mind, v. LIX, n. 236, p. 433–460, 1950.

Vicari, Rosa. Inteligência Artificial e Educação. 41ª Reunião Nacional da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Educação, Manaus. 2023. Disponível em: https://www.computacional.com.br/ia/publicacoes_relevantes/Artigos_e_ebooks/Vicari_-

_Intelig%C3%AAncia_Artificial_e_Educa%C3%A7%C3%A3o_(ANPED).pdf. Acesso em: 05 jan 2024.

Vicari, Rosa; Brackmann, Christian; Mizusaki, Lucas; Lopes, Daniel; Barone, Dante; Castro, Henrique. Referencial Curricular: Inteligência Artificial no Ensino Médio. 2022. Disponível em: http://inf.ufrgs.br/ciars.

Vicari, Rosa Maria; Brackmann, Christian; Mizusaki, Lucas; Galafassi, Cristiano. Inteligência Artificial na Educação Básica. 1. ed. São Paulo, SP: Novatec Editora, 2023. Disponível em: https://novatec.com.br/livros/inteligencia-artificial-na-educacao-basica/.

Wing, Jeannette M. "Computational thinking benefits society." 40th anniversary blog of social issues in computing 2014 (2014): 26.

Nota

Para garantir qualidade ortográfica e gramatical, foi utilizada Inteligência Artificial no processo de revisão, complementada por uma análise minuciosa e correção manual pelos autores. As concepções aqui são originais, autênticas e não foram geradas por essa tecnologia.

14. GLOSSÁRIO

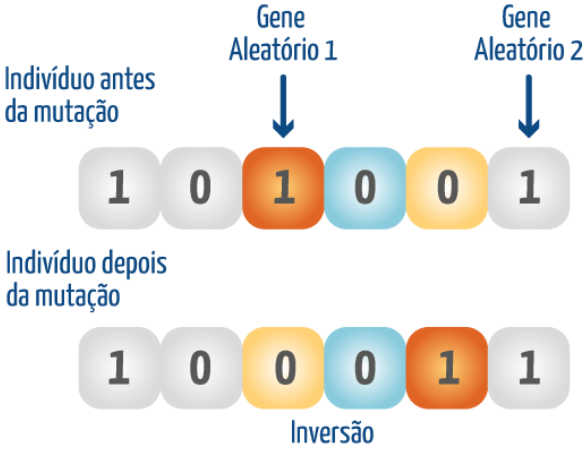
ADAPTABILIDADE

Capacidade de um sistema de IA de mudar seu comportamento com base nas interações com o usuário ou com o ambiente. Isso permite que o sistema melhore suas respostas ao longo do tempo.



ALGORITMO GENÉRICO

Tipo de algoritmo inspirado no processo de seleção natural, que combina e modifica soluções para encontrar respostas melhores. É usado em IA para resolver problemas complexos por tentativa e erro.



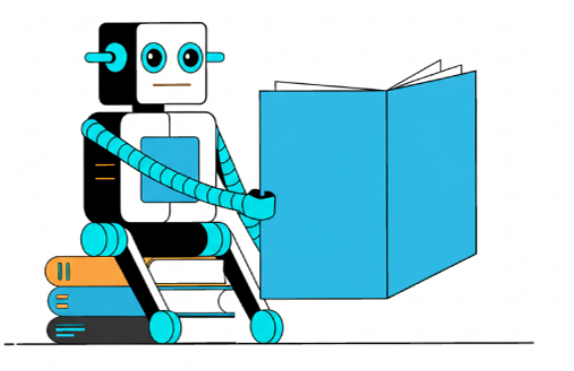
ALGORITMOS

Conjunto de instruções organizadas em sequência lógica para resolver um problema ou realizar uma tarefa. Pode ser comparado a uma receita de bolo, em que cada passo precisa ser seguido para obter o resultado final.

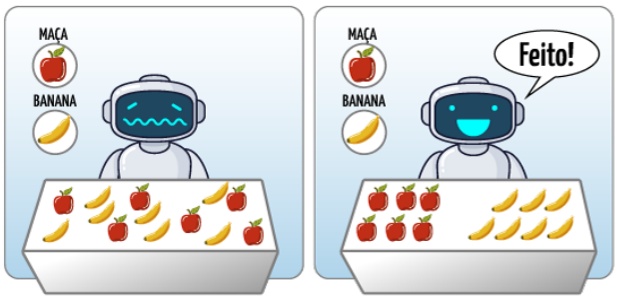


APRENDIZADO DE MÁQUINA (MACHINE LEARNING)

É uma forma da IA aprender automaticamente com dados, sem ser programada passo a passo para cada tarefa. O sistema identifica padrões e melhora suas respostas conforme recebe mais informações.

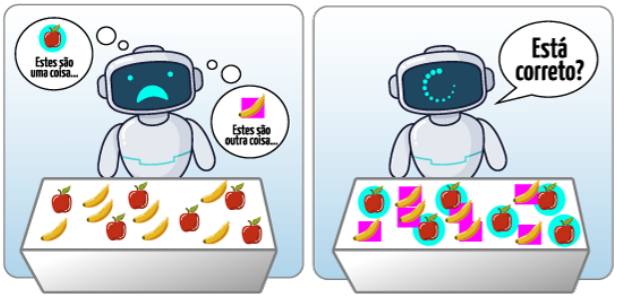


APRENDIZADO DE MÁQUINA SUPERVISIONADO



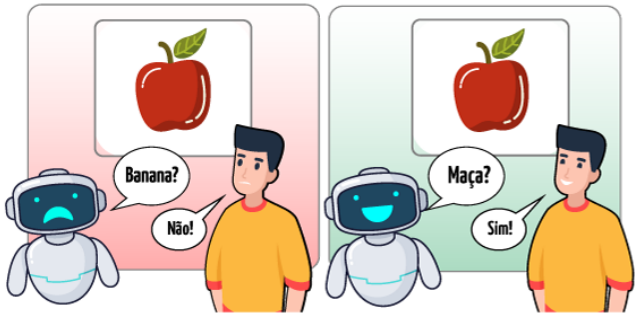
Tipo de aprendizado em que a IA aprende com exemplos já conhecidos (com respostas certas), para depois conseguir prever ou classificar novos dados. É como mostrar várias imagens de gatos e cachorros para que o sistema aprenda a diferenciar os dois.

APRENDIZADO NÃO SUPERVISIONADO



A IA aprende sozinha, procurando padrões ou grupos em dados que não têm respostas definidas. Por exemplo, separar alunos em grupos com base em seus hábitos de estudo, sem saber previamente quem estuda de forma parecida.

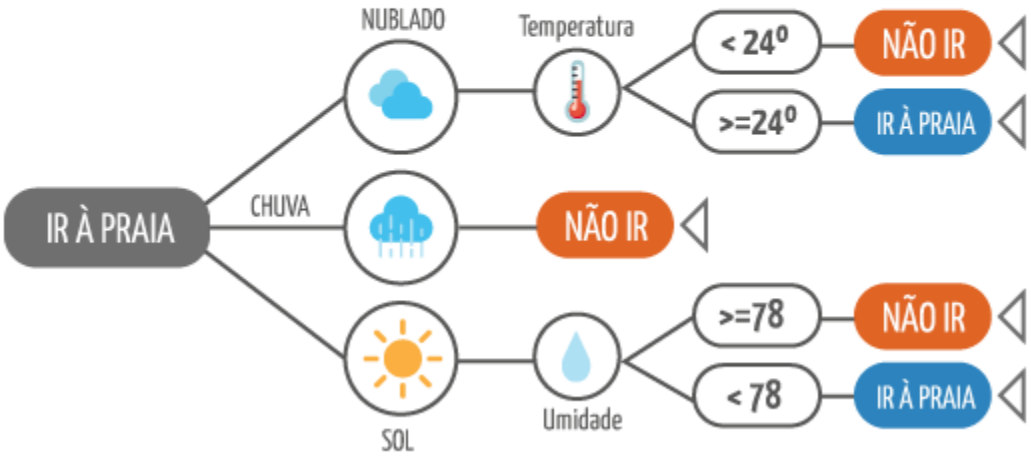
APRENDIZADO POR REFORÇO



A IA aprende com tentativas e erros, recebendo recompensas ou punições a cada ação. Funciona como treinar um animal: se ele acerta, ganha um "petisco"; se erra, não ganha nada.

ÁRVORES DE DECISÃO

Representações visuais que ajudam a tomar decisões com base em perguntas e respostas sucessivas. Cada "galho" representa uma escolha, e cada "folha" mostra o resultado dessa escolha.



ATUADORES



Dispositivos que permitem que a IA atue no mundo físico, como motores, luzes ou alto-falantes. Eles transformam decisões da IA em ações concretas, como mover um robô ou emitir um som.

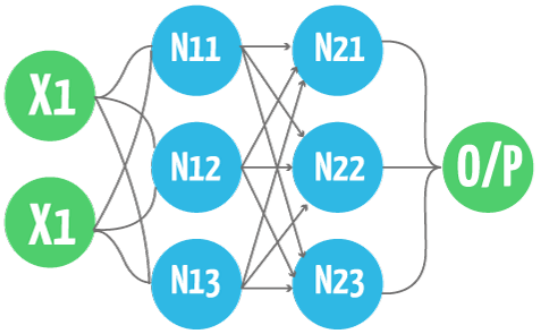
AUTONOMIA



Capacidade da IA de agir sozinha, tomando decisões ou executando ações sem precisar de ordens diretas a cada passo. Um exemplo são carros autônomos que decidem quando frear ou virar.

BACKPROPAGATION

É uma técnica usada para treinar redes neurais, ajustando os "erros" de resposta até melhorar os resultados. Funciona como um processo de tentativa e correção automática.





BASE DE DADOS

Conjunto organizado de informações que alimentam os sistemas de IA. Pode conter textos, imagens, números ou qualquer dado usado para o aprendizado e tomada de decisões.

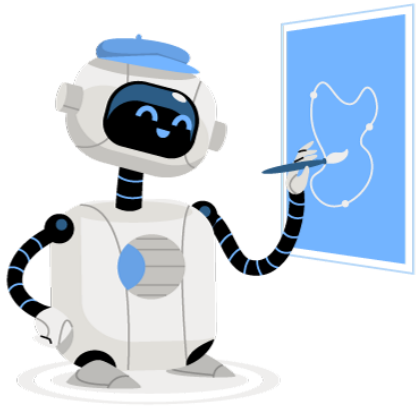
BIG DATA

É uma técnica usada para treinar redes neurais, ajustando os "erros" de resposta até melhorar os resultados. Funciona como um processo de tentativa e correção automática.



CRIATIVIDADE COMPUTACIONAL

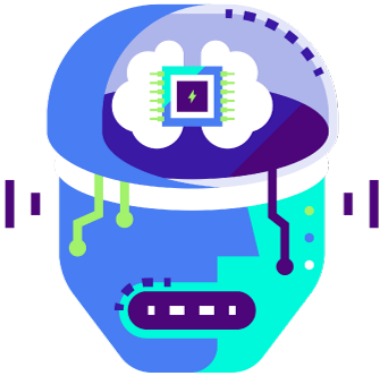
Área da IA que busca simular ou apoiar a criatividade humana, gerando textos, músicas, imagens ou ideias novas. A IA usa padrões aprendidos para criar algo inédito ou diferente.





DADO

É qualquer informação bruta que pode ser processada por um computador, como uma imagem, número ou palavra. Os dados são a base para que os sistemas de IA aprendam e tomem decisões.

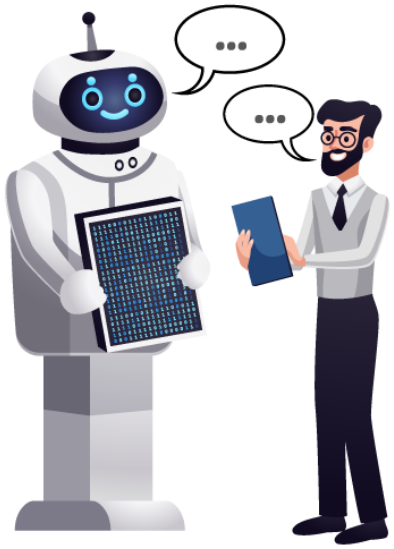


INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL (IA)

Conjunto de técnicas que permite que máquinas realizem tarefas que, normalmente, exigiriam inteligência humana, como reconhecer rostos ou entender uma pergunta. A IA pode aprender, tomar decisões e se adaptar ao ambiente.

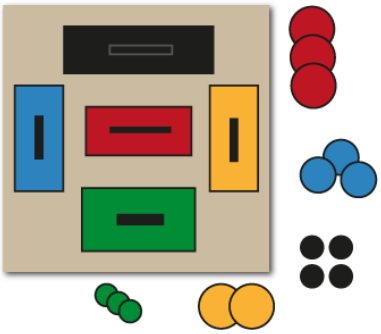
GRANDE MODELO DE LINGUAGEM
LARGE LANGUAGE MODEL (LLM)

Também conhecido por LLM, é um computacional usado em chatbots para simular conversas com humanos. Pode aprender com os usuários e tem sido aplicado na educação, exigindo uso criterioso, pois gera respostas plausíveis, mas nem sempre corretas. Integra o campo do Processamento de Linguagem Natural (PLN) e tende a evoluir para agentes autônomos, capazes de tomar decisões e agir no ambiente.



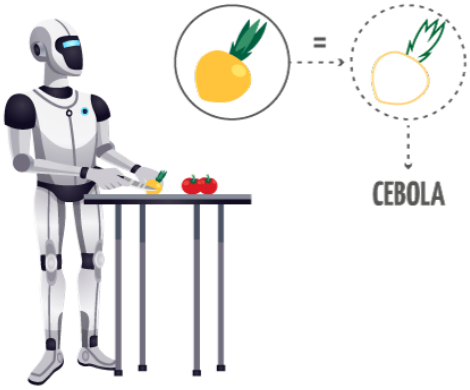
INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL DESPLUGADA

É o ensino dos conceitos de IA sem uso de computadores ou internet, usando jogos, debates ou atividades manuais. Essa abordagem facilita o acesso e o entendimento da IA por crianças, mesmo em escolas sem recursos tecnológicos.



Large Language Model (LLM): vide Grande Modelo de Linguagem.

Machine Learning: vide Aprendizado de Máquina.

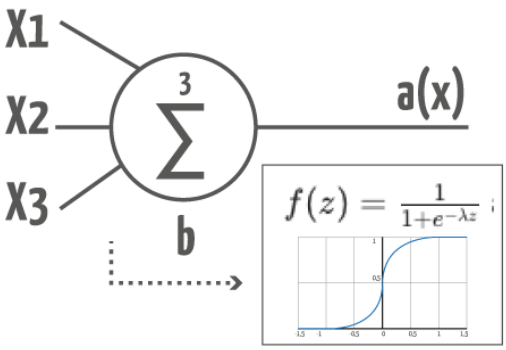


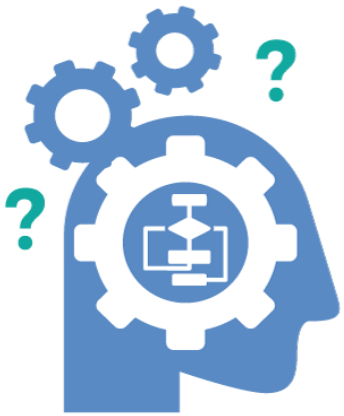
MODELO

É o resultado do treinamento de um sistema de IA com dados, representando o que ele "aprendeu" para fazer previsões ou tomar decisões. Funciona como uma versão resumida do conhecimento adquirido pelo sistema.

NEURÔNIO

Elemento básico das redes neurais artificiais, inspirado nos neurônios biológicos. Recebe informações, faz cálculos simples e repassa o resultado para outros "neurônios" no sistema.





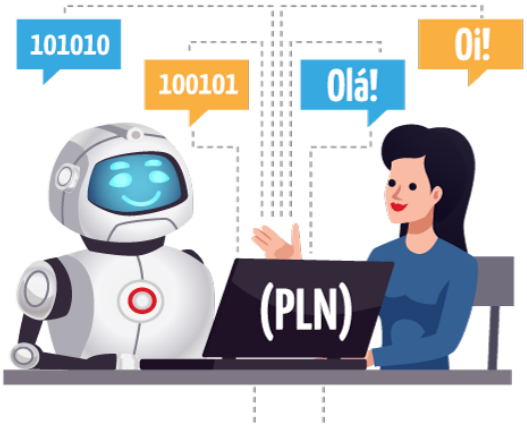
PENSAMENTO COMPUTACIONAL

É a habilidade de resolver problemas de forma lógica, criando estratégias que podem ser aplicadas por pessoas ou computadores. Envolve abstração, dividir tarefas, reconhecer padrões e criar algoritmos.

PERCEPÇÃO

É a capacidade da IA de captar informações do ambiente por meio de sensores, imagens, sons ou outros dados. É como se ela "visse" ou "ouvisse" para entender o que está acontecendo.





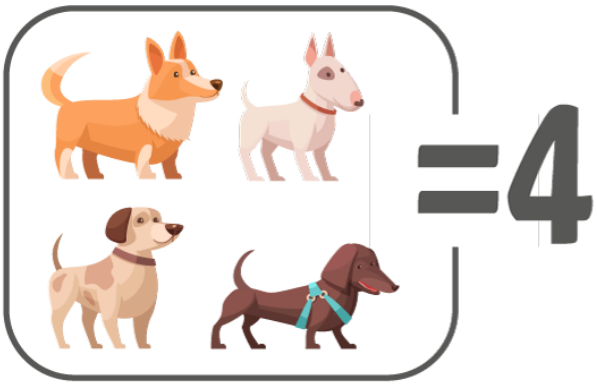
PROCESSAMENTO DE LINGUAGEM NATURAL (PLN):

Tecnologia que permite que computadores entendam e produzam textos ou falas em linguagem humana. É o que permite que chatbots e assistentes virtuais "conversem" com as pessoas.

RACIOCÍNIO ESTATÍSTICO

Forma de raciocínio baseada em probabilidades e padrões nos dados. A IA usa cálculos estatísticos para lidar com incertezas e prever resultados.



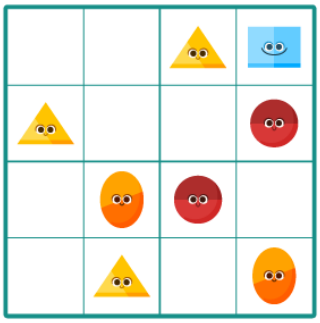


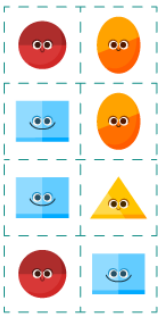
RACIOCÍNIO INDUTIVO

Forma de pensar baseada na observação de exemplos para chegar a uma conclusão geral. A IA usa esse tipo de raciocínio para prever padrões a partir de dados.

RACIOCÍNIO SIMBÓLICO

Tipo de raciocínio baseado em regras lógicas e símbolos bem definidos. É mais explicável, pois o caminho seguido pelo sistema pode ser entendido passo a passo.





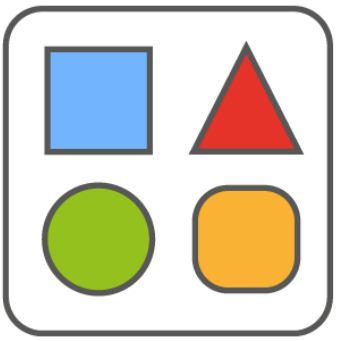


RACIOCÍNIO

Capacidade de pensar e tomar decisões com base em informações e regras. Em IA, refere-se à forma como o sistema processa dados para chegar a conclusões.

RECONHECIMENTO DE PADRÕES

Capacidade da IA de identificar semelhanças ou regularidades em dados, como sons, imagens ou comportamentos. Isso permite que o sistema classifique ou agrupe informações automaticamente.



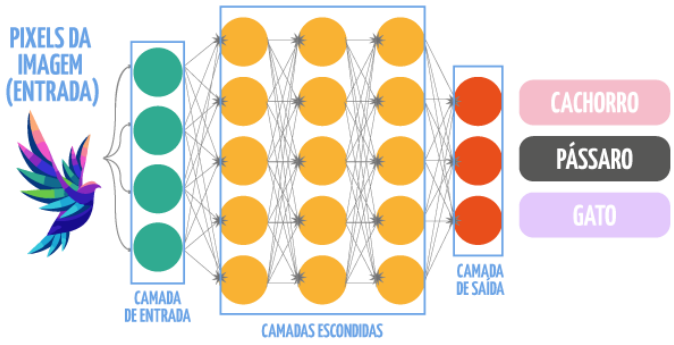


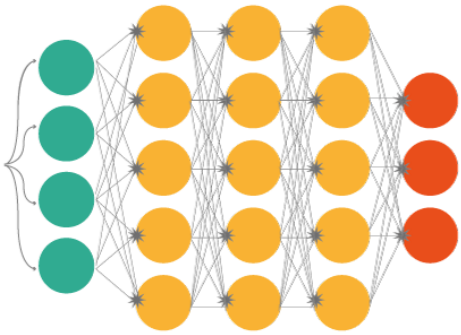
RECONHECIMENTOS ÓPTICOS

Capacidade da IA de interpretar informações visuais, como texto em imagens (OCR) ou sinais de trânsito. Ela "enxerga" imagens e transforma em dados que pode compreender.

REDES CONVOLUCIONAIS (OU REDES NEURAIS CONVOLUCIONAIS)

Tipo especial de rede neural usada principalmente para analisar imagens.
Ela consegue identificar formas, contornos e detalhes visuais, como olhos em um rosto ou letras em uma placa.



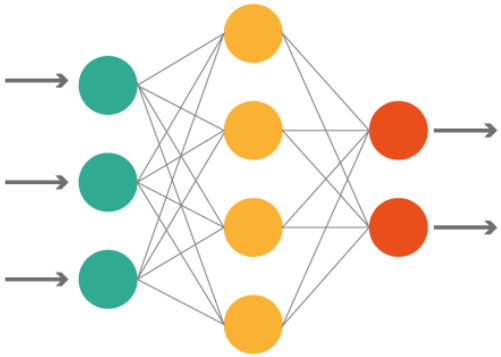


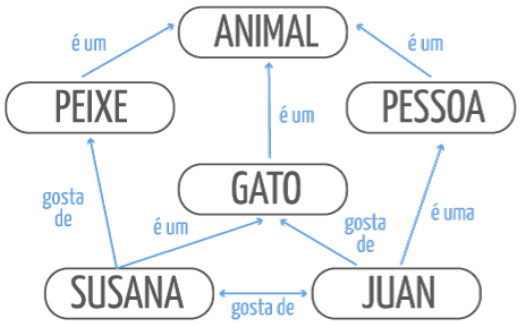
REDES NEURAIS PROFUNDAS

Versão mais complexa das redes neurais, com muitas camadas entre a entrada e a saída. Permitem que a IA realize tarefas mais difíceis, como tradução automática ou geração de imagens.

REDES NEURAIS

Modelos de IA inspirados no cérebro humano, compostos por "neurônios artificiais" que se conectam e transmitem informações. São usadas para reconhecer padrões, como imagens ou sons.



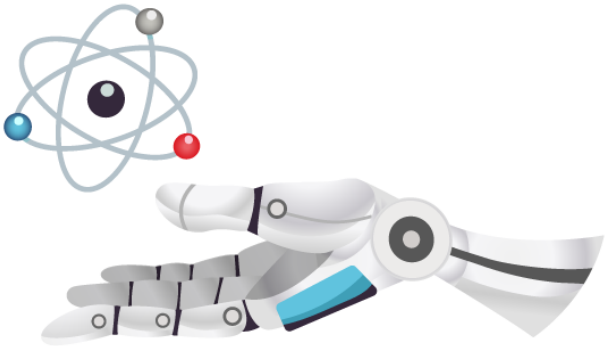


REDES SEMÂNTICAS

São estruturas que organizam o conhecimento em forma de conexões entre ideias e conceitos. Ajudam a IA a entender significados e relações entre palavras ou objetos.

REPRESENTAÇÃO DO CONHECIMENTO

Forma como a IA organiza e guarda informações para usá-las ao tomar decisões. Pode ser feita com regras, gráficos, redes de conceitos ou outras estruturas.





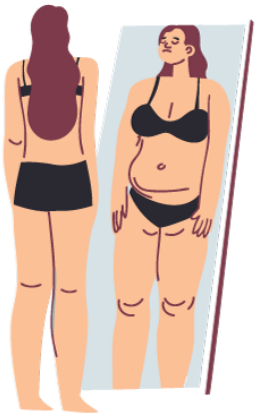
SENCIENTES

Seres capazes de sentir ou ter consciência. Atualmente, a IA não é senciente — ela simula comportamentos, mas não tem emoções, intenções ou consciência real.

SENSORES

Dispositivos que capturam informações do ambiente, como luz, som, temperatura ou movimento. Servem como os "sentidos" da IA, ajudando-a a perceber o mundo ao seu redor.





VIÉS / BIAS

Tendência da IA a repetir erros ou desigualdades presentes nos dados usados para treiná-la. Isso pode gerar resultados injustos ou discriminatórios, como preferir um grupo em detrimento de outro.

Apêndice I - Cards para treinamento

Com informações completas:

Nº	Descrição do cartão
01	Homem de 1,82 m, usa óculos e tem cabelo curto.
02	Mulher de 1,78 m, cabelo comprido, veste terno feminino.
03	Mulher de 1,60 m, carrega mochila e tem cabelo preso.
04	Homem de 1,55 m, usa boné e roupas esportivas.
05	Mulher de 1,70 m, usa óculos escuros e roupas casuais.
06	Homem de 1,90 m, cabelo raspado e camiseta.
07	Mulher de 1,63 m, vestido floral, cabelo ondulado.
08	Homem de 1,67 m, camiseta esportiva e tênis.
09	Homem de 1,76 m, sapatos sociais e gravata.
10	Mulher de 1,50 m, avental de cozinha, cabelo preso.
11	Pessoa de 1,74 m, jaqueta jeans, fones de ouvido.

12	Mulher de 1,68 m, blusa listrada, mochila.
13	Mulher de 1,58 m, usa óculos e blusa vermelha.
14	Homem de 1,79 m, cabelo encaracolado, casaco.
15	Mulher de 1,65 m, cachecol e calça social.
16	Homem de 1,85 m, chapéu e casaco longo.
17	Mulher de 1,62 m, vestido preto e colar.
18	Homem de 1,72 m, camiseta branca e calça jeans.
19	Homem de 1,95 m, roupas esportivas e boné.
20	Mulher de 1,59 m, blusa azul e calça moletom.
21	Pessoa de 1,69 m, jaqueta de couro, cabelo curto.
22	Homem de 1,77 m, camisa polo e bermuda.
23	Mulher de 1,53 m, roupas casuais, mochila.
24	Pessoa de 1,66 m, suéter cinza e lenço.

25	Homem de 1,88 m, terno cinza e gravata.
26	Mulher de 1,57 m, vestido verde, sombrinha.
27	Pessoa de 1,73 m, camiseta listrada, óculos escuros.
28	Homem de 1,81 m, camisa social e relógio elegante.
29	Mulher de 1,64 m, calça jeans e boné.
30	Pessoa de 1,56 m, roupas esportivas, garrafa d’água.

Com desafios com incertezas:

Nº	**Descrição do cartão (com incerteza)**
T1	Mulher de 1,69 m usando salto alto de 5 cm (vestido formal).
T2	Homem de 1,74 m usando chapéu alto de 6 cm (terno elegante).
T3	Pessoa de 1,65 m usando tênis-plataforma (+3 cm), roupas casuais.
T4	Mulher de 1,68 m, está descalça, veste camiseta.
T5	Homem de 1,70 m, mas está ligeiramente curvado.
T6	Pessoa (altura não informada); cabelo curto, roupas casuais.
T7	Mulher de 1,60 m com chapéu fedora (+4 cm).
T8	Mulher de 1,75 m com salto alto de 8 cm (vestido de festa).
T9	Pessoa (altura não informada); casaco longo, mochila nas costas.
T10	Homem de 1,62 m em terreno elevado (+3 cm estimados).
T11	Homem de 1,66 m usando capacete de segurança (+2 cm).
T12	Mulher de 1,78 m, mas está com joelhos dobrados (postura relaxada).

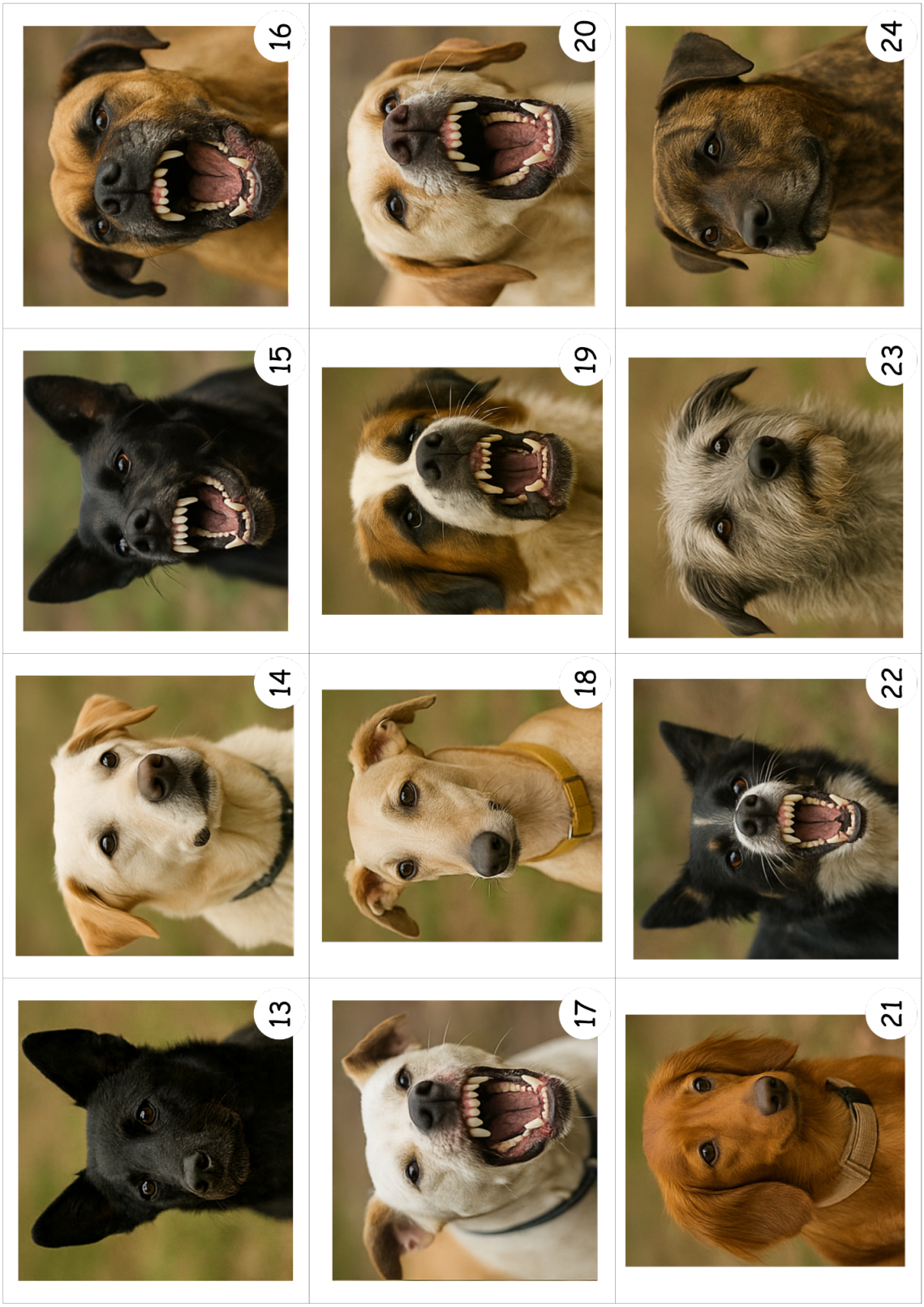
T13	Pessoa (altura não informada); terno preto e gravata.
T14	Mulher de 1,64 m usando salto baixo de 2 cm.
T15	Homem de 1,71 m com chapéu de copa alta (+7 cm).

Apêndice II - Cards de Cachorros

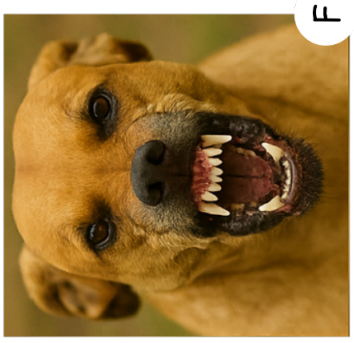
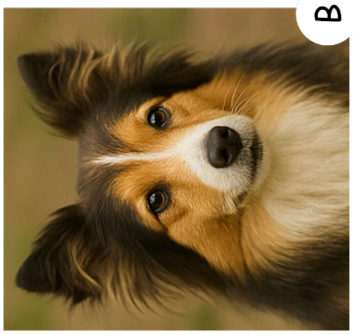
www.IAnaEscola.com.br



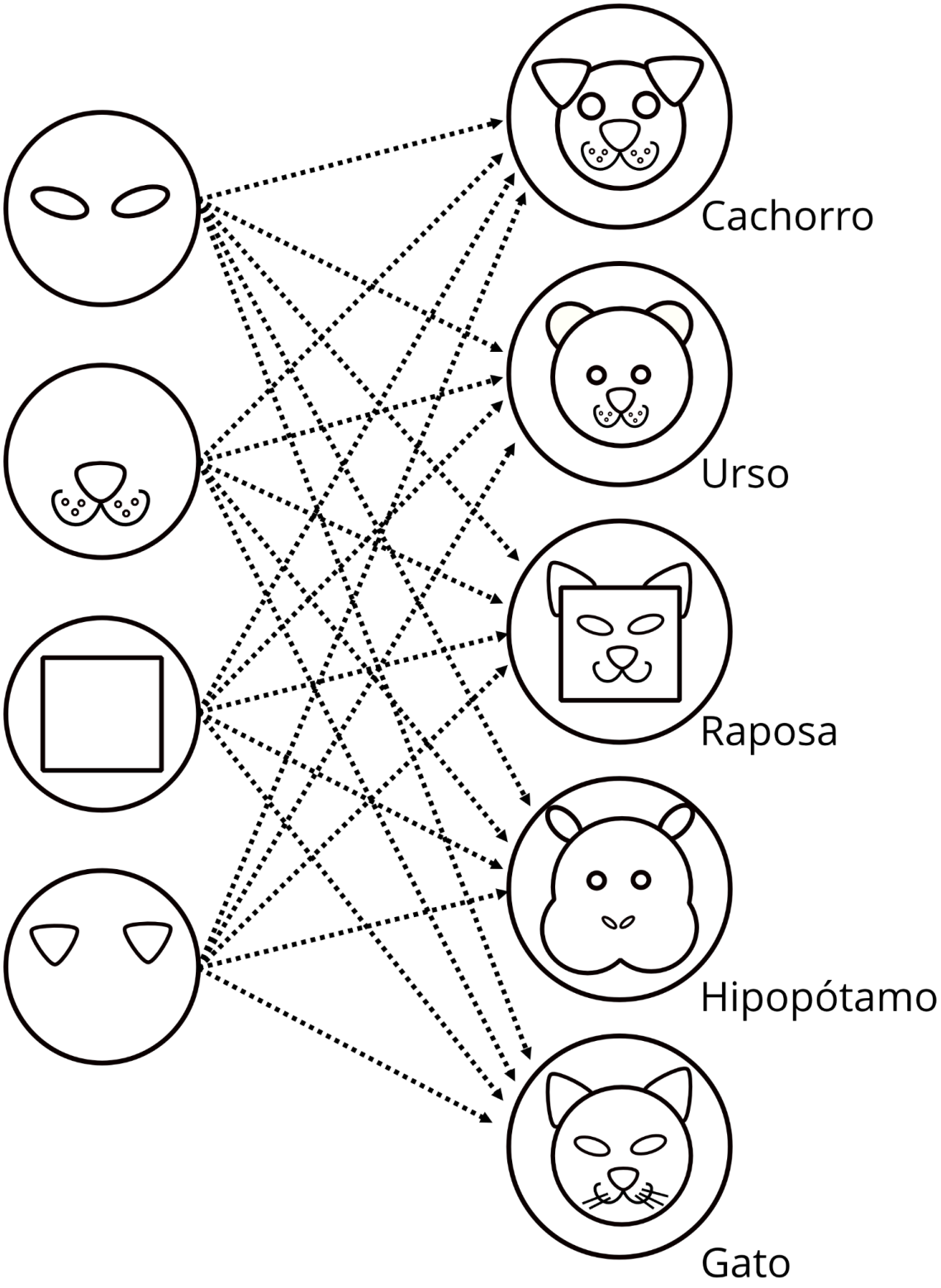
www.IAnaEscola.com.br

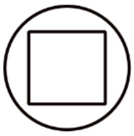


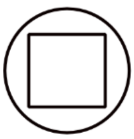
www.IAnaEscola.com.br

		www.IAnaEscola.com.br
		
 D	 E	 F
 A	 B	 C

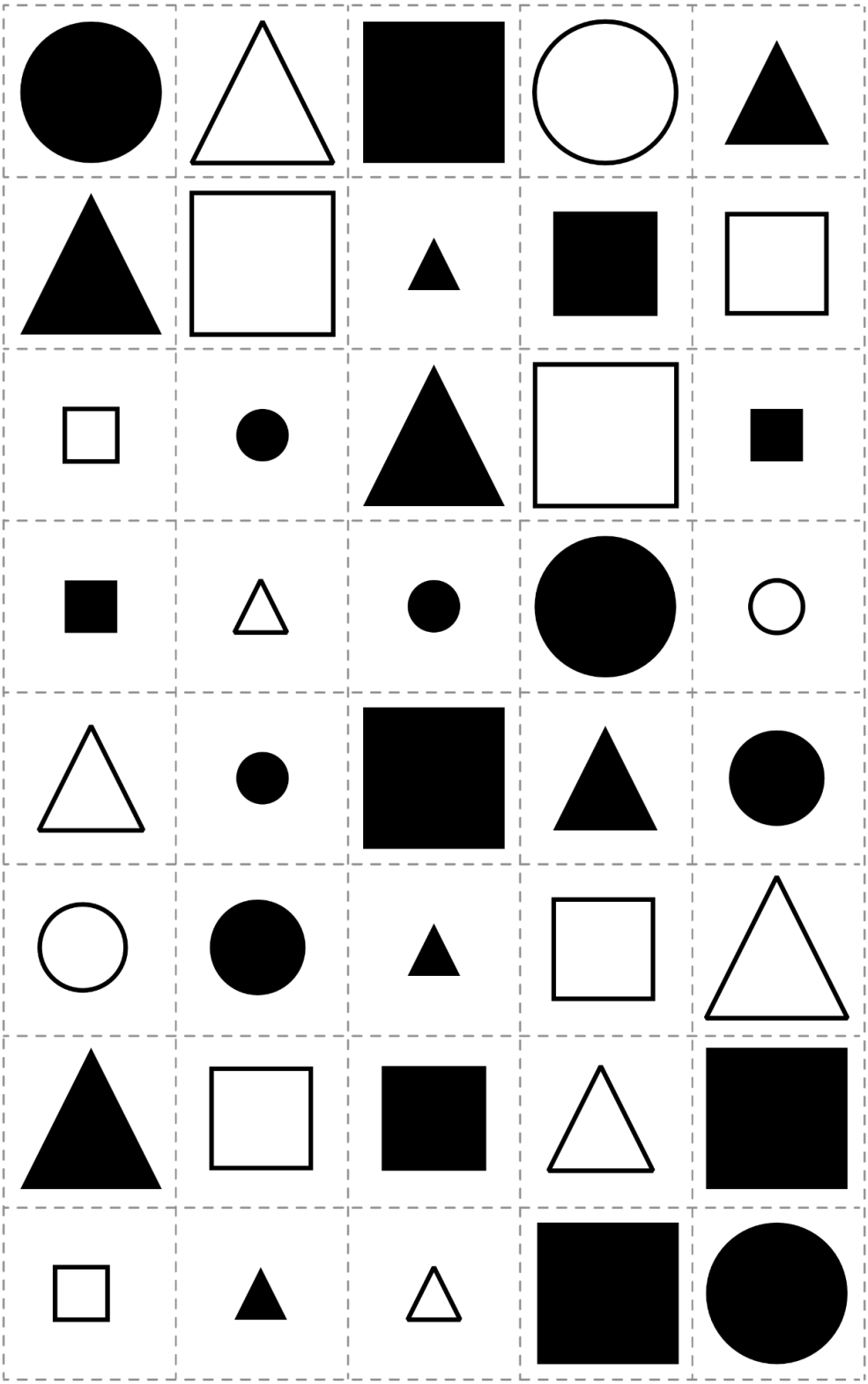
Apêndice III - Cartelas da Atividade de Backpropagation



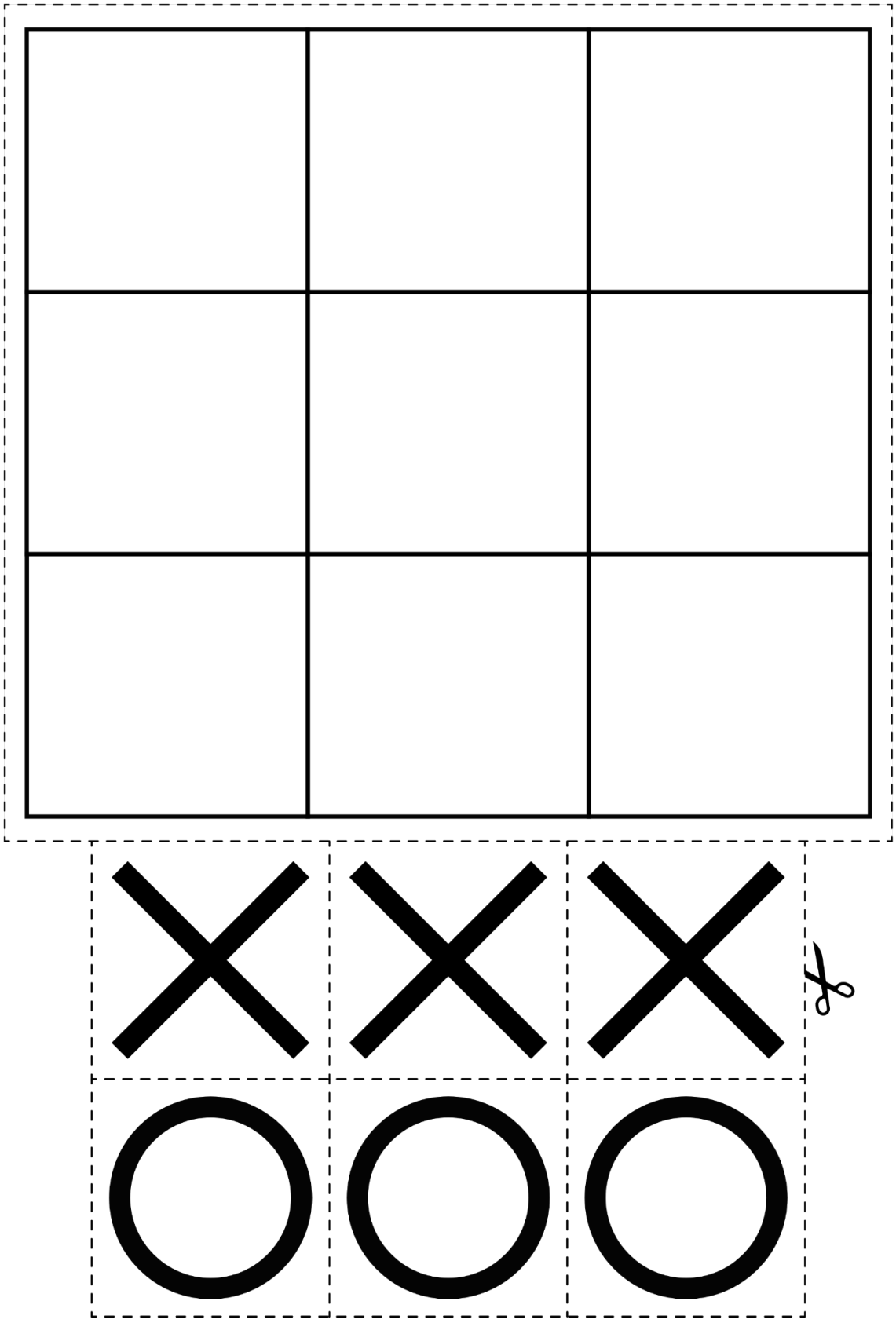
					
					
					
					
					
BIAS					

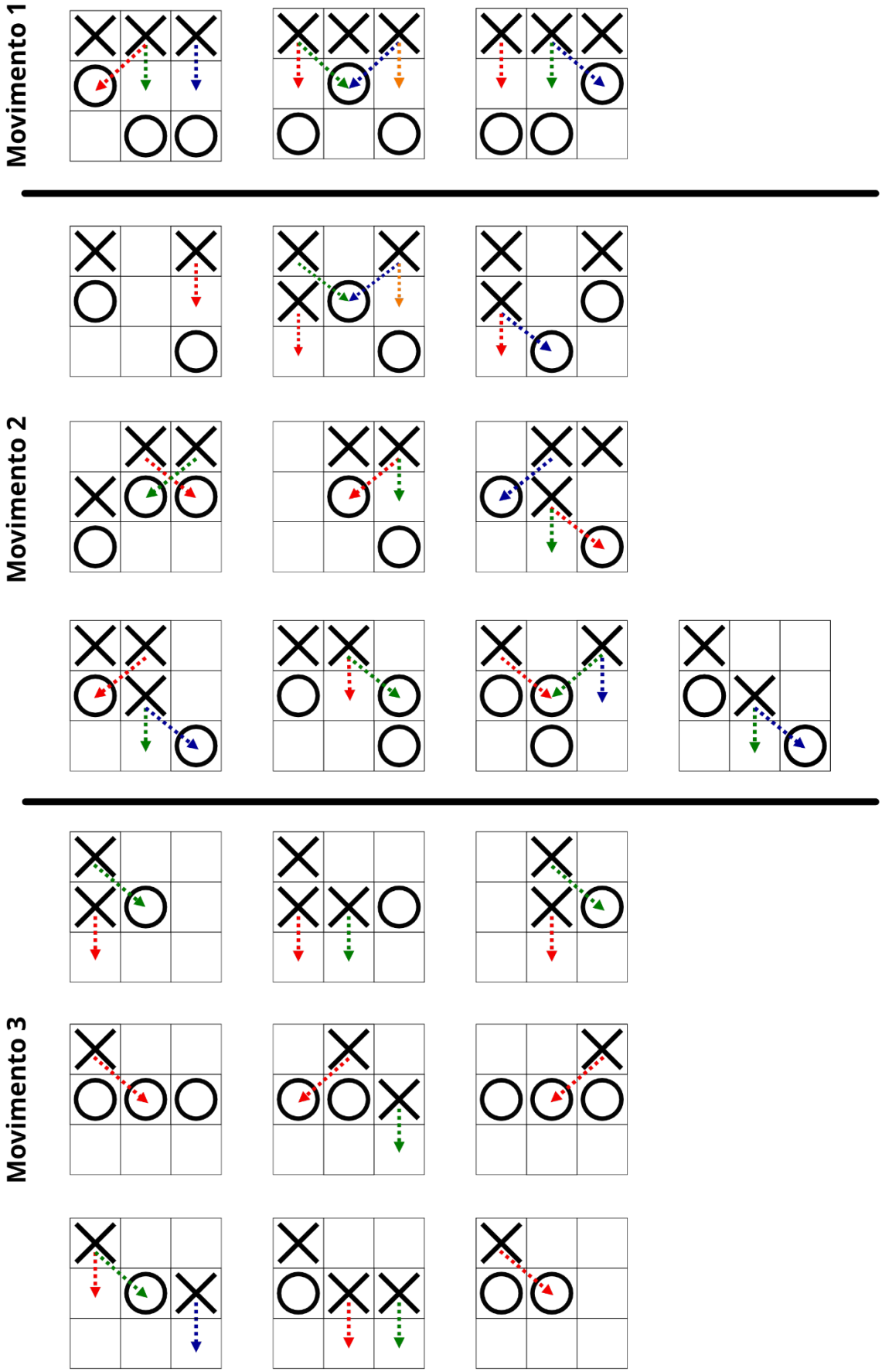
					
					
					
					
					
BIAS					

Apêndice IV - Cartões do Clube Secreto das Formas



Apêndice V - Jogo de Xadrez de Peões




Movimento 1
Movimento 2
Movimento 3

Apêndice VI - Dor de Barriga do Joãozinho



MÃE

"Ele ficou com febre à noite e reclamou de dor na barriga. Só pode ser algo grave! Tem que dar um remédio bem forte a ele."



JOÃOZINHO

"Minha barriga dói, e eu tô com frio! Não quero tomar remédios.



EXAMES

Aponta que há “sinais de infecção leve."



MÉDICO

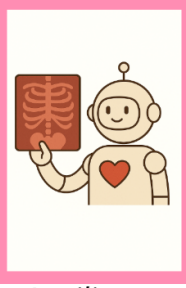
"Ele parece com casos de dor de barriga que já vi. Deve ser uma má digestão passageira causada pelo excesso de comida."

Apêndice VII - Profissões do Futuro




Empatia
Criatividade
Liderança
Comunicação
CORAGEM
Coragem
Curiosidade
TRABALHO EM EQUIPE
Trabalho em equipe
Resiliência
Ética e Moral
Pensamento Crítico
Colaboração
Resolução de problemas
Flexibilidade
Tomada de decisão
Inteligência emocional
Negociação

IA



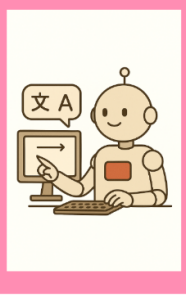
Auxilia em diagnósticos médicos

IA



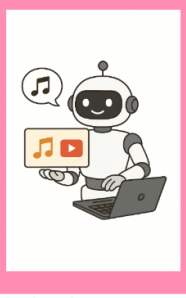
Analisa dados em segundos

IA



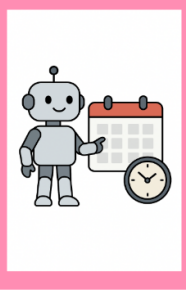
Traduz idiomas

IA



Cria imagens e vídeos

IA



Organiza agendas e compromissos

IA



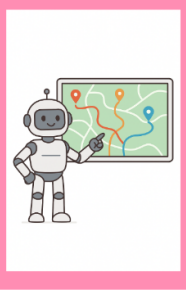
Gera códigos de programação

IA



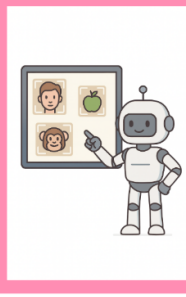
Auxilia na compra e venda online

IA



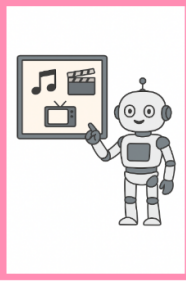
Recomenda rotas de viagem

IA



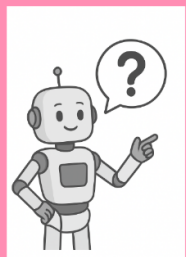
Reconhece rostos e objetos em imagens

IA



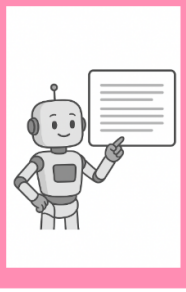
Recomenda músicas, filmes e séries

IA



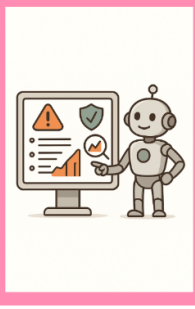
Responde perguntas em linguagem natural

IA



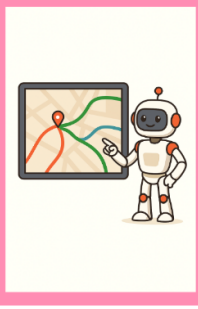
Gera textos

IA



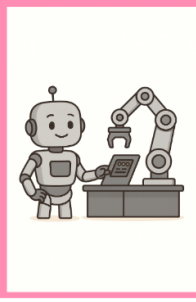
Detecta fraudes e padrões suspeitos

IA



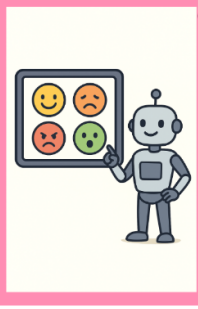
Simula cenários

IA



Controla robôs e máquinas industriais

IA



Detecta emoções

Apêndice VII: Testes do Capítulo 3

PRÉ-TESTE 📝

1) Um computador pode confundir seu usuário e este não saber se está falando com uma máquina ou com outro humano?
a) sim
b) não
c) não sei
Resposta: a

2) É possível diferenciar um humano de uma máquina em uma conversa?
a) sim
b) não
c) não sei
Resposta: a

3) Você já conversou com alguma máquina (como um assistente virtual ou chatbot)? Como foi essa experiência?
a) Sim, a experiência foi boa
b) Sim, porém não considerei satisfatória
c) Não
Resposta: todas as possibilidades pois depende da experiência pessoal

PÓS-TESTE 📝

1) As máquinas podem se passar por seres humanos?
a) algumas máquinas tentam esconder a sua natureza
b) as máquinas conseguem se passar por humanos
c) as máquinas não conseguem se passar por humanos
Resposta: a

2) Qual foi a pergunta mais difícil para diferenciar o humano do computador na atividade?
Resposta livre

3) No futuro, as máquinas poderão pensar e sentir da mesma forma que os seres humanos?
a) sim
b) não
c) não sei responder
Resposta: b

Apêndice VIII: Testes do Capítulo 4

PRÉ-TESTE 📝
1) Quem ensina os robôs a tomar decisões?
a) Outros robôs
b) Ninguém, eles nascem sabendo
c) Os dados e as informações obtidas do ambiente ou geradas pela própria IA
Resposta: c

2. Os robôs podem cometer erros?
a) Não, robôs são perfeitos
b) Sim, porque aprendem com os dados que coletam do ambiente ou geram
c) Só quando estão quebrados
Resposta: b

3. Se um robô trata pessoas de forma diferente por causa da roupa delas, isso é:
a) Justo
b) Muito inteligente
c) Injusto
Resposta: c

PÓS-TESTE 📝

1. Por que é importante ensinar os robôs de forma justa?
a) Porque eles podem jogar bola melhor
b) Porque podem tomar decisões que afetam as pessoas
c) Porque eles gostam de aprender
Resposta: b

2. O que significa “um robô ético”?
a) Um robô que dança bem
b) Um robô que faz piadas
c) Um robô que toma decisões certas e respeita as pessoas
Resposta: c

3. Quem deve controlar o que a IA (inteligência artificial) faz?
a) Somente os próprios robôs
b) As pessoas, com regras e cuidado
c) O controle remoto
Resposta: b

Apêndice IX: Testes do Capítulo 5

PRÉ-TESTE 📝

1. O que você entende por “dados”?
a) Qualquer número, palavra, imagem ou som que possa ser coletada.
b) Informações organizadas em tabelas.
c) Apenas números coletados por sensores.
Resposta: a

2. De onde a Al pode obter dados?
a) Apenas da internet.
b) De várias fontes, como textos, sensores, imagens e sons.
c) Apenas de humanos.
Resposta: b

3. Às vezes, quando um computador “aprende” com exemplos, ele pode ficar injusto porque viu quase sempre as mesmas coisas. Isso se chama “viés”. O que pode acontecer com o computador quando ele tem viés?
a) Ele trata todas as pessoas de forma justa e acerta sempre.
b)Ele fica mais rápido.
c)Ele pode errar ou ser injusto com pessoas que são diferentes dos exemplos que viu.
Resposta: c

PÓS-TESTE 📝

1. Por que é importante saber de onde vêm os dados usados pela IA?
a) Porque dados diferentes podem influenciar decisões de forma justa ou injusta.
b) Não é importante, os dados são sempre corretos.
c) Porque a IA não precisa de dados.
Resposta: a

2. O que pode acontecer se os dados usados para treinar uma IA forem incompletos ou enviesados?
a) A IA fará previsões mais precisas.
b) A IA pedirá dados novos automaticamente.
c) A IA pode tomar decisões erradas ou injustas.
Resposta: c

3. No experimento da atividade, o que foi mais difícil ao classificar as pessoas?
a) Identificar pessoas com dados claros.
b) Classificar pessoas com características ambíguas.
c) Usar o gráfico de Gauss.
Resposta: b

Apêndice X: Testes do Capítulo 6

PRÉ-TESTE 📝
1) O que você acha que é Inteligência Artificial?
a) Um robô que faz tudo sozinho
b) Um computador que pode aprender e responder perguntas e realizar tarefas
c) Um jogo de videogame
Resposta: b

2) Se um computador aprendeu que "o cachorro tem pelos", mas não sabe se "o cachorro tem bigodes", o que ele pode dizer?
a) "Sim, o cachorro tem bigodes"
b) "Não, o cachorro não tem bigodes"
c) "Não sei"
Resposta: c

3) Um computador pode “entender” as coisas ? Por quê?
a) Sim, mas não como nós: ele liga palavras e ideias que aparecem juntas nos dados.
b) Sim, porque ele tem um cérebro igual ao nosso e sente emoções.
c) Não, porque ele só faz contas e não guarda nenhuma informação sobre significados.
Resposta: a

PÓS-TESTE 📝

1) O que é uma **rede semântica**?
a) Um desenho que liga ideias e objetos parecidos
b) Uma rede que conecta computadores à internet
c) Um mapa do tesouro
Resposta: a

2) Como sua rede semântica pode ajudar um computador a responder perguntas?
a) O computador inventa histórias sobre os objetos
b) Ele olha as conexões e aprende sobre as coisas que estão ligadas
c) Ele sempre diz "sim" para todas as perguntas
Resposta: b

3) O que acontece é feita uma pergunta sobre algo que não está na rede semântica?
a) O computador responde com qualquer coisa
b) O computador não sabe a resposta e pode dizer "não sei"
c) O computador pergunta para outra IA
Resposta: b

Apêndice XI: Testes do Capítulo 7

PRÉ-TESTE

1) Um robô pode se melhorar com o tempo, assim como os animais na natureza?
a) Sim. Ele pode testar várias ideias, misturar as melhores e aprender a fazer melhor, como acontece na natureza.
b) Não. Um robô sempre repete exatamente o que o programador escreveu e nunca muda.
c) Só se alguém o consertar.
Resposta: a

2) O que significa a palavra evoluir?
a) Ficar mais velho
b) Melhorar aos poucos
c) Repetir sempre as mesmas ações
Resposta: b

3) Quando criamos um robô para uma missão, o que pode torná-lo melhor que os outros?
a) Ter poderes aleatórios
b) Ter um nome mais legal
c) Ter características que ajudam na missão
Resposta: c

PÓS-TESTE

1) O que é aptidão de um robô?
a) O quanto ele brilha
b) O quanto ele é legal
c) O quanto ele é bom para a missão
Resposta: c

2) Por que escolhemos os robôs com maior aptidão para cruzar?
a) Porque eles têm mais chance de criar bons filhos
b) Porque são os mais bonitos
c) Porque são os primeiros da lista
Resposta: a

3) O que é mutação no jogo dos robôs?
a) Trocar o nome do robô
b) Mudar alguma coisa nele de forma surpresa
c) Apagar ele do jogo
Resposta: b

Apêndice XII: Testes do Capítulo 8

PRÉ-TESTE 📝

1) Como você acha que um computador aprende a reconhecer se um animal é perigoso ou não?
a) Ele já sabe tudo sozinho
b) Ele pergunta para uma pessoa sempre que tem dúvida
c) Ele aprende vendo muitos exemplos e seguindo regras
Resposta: c

2) O que um computador faz quando encontra um animal que nunca viu antes?
a) Ele fica confuso e não responde nada
b) Ele tenta usar as regras que aprendeu para adivinhar
c) Ele inventa uma resposta qualquer
Resposta: b

3) O que acontece se ensinarmos um computador com informações erradas?
a) Ele aprende errado e pode dar respostas erradas
b) Ele percebe o erro e corrige sozinho
c) Ele não aprende nada
Resposta: a

PÓS-TESTE 📝

1) O que aconteceu quando usamos os dados de treinamento para ensinar o computador sobre animais?
a) O computador aprendeu a classificar os animais seguindo regras
b) O computador ignorou os exemplos e escolheu sozinho
c) O computador esqueceu tudo depois de um tempo
Resposta: a

2) O que acontece se aparecer um animal com características muito diferentes das que treinamos?
a) O computador pode errar na classificação
b) O computador sempre acerta
c) O computador cria uma nova categoria automaticamente
Resposta: a

3) Se um computador for treinado apenas com um pequeno grupo de animais, ele será bom em classificar todos os animais do mundo?
a) Sim, ele aprende tudo com poucos exemplos
b) Não, ele precisa de muitos exemplos diferentes para aprender bem
c) Sim, porque ele pode pesquisar na internet
Resposta: b

Apêndice XIII: Testes do Capítulo 9

PRÉ-TESTE 📝

1. Quando você mostra muitas fotos de gatos e cães a um programa de inteligência artificial, o que ele pode aprender a fazer?
a) Tocar música.
b) Dizer se a foto é de gato ou de cachorro.
c) Mudar a cor da tela.
Resposta: b

2. Esses programas “que aprendem” usam os exemplos que recebem como...
a) Enfeites.
b) Ponto de partida (entrada) para descobrir padrões.
c) Senhas secretas.
Resposta: b

3. Para que um computador aprenda a reconhecer a letra “A”, ele precisa principalmente de:
a) Um código secreto escrito num papel.
b) Várias imagens da letra “A” (e de outras letras) como exemplos de treino.
c) Ouvir alguém pronunciar a letra apenas uma vez.
Resposta: b

PÓS-TESTE 📝

1. Nas redes neurais, o que os neurônios fazem?
a) Mostram o resultado final.
b) Processam a informação ajustando pesos para achar padrões.
c) Guardam o histórico de erros.
Resposta: b

2. O processo de corrigir os erros de uma rede neural enquanto ela aprende chama-se:
a) Compressão de dados.
b) Evolução.
c) Treinamento (ou backpropagation).
Resposta: c

3. Ao realizar o treinamento de uma rede neural, precisamos apresentar todos os casos que ela deve reconhecer?
a) Sim.
b) Não.
c) Não sei responder.
Resposta: b

Apêndice XIV: Testes do Capítulo 9.1

PRÉ-TESTE 📝

1. Quando mostramos várias figuras ao computador sem dizer o nome de cada uma, o que ele tenta fazer?
a) Adivinhar nomes aleatórios para as figuras
b) Procurar sozinho quais figuras se parecem entre si
c) Apagar as figuras que não entende
Resposta: b

2. Esse jeito de aprender, em que o computador recebe apenas exemplos sem respostas prontas, chama-se:
a) Aprendizado supervisionado
b) Aprendizado não supervisionado
c) Aprendizado por cópia
Resposta: b

3. Descobrir automaticamente quais produtos costumam ser comprados juntos num mercado é um exemplo de:
a) Regra do alfabeto
b) Regras de associação
c) Sorteio aleatório
Resposta: b

PÓS-TESTE 📝

1) Na atividade dos “clubes secretos”, o que definiu cada grupo?
a) Um professor dizendo as regras
b) Semelhanças percebidas pelos próprios participantes
c) Ordem alfabética das cartelas
Resposta: b

2) Se trocarmos o número de cartões-centro de 3 para 5, provavelmente:
a) Nada muda
b) Teremos mais grupos (clusters) detalhados
c) Todas as cartelas ficarão sem grupo
Resposta: b

3) Depois que os grupos foram formados, a função do professor (ou cientista de dados) é:
a) Aceitar cegamente o resultado da máquina
b) Interpretar, dar nomes aos grupos e verificar se fazem sentido pedagógico
c) Reiniciar o processo com os mesmos parâmetros para ter certeza
Resposta: b

Apêndice XV: Testes do Capítulo 9.2

PRÉ-TESTE 📝

1. Uma máquina pode aprender sozinha com erros e acertos, como uma pessoa?
a) Sim
b) Não
c) Talvez
Resposta: a

2. Podemos aprender quando erramos alguma coisa e tentamos de novo?
a) Sim
b) Sim, mas apenas se acertarmos
c) Não
Resposta: a

3. É importante aprender com os erros?
a) não os erros não ajudam em nada
b) quando se é pequeno
c) os erros ajudam a refinar o aprendizado
Resposta: c

PÓS-TESTE 📝

1. O que é aprendizado por reforço?
a) Quando a máquina é ensinada com muitos dados prontos
b) Quando a máquina aprende sozinha tentando, errando e acertando
c) Quando a máquina lê livros para aprender
Resposta: b

2. Na atividade que fizemos, o que acontecia quando uma ação se revelava boa?
a) Nada mudava
b) A ação era esquecida
c) A ação era reforçada
Resposta: c

3. As máquinas são capazes de aprender por meio de seus erros?
a) Sim, elas mudam de comportamento
b) Não, elas não mudam de comportamento
c) Não, a máquina muda de comportamento aleatoriamente
Resposta: a

Apêndice XVI: Testes do Capítulo 10

PRÉ-TESTE 📝

1. Um robô pode tomar decisões?
a) Sim
b) Não
c) Não sei
Resposta: a

2. É uma decisão justa?
a) Quando um robô escolhe o que quiser
b) Quando todos são tratados de forma igual
c) Quando ele ajuda só quem ele gosta
Resposta: b

3. Marque o que um robô NÃO deveria fazer:
a) Ajudar alguém a aprender
b) Divulgar segredos das pessoas
c)Fazer recomendações de filmes legais
Resposta: b

PÓS-TESTE 📝

1. Quem deve dizer o que é certo ou errado para um robô?
a) Outros robôs
b) As pessoas que criam e usam o robô
c) Ninguém consegue ensinar um robô
Resposta: b

2. Por que é importante que um robô seja justo?
a) Para ele brincar melhor com os amigos
b) Porque ele pode tomar decisões que afetam pessoas de verdade
c) Para ganhar mais pontos no jogo
Resposta: b

3. O que você aprendeu sobre a ética na inteligência artificial?
a) ética sempre esteve presente na IA
b) aprendizado com muitos dados trouxe a questão ética para a IA
c) ética não é um problema da IA
Resposta: b

Apêndice XVII: Testes do Capítulo 11

📝 **PRÉ-TESTE**

1. Marque quais destas profissões podem ser transformadas pela IA:
a) ( ) Médico
b) ( ) Jogador de futebol
c) ( ) Programador
Respostas: A e C

2. Qual dessas habilidades é mais difícil para a IA aprender?
a) Programar computadores
b) Ter empatia
c) Fazer cálculos
Resposta: b

3. Qual dessa profissões surgiu com a IA
a) motorista
b) piloto de drone
c) professor
Resposta: b

📝 **PÓS-TESTE**

1. Qual é o principal papel da IA no mundo do trabalho?
a) Substituir todos os seres humanos
b) Ajudar em tarefas e colaborar com os profissionais
c) Cortar empregos e criar desemprego
Resposta: b

2. O que é mais importante para o ser humano manter no futuro do trabalho?
a) Criatividade e empatia
b) Saber programar apenas
c) Fazer tudo sozinho
Resposta: a

3. O que você aprendeu com a atividade “Jogo das Profissões do Futuro”?
Resposta livre