



REVIEW OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN EDUCATION

DOI: <https://doi.org/10.37497/rev.artif.intell.educ.v7ii.87>



Received: 07 April 2026

Revised: 01 May 2026

Accepted: 20 May 2026

e-ISSN: 2965-4688

Corresponding Author: Genarde
Macedo Trindade – E-mail:
gmtrindade@uea.edu.br

How to cite this article: Trindade, G.
M., Alves, J. M. C., Libório Filho, J.
da M., Oliveira, J. A., & Trindade, D.
R. de S. (2026). Foundations for
Teaching Artificial Intelligence with
Explainable Neural Networks: A
Constructionist Approach Mediated
by the Open Roberta Lab Robotic
Simulator. *Review of Artificial
Intelligence in Education*, 7(i), e087.
<https://doi.org/10.37497/rev.artif.intell.educ.v7ii.87>

ARTIGO

FUNDAMENTOS PARA O ENSINO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL COM REDES NEURAIS EXPLICÁVEIS: UMA ABORDAGEM CONSTRUCIONISTA MEDIADA PELO SIMULADOR ROBÓTICO OPEN ROBERTA LAB

Foundations for Teaching Artificial Intelligence
with Explainable Neural Networks: a
Constructionist Approach Mediated by the
Open Roberta Lab Robotic Simulator

Genarde Macedo Trindade

Universidade do Estado do Amazonas (UEA), Amazonas (Brazil).
E-mail: gmtrindade@uea.edu.br

Jorge Mikael Coutinho Alves

Universidade do Estado do Amazonas (UEA), Amazonas (Brazil).
E-mail: jmca.mca26@uea.edu.br

João da Mata Libório Filho

Universidade do Estado do Amazonas (UEA), Amazonas (Brazil).
E-mail: jlfilho@uea.edu.br

Jhonathan Araújo Oliveira

Universidade do Estado do Amazonas (UEA), Amazonas (Brazil).
E-mail: jholiveira@uea.edu.br

Dayane Rosas de Souza Trindade

Faculdade de Tecnologia Senac Amazonas - FATESE, Amazonas (Brazil)
E-mail: dayanerosas@gmail.com

RESUMO | Objetivo: Analisar os fundamentos para o ensino de Inteligência Artificial (IA) com Redes Neurais Explicáveis (XAI), a partir de uma abordagem construcionista, investigando o simulador robótico *Open Roberta Lab* como mediador pedagógico. **Métodos de pesquisa:** Trata-se de uma pesquisa qualitativa, de natureza analítica, baseada em revisão de literatura e análise de um artefato educacional. O estudo foi desenvolvido em três etapas: (i) revisão teórica sobre IA na educação, XAI e construcionismo; (ii) exploração do Open Roberta Lab com exemplos envolvendo Redes Neurais; e (iii) análise do ambiente com base em critérios como construção de artefatos, interatividade, explicabilidade, usabilidade e mediação pedagógica. **Resultados:** Os resultados evidenciam que o simulador robótico *Open Roberta Lab* apresenta potencial significativo para o ensino de IA, ao favorecer a aprendizagem ativa, a experimentação e a visualização dos processos internos das redes neurais. A integração entre programação em blocos, simulação e XAI contribui para reduzir a complexidade dos modelos e promover uma compreensão mais crítica e reflexiva. **Discussão:** O estudo reforça a importância da articulação entre fundamentos pedagógicos e tecnológicos no ensino de IA destacando o papel das XAI na promoção do letramento em IA.





Evidenciando que simuladores robóticos podem atuar como alternativas acessíveis para a implementação de práticas construcionistas, especialmente em contextos com limitações de infraestrutura. **Originalidade e valor:** Como contribuição original, o estudo propõe uma articulação entre construcionismo, XAI e simulação robótica, oferecendo subsídios teóricos para o desenvolvimento de práticas pedagógicas mais acessíveis.

Palavras-chave | Inteligência Artificial; Redes Neurais Explicáveis; Construcionismo; Open Roberta Lab; Robótica Educacional.

ABSTRACT | Purpose: To analyze the fundamentals for teaching Artificial Intelligence (AI) with Explainable Neural Networks (XAI), from a constructionist approach, investigating the Open Roberta Lab robotic simulator as a pedagogical mediator. **Research methods:** This study adopts a qualitative, theoretical-analytical approach, based on a literature review and the analysis of an educational artifact. The research was conducted in three stages: (i) theoretical review on AI in education, XAI, and constructionism; (ii) exploration of the Open Roberta Lab with examples involving neural networks; and (iii) analysis of the environment based on criteria such as artifact construction, interactivity, explainability, usability, and pedagogical mediation. **Results:** The findings indicate that the Open Roberta Lab robotic simulator has significant potential for AI education, particularly by promoting active learning, experimentation, and visualization of neural network processes. The integration of block-based programming, simulation, and XAI contributes to reducing the complexity of models and fostering a more critical and reflective understanding. **Discussion:** The study highlights the importance of articulating pedagogical and technological foundations in AI education, emphasizing the role of XAI in promoting AI literacy. Furthermore, robotic simulators emerge as accessible alternatives for implementing constructionist practices, especially in contexts with limited infrastructure. **Originality and value:** As an original contribution, the study proposes a connection between constructionism, XAI (Interactive Application of Technology), and robotic simulation, offering theoretical support for the development of more accessible pedagogical practices.

Keywords | Artificial Intelligence, Explainable Neural Networks. Constructionism, Open Roberta Lab, Educational Robotics.

INTRODUÇÃO

A crescente presença da Inteligência Artificial (IA) na sociedade contemporânea tem impulsionado sua incorporação em diferentes níveis educacionais, especialmente na Educação Básica, demandando o desenvolvimento de abordagens pedagógicas que possibilitem não apenas o uso, mas a compreensão crítica e reflexiva dessas tecnologias (Holmes et al., 2019; Luckin et al., 2016). Nesse contexto, ensinar IA torna-se um desafio complexo, uma vez que envolve conceitos abstratos, modelos computacionais sofisticados e, frequentemente, sistemas caracterizados como “caixa-preta”, dificultando sua compreensão por estudantes em processo de formação inicial.

Entre os conteúdos centrais da IA, destacam-se as Redes Neurais Artificiais, amplamente utilizadas em aplicações contemporâneas, mas cuja opacidade interpretativa tem motivado o desenvolvimento das chamadas Redes Neurais Explicáveis (*Explainable Artificial Intelligence* – XAI), que buscam tornar os processos decisórios dos modelos mais transparentes e compreensíveis (Adadi & Berrada, 2018). No campo educacional, essa característica abre possibilidades relevantes para o ensino, pois permite aproximar conceitos complexos da realidade dos estudantes, favorecendo a construção de conhecimento significativo sobre o funcionamento dos sistemas inteligentes.

Apesar desses avanços, observa-se na literatura uma lacuna no que se refere à articulação entre o ensino de IA, abordagens pedagógicas consolidadas e o uso de tecnologias educacionais que favoreçam a aprendizagem ativa. Em muitos casos, as propostas concentram-se na introdução de



ferramentas ou conteúdos técnicos, sem o devido suporte teórico que sustente práticas pedagógicas consistentes (Long & Magerko, 2020). Além disso, ainda são incipientes os estudos que exploram o ensino de IA na Educação Básica brasileira a partir de uma perspectiva que integre explicabilidade, construção do conhecimento e mediação tecnológica acessível.

Nesse cenário, o construcionismo, proposto por Seymour Papert, apresenta-se como uma importante base teórica para o ensino de IA. Fundamentado na ideia de que a aprendizagem ocorre de maneira mais efetiva quando os indivíduos estão engajados na construção de artefatos significativos, o construcionismo valoriza a experimentação, a interação e a resolução de problemas como elementos centrais do processo educativo (Papert, 1980). Tais características tornam essa abordagem especialmente adequada para o ensino de conceitos complexos, como os envolvidos na IA, uma vez que possibilitam a externalização do pensamento e a manipulação concreta de modelos abstratos.

A Robótica Educacional (RE) e os ambientes de simulação computacional surgem, nesse contexto, como meios privilegiados para operacionalizar princípios construcionistas, permitindo que estudantes interajam com sistemas programáveis e observem, de forma dinâmica, os efeitos de suas ações (Eguchi, 2014). Dentre essas tecnologias, destaca-se o simulador robótico *Open Roberta Lab*, que oferece um ambiente acessível para o desenvolvimento de projetos envolvendo programação e conceitos de IA, sem a necessidade de infraestrutura física complexa (Alves & Trindade, 2025). Esse tipo de ambiente pode atuar como mediador pedagógico, viabilizando a construção ativa do conhecimento e a compreensão dos princípios que regem os sistemas inteligentes.

Diante desse contexto, este estudo visa analisar os fundamentos para uma pedagogia de IA com XAI, a partir de uma abordagem construcionista, investigando o papel de simuladores robóticos, como o *Open Roberta Lab*, como mediadores do processo de ensino e aprendizagem. A pesquisa busca, assim, contribuir para a construção de um referencial teórico que articule fundamentos pedagógicos e tecnológicos, oferecendo subsídios para práticas educacionais mais acessíveis, críticas e alinhadas às demandas contemporâneas.

Este artigo está organizado da seguinte forma, na seção dois, apresenta-se a fundamentação teórica, abordando os conceitos de IA, XAI, construcionismo e mediação tecnológica por meio de simuladores robóticos; na seção três, discute-se a articulação desses elementos na construção de uma proposta pedagógica para o ensino de IA; por fim, na seção quatro, são apresentadas as considerações finais e implicações do estudo.

REVISÃO DA LITERATURA

A compreensão da IA como objeto de ensino na Educação Básica brasileira exige a articulação entre fundamentos tecnológicos e perspectivas pedagógicas que possibilitem sua abordagem de forma acessível e significativa. Historicamente, a IA tem suas origens associadas aos avanços da Computação no século XX, com contribuições fundamentais de pesquisadores como Alan Turing, cujos estudos estabeleceram bases teóricas para o desenvolvimento de sistemas capazes de simular aspectos da inteligência humana (Murer, 2025; Ferreira, 2025). Ao longo das décadas, a evolução dos algoritmos e do poder computacional ampliou as possibilidades de aplicação da IA consolidando-a



como uma área central no cenário tecnológico contemporâneo. No entanto, sua inserção no contexto educacional impõe desafios relacionados à abstração conceitual e à complexidade dos modelos, demandando abordagens pedagógicas que transcendam a mera transmissão de conteúdos (Alves & Trindade, 2025).

Nesse contexto, as Redes Neurais Artificiais (RNAs) destacam-se como um dos principais paradigmas da IA contemporânea, sendo amplamente utilizadas em diferentes aplicações (Ferreira, 2026). Entretanto, sua natureza frequentemente opaca, caracterizada pelo comportamento de “caixa-preta”, dificulta a compreensão de seus processos internos, especialmente em contextos educacionais (Adadi & Berrada, 2018). Como resposta a essa limitação, emergem as XAI, que buscam tornar-se os processos de decisão dos modelos mais transparentes e interpretáveis. Na perspectiva pedagógica, essa característica representa uma oportunidade para o ensino de IA, ao possibilitar que estudantes compreendam não apenas os resultados, mas também os mecanismos subjacentes aos sistemas inteligentes, favorecendo a construção de conhecimento mais crítico e reflexivo (Alves & Trindade, 2025).

Para que tais conteúdos sejam efetivamente apropriados pelos estudantes, torna-se necessário fundamentar o processo de ensino em teorias educacionais que valorizem a construção ativa do conhecimento. Nesse sentido, o construcionismo, proposto por Seymour Papert, oferece uma base teórica consistente ao defender que a aprendizagem ocorre de forma mais significativa quando os indivíduos estão envolvidos na criação de artefatos que podem ser explorados, testados e compartilhados (Trindade & Trindade, 2025). Ambientes de RE e simuladores computacionais, como o *Open Roberta Lab*, surgem como importantes espaços para a materialização desses princípios, permitindo a interação com modelos de IA de forma concreta e acessível (Alves & Trindade, 2025). Assim, esta seção busca estabelecer os fundamentos teóricos que sustentam uma pedagogia de IA baseada na articulação entre explicabilidade, construção do conhecimento e mediação tecnológica.

Desafios e Possibilidades da Inteligência Artificial na Educação

A incorporação da IA nos contextos educacionais tem se intensificado nas últimas décadas, acompanhando o avanço de tecnologias digitais e sua crescente presença na vida cotidiana. Nesse cenário, a IA deixa de ser apenas uma área técnica da Computação para se constituir também como objeto de ensino, especialmente no âmbito da Educação Básica brasileira, onde se busca desenvolver competências relacionadas ao pensamento computacional, à resolução de problemas e à compreensão crítica das tecnologias (Holmes et al., 2019). Essa mudança de perspectiva implica reconhecer que a formação dos estudantes deve contemplar não apenas o uso de sistemas inteligentes, mas também o entendimento de seus princípios de funcionamento e de suas implicações sociais.

Entretanto, o ensino de IA apresenta desafios, sobretudo em função da natureza abstrata e complexa dos conceitos envolvidos (Jacobina et al., 2026). Diferentemente de conteúdos mais tangíveis da Computação, como programação básica, a IA envolve modelos matemáticos, estruturas algorítmicas e processos de aprendizagem de máquina que, muitas vezes, não são diretamente observáveis. Nesse sentido, sistemas baseados em aprendizado de máquina, como redes neurais,



são frequentemente caracterizados por sua baixa interpretabilidade, o que dificulta a compreensão de como as decisões são tomadas (Adadi & Berrada, 2018). Esse conjunto de fatores contribui para a construção de uma percepção de inacessibilidade, tanto por parte dos estudantes quanto dos professores, especialmente em contextos educacionais com limitações de infraestrutura e formação docente.

Outro aspecto relevante diz respeito à necessidade de formação em letramento em IA, entendido como a capacidade de compreender, utilizar e refletir criticamente sobre sistemas baseados em IA (Long & Magerko, 2020). Tal letramento envolve não apenas conhecimentos técnicos, mas também dimensões éticas, sociais e culturais, considerando os impactos da IA em diferentes esferas da sociedade. Nesse sentido, iniciativas internacionais têm buscado orientar a inserção da IA na educação, destacando a importância de abordagens pedagógicas que promovam a participação ativa dos estudantes e a contextualização dos conteúdos (Luckin et al., 2016). No contexto brasileiro, documentos como o Plano Brasileiro de Inteligência Artificial (PBIA) reforçam a necessidade de preparar cidadãos capazes de compreender e interagir criticamente com tecnologias baseadas em IA ampliando o debate sobre sua inserção no currículo educacional (Goulart et al., 2026).

Diante desses desafios, as possibilidades pedagógicas que buscam tornar o ensino de IA mais acessível e significativo começam a surgir. Entre elas, destacam-se abordagens que privilegiam a experimentação, a visualização e a interação com modelos computacionais, permitindo que os estudantes explorem conceitos complexos de forma prática e contextualizada (Alves & Trindade, 2025). Nesse contexto, a utilização de ferramentas educacionais e ambientes de simulação tem se mostrado promissora, ao possibilitar a manipulação de variáveis, a observação de comportamentos e a construção de hipóteses sobre o funcionamento dos sistemas inteligentes. Tais estratégias contribuem para a redução da abstração inerente à IA favorecendo a construção de conhecimento por meio da ação e da reflexão.

Assim, compreender os desafios e possibilidades do ensino de IA implica reconhecer a necessidade de integrar fundamentos tecnológicos e abordagens pedagógicas que promovam a aprendizagem ativa e significativa. Essa integração abre caminho para a adoção de perspectivas teóricas que valorizem a construção do conhecimento por meio da interação com artefatos, como propõe o construcionismo, e para o uso de tecnologias que atuem como mediadoras desse processo. Nesse sentido, a próxima subseção aprofunda a discussão sobre as XAI, destacando seu potencial como estratégia pedagógica para o ensino de IA.

Redes Neurais Explicáveis e o Ensino de Inteligência Artificial

As RNAs constituem um dos principais paradigmas da IA contemporânea, sendo amplamente empregadas em aplicações que vão desde reconhecimento de padrões até sistemas de recomendação e tomada de decisão automatizada. Inspiradas no funcionamento do cérebro humano, essas redes são compostas por unidades interconectadas capazes de aprender a partir de dados, ajustando seus parâmetros internos para resolver problemas complexos (Ferreira, 2026). Conforme discutido na literatura, o avanço das RNAs está diretamente relacionado ao aumento do poder computacional e à disponibilidade de grandes volumes de dados, fatores que impulsionaram o desenvolvimento



de modelos cada vez mais sofisticados e eficazes. No entanto, apesar de seu desempenho elevado, essas estruturas apresentam limitações significativas quando consideradas sob uma perspectiva educacional (Alves & Trindade, 2025).

Uma das principais limitações das RNAs reside em sua baixa interpretabilidade, frequentemente descrita como o problema da “caixa-preta”, no qual os processos internos de tomada de decisão dos modelos não são facilmente compreensíveis por seres humanos (Adadi & Berrada, 2018). Essa característica representa um obstáculo relevante para o ensino de IA, especialmente na Educação Básica brasileira, onde a compreensão dos conceitos é tão importante quanto a obtenção de resultados. A ausência de transparência nos modelos dificulta a construção de significado por parte dos estudantes, tornando o aprendizado superficial e baseado apenas na observação de entradas e saídas, sem o entendimento dos mecanismos subjacentes (Adablanu, 2024).

As XAI se destacam como uma abordagem promissora para mitigar tais limitações, ao buscar tornar os processos decisórios dos modelos mais transparentes, interpretáveis e compreensíveis (Samek et al., 2017). No campo educacional, essa característica assume um papel ainda mais relevante, pois possibilita que os estudantes acompanhem o funcionamento interno dos modelos, compreendam como diferentes variáveis influenciam os resultados e desenvolvam uma visão crítica sobre o comportamento dos sistemas inteligentes. Assim, a explicabilidade não se configura apenas como um requisito técnico, mas como um elemento pedagógico fundamental para o ensino de IA.

Nesse sentido, o uso de abordagens explicáveis favorece a construção de conhecimento ao permitir que os estudantes explorem, testem e reflitam sobre os processos de aprendizagem das máquinas. Essa possibilidade aproxima o ensino de IA de práticas investigativas, nas quais os alunos deixam de ser meros usuários de tecnologias para se tornarem agentes ativos na construção de modelos e na interpretação de seus resultados. Assim, as XAI contribuem para reduzir o nível de abstração dos conteúdos, tornando-os mais acessíveis e alinhados com estratégias de ensino que valorizam a experimentação e a compreensão conceitual (Alves & Trindade, 2025).

Assim, a utilização de XAI no contexto educacional favorece o desenvolvimento do letramento em IA, ao possibilitar que os estudantes compreendam não apenas como utilizar sistemas inteligentes, mas também como interpretá-los e questioná-los criticamente. Essa dimensão é particularmente relevante diante da crescente presença da IA em decisões que impactam a vida social, econômica e cultural, exigindo cidadãos capazes de compreender e avaliar o funcionamento dessas tecnologias (Samek et al., 2017). Assim, integrar explicabilidade ao ensino de IA contribui para uma formação mais crítica, ética e consciente.

Dessa forma, as XAI configuram-se como um elemento central na construção de propostas pedagógicas para o ensino de IA, ao oferecerem condições para que conceitos complexos sejam explorados de maneira mais transparente e significativa. No entanto, para que esse potencial seja efetivamente concretizado no contexto educacional, torna-se necessário articular tais abordagens com teorias pedagógicas que valorizem a construção ativa do conhecimento. Nesse sentido, a próxima subseção discute o construcionismo, destacando suas contribuições para o ensino de IA mediado por tecnologias.

A inserção da IA no contexto educacional demanda, além de fundamentos técnicos e pedagógicos, uma abordagem crítica sobre suas implicações éticas (Suchara et al., 2025). Sistemas



baseados em IA, especialmente aqueles fundamentados em aprendizado de máquina, estão sujeitos a vieses algorítmicos decorrentes dos dados utilizados em seu treinamento, podendo reproduzir ou amplificar desigualdades sociais, culturais e econômicas (Floridi et al., 2018; Holmes et al., 2019). No contexto educacional, esses riscos assumem uma dimensão ainda mais sensível, uma vez que impactam diretamente processos de ensino, aprendizagem e avaliação. Nesse sentido, a promoção do letramento em IA deve contemplar não apenas a compreensão técnica dos modelos, mas também a capacidade de questionar criticamente seus resultados, suas limitações e seus impactos sociais (Long & Magerko, 2020).

Nesse cenário, as abordagens de explicabilidade, como as XAI, contribuem para a transparência dos sistemas, mas não eliminam, por si só, os desafios éticos envolvidos no uso da IA. A interpretação dos modelos pode ser limitada, simplificada ou até mesmo induzir a interpretações equivocadas, dependendo da forma como os resultados são apresentados (Samek et al., 2017). Assim, torna-se necessário compreender que a explicabilidade deve ser acompanhada de uma reflexão crítica sobre a confiabilidade, a responsabilidade e os limites dos sistemas inteligentes. Já no ensino de IA, isso implica desenvolver práticas pedagógicas que não apenas tornem os modelos compreensíveis, mas que também incentivem a análise crítica de suas implicações éticas, promovendo a formação de estudantes capazes de atuar de forma consciente e responsável em uma sociedade mediada por tecnologias inteligentes.

Construcionismo de Papert e a Aprendizagem Mediada por Artefatos

O construcionismo, proposto por Seymour Papert, constitui uma das principais abordagens teóricas para a compreensão da aprendizagem mediada por tecnologias digitais, especialmente no contexto da Educação em Computação (Massa, de Oliveira & dos Santos, 2022). Derivado do construtivismo piagetiano, o construcionismo amplia a noção de aprendizagem ao enfatizar que o conhecimento é construído de forma mais efetiva quando os indivíduos estão envolvidos na criação de artefatos, que podem ser explorados, compartilhados e refletidos (Souza, 2024). Nesse sentido, aprender não se limita à assimilação de informações, mas envolve um processo ativo de construção, no qual o sujeito interage com o objeto de conhecimento de maneira dinâmica e intencional.

Um dos princípios centrais do construcionismo é a ideia de que a aprendizagem ocorre de maneira mais profunda quando os estudantes participam da construção de objetos externos que representam seu pensamento (Sousa, 2025; Wisnieski, 2022). Esses artefatos podem assumir diferentes formas, como programas de computador, modelos digitais, robôs ou simulações, funcionando como mediadores entre o pensamento abstrato e sua materialização concreta. Ao externalizar suas ideias, os estudantes têm a oportunidade de testar hipóteses, identificar erros, reformular estratégias e desenvolver uma compreensão mais sólida dos conceitos envolvidos (Papert, 1980). Essa perspectiva torna-se particularmente relevante no ensino de conteúdos complexos, como os relacionados à IA, que frequentemente demandam a compreensão de processos não visíveis diretamente.

No contexto do ensino de IA, o construcionismo oferece uma base pedagógica capaz de enfrentar desafios associados à abstração e à complexidade dos modelos computacionais. Ao invés de abordar



a IA apenas por meio de explicações teóricas, essa perspectiva favorece a aprendizagem por meio da experimentação e da interação com sistemas que permitem observar o comportamento de algoritmos em funcionamento (Alves & Trindade, 2025). Nesse sentido, a construção e manipulação de modelos, ainda que simplificados, possibilita que os estudantes desenvolvam uma compreensão sobre como sistemas inteligentes aprendem, tomam decisões e respondem a diferentes entradas. Essa abordagem dialoga diretamente com a necessidade de promover o letramento em IA, ao permitir que os alunos compreendam os princípios que fundamentam essas tecnologias.

Nesse sentido, o construcionismo apresenta uma forte convergência com abordagens contemporâneas da Educação em Computação, como o desenvolvimento do pensamento computacional, que envolve habilidades de decomposição, abstração, reconhecimento de padrões e elaboração de algoritmos (Vilanova, 2025). Ao envolver os estudantes na criação de artefatos computacionais, essa abordagem promove não apenas a aprendizagem de conceitos específicos, mas também o desenvolvimento de competências cognitivas e metacognitivas essenciais para a compreensão e resolução de problemas complexos (Trindade & Trindade, 2025). Dessa forma, o ensino de IA mediado por princípios construcionistas contribui para a formação de sujeitos capazes de interagir criticamente com tecnologias digitais.

Ainda, outro aspecto relevante do construcionismo é a valorização do erro como parte do processo de aprendizagem. Diferentemente de abordagens tradicionais, que tendem a tratar o erro como um indicador de falha, o construcionismo o compreende como uma oportunidade de reflexão e reconstrução do conhecimento (Palmeira & dos Santos, 2025). No contexto da IA, essa perspectiva é particularmente pertinente, uma vez que o processo de treinamento de modelos envolve ajustes iterativos, experimentação e refinamento contínuo. Ao vivenciar essas etapas por meio da construção de artefatos, os estudantes passam a compreender a aprendizagem de máquinas como um processo dinâmico, aproximando-se de uma visão mais realista e crítica dos sistemas inteligentes.

Dessa forma, o construcionismo configura-se como um importante e massivo referencial teórico para o ensino de IA, ao oferecer princípios que favorecem a aprendizagem ativa, a construção de conhecimento significativo e a mediação por artefatos tecnológicos. No entanto, para que esses princípios sejam efetivamente incorporados às práticas pedagógicas, torna-se necessário dispor de ambientes que possibilitem a criação, manipulação e experimentação de modelos computacionais de forma acessível (Alves & Trindade, 2025). Nesse contexto, a RE e os ambientes de simulação surgem como espaços que contribuem para a materialização dessas ideias, conforme será discutido na próxima subseção.

Robótica Educacional e Simulação como Ambientes Construcionistas

A RE é uma importante abordagem pedagógica no campo da Educação em Computação, especialmente por seu potencial de promover a aprendizagem ativa por meio da construção e manipulação de artefatos tecnológicos (Alves & Trindade, 2025). Inserida em perspectivas pedagógicas alinhadas ao construcionismo, essa abordagem possibilita que estudantes desenvolvam conhecimentos a partir da interação direta com sistemas programáveis, explorando conceitos de



forma prática e contextualizada. Nesse sentido, a RE não se limita ao uso de dispositivos tecnológicos, mas se configura como um ambiente de aprendizagem no qual o fazer, o experimentar e o refletir são elementos centrais do processo educativo (Eguchi, 2014).

Integrada ao ensino de IA, a RE assume um papel ainda mais significativo, ao permitir a materialização de conceitos abstratos por meio de interações concretas. Essa integração possibilita que modelos computacionais sejam observados em funcionamento, aproximando o estudante de fenômenos que, de outra forma, permaneceriam no nível puramente teórico (Alves & Trindade, 2025). Essa articulação favorece a compreensão de processos como percepção, tomada de decisão e aprendizagem de máquina, ao tornar visíveis os efeitos das ações dos algoritmos em ambientes controlados. Dessa forma, a RE atua como um mediador entre a complexidade dos sistemas inteligentes e a experiência do aprendiz (Alimisis, 2013).

Entretanto, a implementação de práticas com RE em contextos escolares enfrenta desafios relacionados à infraestrutura, ao custo dos equipamentos e à formação docente (Santos, 2026). Muitas instituições de ensino, especialmente em regiões com limitações de recursos, não dispõem de *kits* robóticos ou de ambientes adequados para o desenvolvimento de atividades práticas (Alves & Trindade, 2025). Essa realidade pode restringir o acesso dos estudantes a experiências construcionistas mais completas, limitando o potencial pedagógico da RE como ferramenta de ensino. Tais limitações reforçam a necessidade de alternativas que garantam o acesso a práticas pedagógicas baseadas na construção, sem depender exclusivamente de recursos físicos (Benitti, 2012).

Nesse cenário, os ambientes de simulação computacional aparecem como uma solução viável e acessível, permitindo a reprodução de comportamentos robóticos e a experimentação com sistemas programáveis sem a necessidade de dispositivos físicos. Pois, os simuladores robóticos possibilitam que estudantes interajam com modelos virtuais, testem algoritmos e observem os resultados de suas ações em tempo real, favorecendo a compreensão de conceitos complexos por meio da experimentação (Alves & Trindade, 2025). Assim, esses ambientes oferecem maior flexibilidade, permitindo a repetição de atividades, a modificação de parâmetros e a exploração de diferentes cenários, aspectos que contribuem para uma aprendizagem mais investigativa e reflexiva (Holz & Trentin, 2025; Mikropoulos & Natsis, 2011).

Ao analisar com uma ótica construcionista, os simuladores mantêm o princípio da construção de artefatos, ainda que em ambiente digital, ao possibilitar que os estudantes desenvolvam programas, criem comportamentos e explorem soluções para problemas propostos (Biriba, 2023). A ausência do componente físico não inviabiliza a aprendizagem significativa, desde que o ambiente proporcione interação, autonomia e possibilidade de experimentação (de Oliveira et al., 2022). Assim, a simulação se configura como uma extensão dos ambientes construcionistas, ampliando o acesso e as possibilidades de uso da RE.

Nesse sentido, os simuladores robóticos constituem-se em um recurso tecnológico de grande relevância no cenário educacional contemporâneo. Esses ambientes permitem que estudantes projetem, programem e testem robôs sem a necessidade de utilizar equipamentos físicos (Clemente,

2022). Neste sentido, o simulador *CoderZ*¹ permite que os discentes vivenciem experiências práticas semelhantes às proporcionadas por robôs reais. Dessa forma, amplia-se o acesso ao ensino de RE, reduzindo custos e superando limitações estruturais. A seguir, na Figura 1 é apresentada a interface do simulador *CoderZ*.

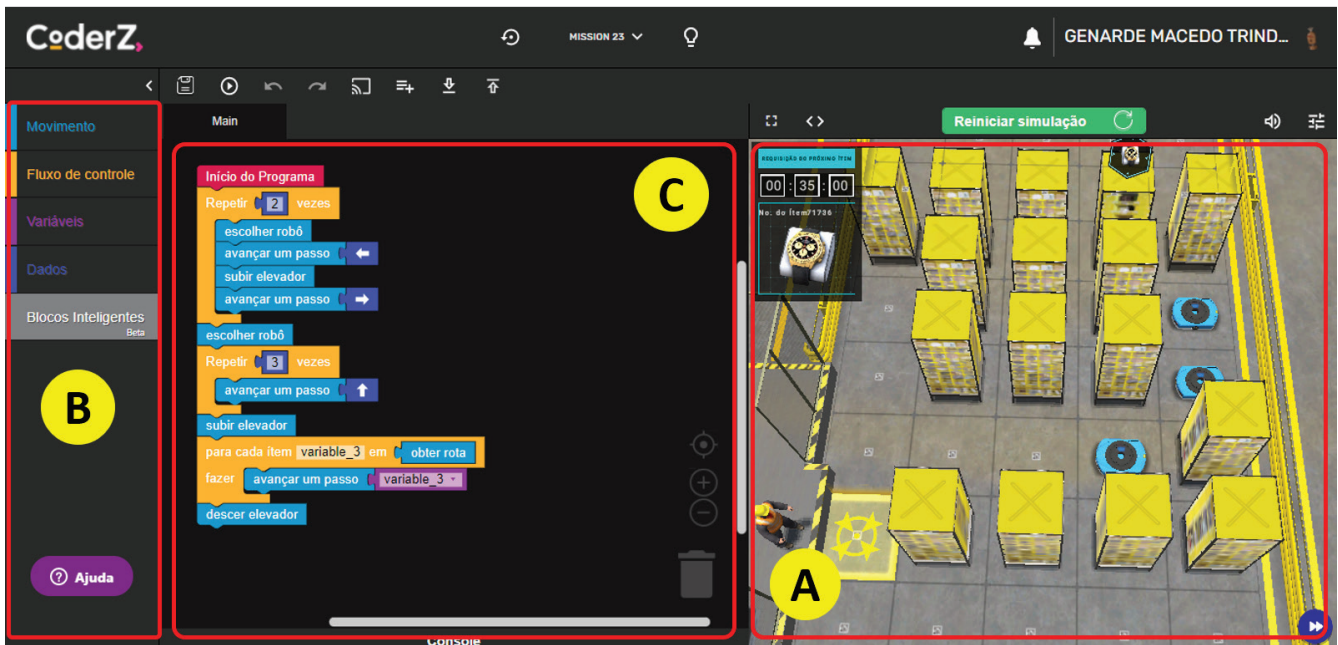


Figura 1. Interface do simulador *CoderZ*. Fonte: Trindade, de Souza e dos Santos (2022).

A Figura 1 em (A) ilustra a área de simulação no *CoderZ*, a qual permite a observação detalhada dos componentes envolvidos no desafio proposto. O simulador também disponibiliza uma visualização em duas dimensões, que pode ser selecionada pelo usuário. Em (B), observa-se a seção do *menu* onde os blocos de programação estão organizados em categorias distintas, facilitando sua identificação e uso. Por fim, em (C) evidencia o espaço destinado ao desenvolvimento da lógica de programação, permitindo ao usuário estruturar as soluções de forma visual e interativa.

Dessa forma, a RE e os ambientes de simulação constituem uma importante ferramenta para a implementação de práticas pedagógicas baseadas no construcionismo, ao promoverem a interação entre teoria e prática, a construção ativa do conhecimento e a exploração de conceitos complexos de forma acessível. No contexto do ensino de IA, esses ambientes tornam-se ainda mais relevantes, ao possibilitarem a visualização e experimentação de modelos computacionais (Alves & Trindade, 2025). Nesse sentido, destaca-se a importância de ferramentas específicas que integrem essas características, como o *Open Roberta Lab*, cuja análise será aprofundada na próxima subseção.

1 *CoderZ*: <https://gocoderz.com/>

Open Roberta Lab como Artefato Mediador no Ensino de IA

Em 2014, o Instituto Fraunhofer para Sistemas Inteligentes de Análise e Informação (Fraunhofer IAIS) situado na Alemanha, com o apoio da empresa *Google*, lançou o simulador robótico *Open Roberta Lab*² para facilitar o aprendizado e o ensino de programação para pessoas no mundo todo (Ruiz, Fernández & Carvajal, 2023). Utilizando a linguagem de programação baseada em blocos gráficos *NEPO*[®], uma linguagem de programação por blocos criada pelo Fraunhofer IAIS com o objetivo de proporcionar uma programação intuitiva para diversos sistemas de *hardware*. Inspirada na linguagem *Scratch*, desenvolvida pelo *Massachusetts Institute of Technology*, *NEPO* pode ser aplicada em uma ampla gama de dispositivos desde placas de microcontroladores até robôs humanoides avançados. A linguagem incorpora diversas funcionalidades típicas de linguagens de programação tradicionais e está em constante evolução sob o desenvolvimento da Fraunhofer IAIS (Münsterberg et al., 2023). A seguir, na Figura 2, apresenta um modelo de código e a simulação do robô.

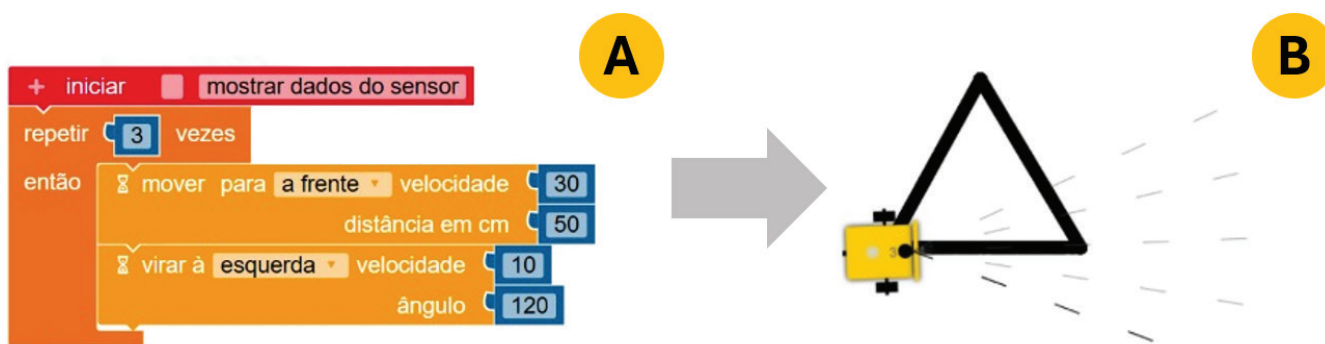


Figura 2. Modelo de códigos em blocos *NEPO* e simulação do robô. Fonte: Alves & Trindade (2025).

A Figura 2 (A) apresenta um código em blocos utilizado para programar um robô por meio de uma sequência de ações repetitivas, típica de ambientes de programação educacional como o *Open Roberta Lab*. O objetivo principal desse código é fazer com que o robô execute um padrão de movimento por um número determinado de vezes. Já em (B), apresenta a simulação do robô com base no código. Nota-se que foi realizada a construção de um triângulo, onde o robô executou três vezes o movimento de ir para frente e em seguida vira para esquerda por 120 graus. Esse tipo de atividade permite que os estudantes compreendam conceitos de repetição, controle de movimento e orientação espacial na programação de robôs.

Um dos principais diferenciais desse simulador é a capacidade de simular o comportamento de diferentes sistemas robóticos, permitindo que estudantes e educadores desenvolvam e testem algoritmos mesmo sem o acesso direto a robôs físicos. Entre os principais sistemas que o *Open Roberta Lab* pode simular, destacam-se: *Calliope mini*, *Arduino*, *Micro:bit*, *mBot*, *Bionic Flower*, *BOB3*, *Bot'n Roll*, *Edison V2 V3*, *NAO*, *RCJ RescueOnlineSim*, *ROB3RTA*, *Robotino*, *senseBox*, *LEGO Spike*

² *Open Roberta Lab*: <https://lab.open-roberta.org/>



Prime / Robot Inventor, Thymio, TxT Controller, WeDo e LEGO Mindstorms. A seguir são apresentados e descritos os respectivos sistemas, de acordo com as informações no *Open Roberta Lab*.

Tabela 1. Sistemas simuláveis no *Open Roberta Lab* e suas possibilidades pedagógicas na perspectiva construcionista.

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

Categoria	Sistemas simuláveis	Potencial construcionista na aprendizagem
Microcontroladores programáveis	<i>Calliope mini, Arduino, micro:bit, senseBox</i>	Introdução à lógica computacional e controle de sensores por meio da construção de artefatos digitais interativos, promovendo a experimentação e a aprendizagem ativa.
Robôs educacionais físicos	<i>mBot, BOB3, Thymio, Bot'n Roll, Edison V2/V3, NAO, Robotino, RCJ Rescue Online Sim, Bionic Flower</i>	Programação de movimento e interação com o ambiente por meio da construção e manipulação de artefatos tangíveis, favorecendo a aprendizagem pela ação, experimentação e resolução de problemas.
Simulação e IA	<i>ROB3RTA, RCJ Rescue Online Sim, módulos de rede neural, visão e som</i>	Exploração de redes neurais, tomada de decisão e IA explicável por meio da construção e análise de modelos computacionais, promovendo a compreensão dos processos internos dos sistemas inteligentes.
Kits LEGO compatíveis	<i>LEGO Mindstorms (EV3, NXT), LEGO Spike Prime, Robot Inventor, LEGO WeDo, TxT Controller</i>	Desenvolvimento de projetos lúdicos e autorais que integram o físico e o digital, estimulando a construção do conhecimento por meio da experimentação, reflexão e criatividade.

A Tabela 1 evidencia que o potencial pedagógico dos sistemas simuláveis no *Open Roberta Lab* vai além do uso instrumental, configurando-se como um ambiente alinhado aos princípios construcionistas no ensino de IA. Independentemente da categoria, destaca-se a construção ativa de artefatos, permitindo ao estudante experimentar, testar hipóteses e refletir sobre os resultados. No caso da simulação e IA, esse potencial é ampliado ao possibilitar a exploração de conceitos abstratos, como redes neurais e tomada de decisão, por meio de modelos manipuláveis e interpretáveis. Nesse contexto, a diversidade de sistemas favorece a adaptação a diferentes contextos educacionais, reforçando o caráter acessível e inclusivo da abordagem.

Dessa forma, a integração de RNAs no *Open Roberta Lab* tem como objetivo de tornar conceitos fundamentais dessa abordagem, mais compreensíveis por meio de uma perspectiva prática e acessível. Ao utilizar o ambiente de simulação, busca-se demonstrar como as RNAs podem ser aplicadas no controle de robôs, permitindo que os estudantes compreendam, de maneira progressiva, como esses modelos processam entradas, ajustam parâmetros e produzem saídas em contextos dinâmicos (Münsterberg et al., 2023). Essa abordagem favorece a aprendizagem ao aproximar conceitos abstratos da experiência concreta, alinhando-se aos princípios construcionistas de aprendizagem por meio da construção e experimentação. Nesse contexto, a Figura 3 apresenta um exemplo de programação no qual um robô é configurado para manter uma distância fixa de um obstáculo em movimento. Complementarmente, a Figura 4 ilustra a estrutura da RNA implementada no *Open Roberta Lab*, evidenciando como os dados são organizados e processados internamente.

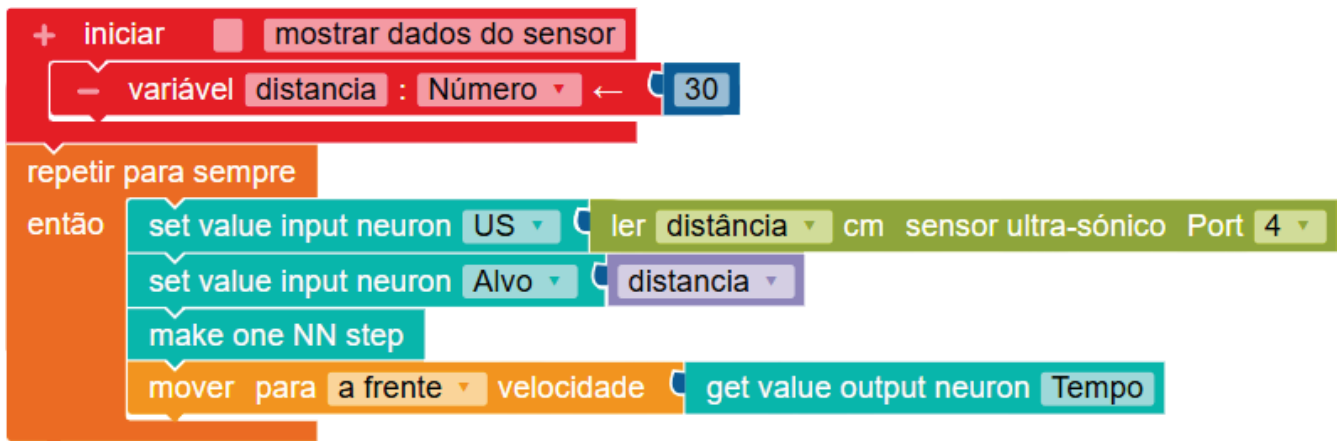


Figura 3. Aba Programa NEPOprog no *Open Roberta Lab*, elaborada pelos autores (2026).

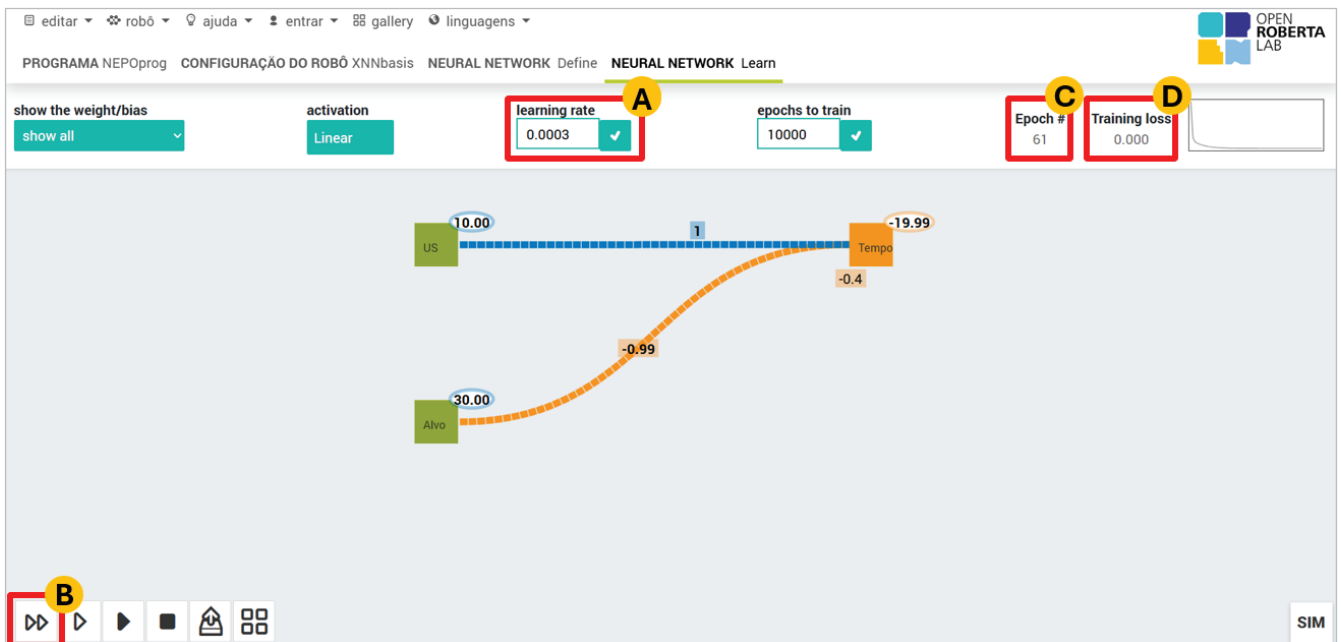


Figura 4. Aba *Neural Network Learn* no *Open Roberta Lab*, elaborada pelos autores (2026).

A Figura 3, o programa faz com que o neurônio de entrada US receba os dados provenientes do sensor ultrassônico do robô. A variável distância, com valor definido em 30, é atribuída ao neurônio de entrada Alvo. A execução do comando *make one NN step* processa os valores dos neurônios de entrada por meio da rede neural, resultando na ativação dos neurônios de saída. O valor gerado pelo neurônio de saída Tempo é utilizado como parâmetro para definir a velocidade de deslocamento do robô. Já a Figura 4 apresenta a interface da aba *NEURAL NETWORK Learn* da plataforma *Open Roberta Lab*, utilizada para o treinamento de RNAs de forma interativa e visual. Nessa tela, é possível configurar e acompanhar o processo de aprendizado da rede, incluindo parâmetros como taxa de aprendizado, número de épocas, e valores de erro durante o treinamento.



Na Figura 4, a letra (A) indica a taxa de aprendizado (*learning rate*), definida em 0.0003, responsável por controlar os ajustes nos pesos da rede durante o treinamento. Em (B), estão os botões de controle que permitem iniciar ou pausar o processo. A letra (C) apresenta o campo *Epoch*, que indica o número de ciclos completos de treinamento realizados, enquanto (D) mostra a perda de treinamento (*training loss*), métrica que representa o erro do modelo e orienta o ajuste dos parâmetros. A redução dessa perda ao longo das épocas indica a melhoria do desempenho da rede. Para melhor compreensão, um tutorial do processo está disponível em: <https://youtu.be/EBjnrR5blgk>.

As RNAs implementadas no *Open Roberta Lab* correspondem a modelos simplificados de aprendizado supervisionado, nos quais os parâmetros da rede são ajustados iterativamente com base na minimização de uma função de erro. O processo de treinamento ocorre por meio da atualização dos pesos sinápticos, controlada por parâmetros como *learning rate* e o número de ciclos de treinamento. Embora o ambiente não exponha explicitamente todos os detalhes matemáticos do processo, como o uso de algoritmos de otimização baseados em gradiente, ele permite a observação dos efeitos dessas atualizações por meio da redução do erro, oferecendo uma representação acessível do processo de aprendizagem da rede. Essa abordagem simplificada favorece a compreensão inicial dos princípios fundamentais das RNAs, ainda que não contemple a totalidade da complexidade envolvida em modelos mais avançados de IA.

Dessa forma, as RNAs implementadas no *Open Roberta Lab* ampliam o potencial pedagógico do ambiente ao possibilitar que conceitos complexos da IA sejam explorados de maneira interativa, visual e progressiva. Ao permitir que os estudantes construam, treinem e analisem modelos neurais em um contexto simulado, o ambiente favorece a externalização do pensamento e a compreensão dos processos internos dos sistemas inteligentes, aproximando-se das propostas de explicabilidade. Sob a perspectiva do construcionismo, essa dinâmica reforça a aprendizagem baseada na construção de artefatos significativos, na experimentação e na reflexão sobre a própria ação (Papert, 1980). Contribuindo para a compreensão técnica da IA promovendo uma aprendizagem ativa, na qual o estudante assume um papel central na construção do conhecimento.

Apesar do potencial pedagógico evidenciado, é importante reconhecer as limitações do *Open Roberta Lab* enquanto ambiente para o ensino de IA. Por se tratar de um simulador baseado em programação em blocos e modelos simplificados de redes neurais, o ambiente pode não representar a complexidade real dos sistemas utilizados em aplicações contemporâneas de IA. Essa simplificação, embora necessária do ponto de vista didático, pode levar a uma compreensão parcial ou excessivamente reduzida dos modelos, especialmente no que se refere à arquitetura das redes, ao volume de dados e às dinâmicas mais complexas de treinamento. Nesse sentido, a abstração promovida pela interface visual pode limitar a compreensão de aspectos mais profundos relacionados à implementação algorítmica e ao desempenho dos modelos. Dessa forma, o uso do *Open Roberta Lab* deve ser compreendido como uma etapa introdutória no ensino de IA sendo necessário complementá-lo com outras abordagens e ferramentas que ampliem a compreensão técnica dos estudantes e aprofundem sua visão sobre os sistemas inteligentes.



METODOLOGIA

Esta pesquisa caracteriza-se como qualitativa, de natureza analítica, com foco na análise de um artefato educacional aplicado ao ensino de IA. O estudo não envolve aplicação direta com sujeitos, mas fundamenta-se na análise conceitual e pedagógica do simulador *Open Roberta Lab*, buscando compreender seu potencial como mediador no processo de ensino e aprendizagem de conceitos relacionados às XAI. Segundo Gil (2008), pesquisas dessa natureza têm como objetivo aprofundar a compreensão de fenômenos educacionais a partir da interpretação de seus elementos constitutivos, sendo adequadas para investigações que articulam teoria e prática pedagógica. Nesse sentido, a análise foi conduzida a partir de um protocolo teórico-analítico estruturado, no qual o simulador *Open Roberta Lab* foi explorado sistematicamente por meio da construção de cenários de uso envolvendo programação em blocos e XAI. Esses cenários foram definidos com base em situações didáticas representativas do ensino de IA permitindo observar o comportamento do ambiente frente aos critérios estabelecidos. Assim, garantindo maior transparência e reprodutibilidade à análise realizada. Ressalta-se que por se tratar de uma análise analítica baseada em cenários simulados, os resultados não permitem generalizações empíricas, sendo necessários estudos aplicados para validação em contextos reais. Esse procedimento permite a replicação da análise em outros contextos ou com diferentes artefatos educacionais, garantindo consistência metodológica.

Procedimentos metodológicos

Os procedimentos metodológicos foram organizados em três etapas principais. Inicialmente, realizou-se uma revisão de literatura com foco em três eixos centrais: (i) IA na Educação, com o objetivo de compreender os desafios e possibilidades pedagógicas relacionados à inserção da IA no contexto educacional; (ii) XAI, buscando evidenciar estratégias que favoreçam a compreensão dos processos internos dos sistemas inteligentes e reduzam a abstração conceitual no ensino; e (iii) Construcionismo, com ênfase nas contribuições de Seymour Papert, visando fundamentar abordagens pedagógicas baseadas na construção ativa do conhecimento por meio de artefatos. Na segunda etapa, foi realizada a exploração do ambiente *Open Roberta Lab*, com foco na identificação de suas funcionalidades relacionadas ao ensino de IA, especialmente aquelas voltadas à simulação de redes neurais e ao desenvolvimento de programas em blocos. Durante a exploração do ambiente, foram desenvolvidos cenários de controle de movimento, resposta a sensores e treinamento de redes neurais, permitindo observar o comportamento do sistema em diferentes configurações. Esses cenários foram utilizados como base para a aplicação dos critérios analíticos. Após, procedeu-se à análise qualitativa baseada em categorias analíticas (*content-oriented analysis*) do simulador, buscando estabelecer relações entre suas funcionalidades, os princípios do construcionismo e as demandas pedagógicas do ensino de IA, especialmente sobre a explicabilidade e a redução da abstração conceitual.



Objeto de análise: *Open Roberta Lab*

O objeto de análise deste estudo é o simulador robótico *Open Roberta Lab*, um ambiente de programação educacional baseado em blocos que permite o desenvolvimento e a simulação de projetos envolvendo robótica e conceitos de IA. A escolha desse ambiente justifica-se por sua acessibilidade, abrangência de sistemas suportados e integração de funcionalidades que possibilitam a construção e visualização de modelos computacionais, incluindo RNAs. Nesse sentido, o ambiente apresenta características que o tornam particularmente relevante para o ensino de IA na Educação Básica brasileira, como a interface intuitiva, a possibilidade de simulação sem necessidade de *hardware* físico e a presença de módulos voltados à aprendizagem de máquina. Tais aspectos permitem analisar o *Open Roberta Lab* como um artefato mediador, capaz de operacionalizar princípios construcionistas no contexto educacional. Nesse sentido, unidade de análise deste estudo corresponde às funcionalidades do simulador relacionadas à programação, simulação robótica e treinamento de RNAs, especialmente aquelas que permitem a interação do usuário com parâmetros, execução de modelos e visualização de resultados.

CrITÉRIOS de análise

A análise do simulador foi orientada por critérios fundamentados no referencial teórico adotado, especialmente no construcionismo e nas abordagens de ensino de IA. Para cada critério, foram definidos indicadores qualitativos que permitiram observar como as funcionalidades do ambiente se relacionam com os princípios pedagógicos discutidos. Assim, a avaliação foi conduzida de forma interpretativa, considerando evidências observáveis no uso do simulador, sem a aplicação de métricas quantitativas. Foram considerados os seguintes critérios: (i) Construção de artefatos, avaliada pela possibilidade de criação e modificação de programas e modelos pelos estudantes, evidenciando a externalização do pensamento; (ii) Interatividade e experimentação, analisada pela capacidade do ambiente de permitir testes, ajustes e observação de resultados em tempo real; (iii) Visualização e explicabilidade, verificada pelo suporte à representação e compreensão dos processos internos das RNAs; (iv) Acessibilidade e usabilidade, observada a partir da facilidade de uso da interface, da linguagem em blocos e da possibilidade de utilização em diferentes contextos educacionais; e (v) Mediação pedagógica, analisada com base no potencial do ambiente em promover aprendizagem ativa, autonomia e construção significativa do conhecimento. Dessa forma, os critérios foram operacionalizados por meio da observação direta das funcionalidades do ambiente nos cenários definidos, sendo analisados em relação à presença, intensidade e forma de manifestação no simulador, sendo que a intensidade foi analisada qualitativamente, considerando o nível de recorrência e centralidade da funcionalidade no ambiente. Essa operacionalização permitiu relacionar os princípios teóricos do construcionismo com evidências concretas do funcionamento do *Open Roberta Lab*, reduzindo o caráter exclusivamente descritivo da análise. A seguir, a Tabela 2 apresenta a matriz analítica usada na avaliação do *Open Roberta Lab* no ensino de IA sob a perspectiva construcionista.



Tabela 2. Matriz analítica para avaliação do *Open Roberta Lab* no ensino de IA sob a perspectiva construcionista.

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

Critério	Indicadores de análise	Evidências no <i>Open Roberta Lab</i>
Construção de artefatos	Possibilidade de criação, modificação e combinação de programas e modelos.	Programação em blocos NEPO; desenvolvimento de projetos robóticos; construção de modelos com RNAs.
Interatividade e experimentação	Teste de hipóteses, ajustes iterativos e observação de resultados em tempo real.	Simulação de robôs; execução imediata de programas; ajustes contínuos no comportamento do robô.
Visualização e explicabilidade	Representação dos processos internos e compreensão do funcionamento das RNAs.	Interface gráfica da rede neural; visualização de entradas, saídas, erro (<i>training loss</i>) e parâmetros de treinamento.
Acessibilidade e usabilidade	Facilidade de uso, linguagem intuitiva e adaptação a diferentes contextos.	Interface em blocos; ambiente <i>web</i> sem instalação; compatibilidade com múltiplos dispositivos e níveis de ensino.
Mediação pedagógica	Promoção da aprendizagem ativa, autonomia e construção significativa do conhecimento.	Integração entre programação, simulação e IA; suporte à aprendizagem baseada em projetos e resolução de problemas.

A Tabela 2 sistematiza a análise do *Open Roberta Lab* a partir de critérios alinhados ao construcionismo e evidencia que o ambiente apresenta forte coerência com princípios de aprendizagem ativa e mediada por artefatos. Observa-se que a programação em blocos e a integração com simulação favorecem a construção de artefatos digitais, permitindo que os estudantes externalizem ideias e testem soluções de forma iterativa. A interatividade do ambiente, associada à execução em tempo real, potencializa a experimentação e a reflexão sobre os resultados, enquanto os recursos de visualização das RNAs contribuem para reduzir a abstração dos modelos e aproximá-los de uma perspectiva explicável. Dessa forma, a acessibilidade e usabilidade do simulador ampliam seu alcance em diferentes contextos educacionais, reforçando seu caráter inclusivo. Nesse sentido, os elementos analisados indicam que o *Open Roberta Lab* atua como um mediador pedagógico consistente, capaz de articular fundamentos tecnológicos e construcionistas no ensino de IA. Dessa forma, a matriz analítica foi aplicada aos cenários definidos, permitindo a identificação de evidências analíticas derivadas dos cenários simulados associadas a cada critério.

RESULTADOS

A análise do *Open Roberta Lab*, orientada pelos critérios estabelecidos na matriz analítica, evidenciou que o ambiente apresenta potencial para o ensino de IA sob uma perspectiva construcionista. Os resultados indicam que suas funcionalidades favorecem a construção ativa do conhecimento, especialmente ao permitir que os estudantes desenvolvam, testem e modifiquem artefatos digitais de forma iterativa, em consonância com os princípios do construcionismo (Papert, 1980).

No que se refere à construção de artefatos e à interatividade, observou-se que a linguagem de programação em blocos *NEPO* facilita a criação de programas mesmo por usuários iniciantes, direcionando o foco da aprendizagem para a lógica computacional. Associada à execução em tempo real, essa característica amplia as possibilidades de experimentação e favorece a aprendizagem



baseada em tentativa e erro, considerada essencial para o desenvolvimento do pensamento computacional e para a compreensão de sistemas complexos (Eguchi, 2014; Benitti, 2012). Além disso, a natureza iterativa das atividades aproxima o processo de aprendizagem do funcionamento das próprias RNAs.

Em relação à visualização e explicabilidade, o ambiente oferece suporte relevante para a compreensão dos processos internos das redes neurais, ao permitir a observação de parâmetros como taxa de aprendizado, épocas e erro de treinamento. Esses recursos contribuem para reduzir o problema da “caixa-preta”, tornando os modelos mais transparentes e favorecendo uma compreensão mais crítica dos sistemas inteligentes (Adadi & Berrada, 2018). Quanto à acessibilidade e usabilidade, verificou-se que o *Open Roberta Lab* apresenta características que facilitam sua adoção em diferentes contextos educacionais. Por ser uma plataforma web com interface intuitiva, o ambiente pode ser utilizado por estudantes com diferentes níveis de conhecimento, contribuindo para a democratização do ensino de tecnologias emergentes (Alves & Trindade, 2025).

Dessa forma, no que se refere à mediação pedagógica, os resultados indicam que o *Open Roberta Lab* atua como um artefato educacional capaz de articular teoria e prática, promovendo a aprendizagem ativa e significativa. A integração entre programação, simulação e conceitos de IA permite que os estudantes não apenas utilizem sistemas inteligentes, mas também compreendam seus princípios de funcionamento. Essa característica reforça a importância de ambientes que possibilitem a construção e exploração de modelos, contribuindo para o desenvolvimento do letramento em IA (Long & Magerko, 2020). Dessa forma, os resultados evidenciam que o *Open Roberta Lab* possui potencial como ferramenta pedagógica para o ensino de IA, especialmente quando articulado a uma abordagem construcionista e ao uso de XAI. Esses achados reforçam a necessidade de integrar fundamentos teóricos e tecnológicos na construção de propostas educacionais que tornem o ensino de IA mais acessível, compreensível e significativo.

DISCUSSÕES

Os resultados obtidos a partir da análise do simulador *Open Roberta Lab* indicam que o ambiente apresenta alinhamento com os princípios construcionistas e com as demandas contemporâneas do ensino de IA. A possibilidade de construção de artefatos, associada à interatividade e à experimentação, reforça a ideia de aprendizagem ativa defendida por Seymour Papert, na qual o conhecimento é construído de forma mais significativa quando o estudante está envolvido na criação e manipulação de objetos que representam seu pensamento. Nesse sentido, o simulador proporciona experiências de aprendizagem que favorecem a reflexão, a autonomia e a resolução de problemas.

No que se refere ao ensino de IA, especialmente no contexto das XAI, os resultados evidenciam que o simulador contribui para reduzir a abstração dos modelos, tornando seus processos mais acessíveis e compreensíveis. Essa característica dialoga diretamente com as propostas de explicabilidade discutidas na literatura, que apontam a necessidade de tornar os sistemas inteligentes mais transparentes, especialmente em contextos educacionais (Adadi & Berrada,



2018). Ao permitir a visualização de parâmetros e do comportamento da RNA, o ambiente favorece a compreensão dos mecanismos internos da IA contribuindo para o desenvolvimento de uma visão mais crítica sobre essas tecnologias. Nesse contexto, a integração entre simulação e programação em blocos evidencia o potencial do *Open Roberta Lab* como ferramenta inclusiva, capaz de ser utilizada em diferentes contextos educacionais, inclusive aqueles com limitações de infraestrutura. Esse aspecto é particularmente relevante no cenário brasileiro, onde desigualdades de acesso a recursos tecnológicos ainda representam um desafio significativo. Assim, o simulador se apresenta como uma alternativa viável para a democratização do ensino de IA.

Entretanto, apesar dos resultados indicarem o potencial pedagógico do *Open Roberta Lab*, é importante destacar que as conclusões deste estudo estão fundamentadas em uma análise qualitativa baseada em categorias analíticas, não sendo derivadas de aplicações empíricas em contextos reais de ensino. Nesse sentido, torna-se necessária a realização de pesquisas futuras que investiguem, de forma sistemática, o uso do simulador em sala de aula, considerando diferentes perfis de estudantes, estratégias didáticas e contextos educacionais. Tais estudos são fundamentais para validar empiricamente os indícios aqui apresentados, bem como para identificar possíveis limitações, desafios de implementação e impactos efetivos na aprendizagem.

Complementarmente, pesquisas futuras podem explorar a aplicação do *Open Roberta Lab* em propostas didáticas estruturadas, avaliando sua contribuição para o desenvolvimento do letramento em IA, do pensamento computacional e da compreensão de conceitos relacionados à XAI. A realização de estudos experimentais ou quase-experimentais, bem como investigações qualitativas com estudantes e professores, pode fornecer evidências mais concretas sobre a eficácia do ambiente.

CONCLUSÃO

Este estudo teve como objetivo analisar os fundamentos para uma pedagogia de IA com XAI, a partir de uma abordagem construcionista, investigando o papel do simulador robótico *Open Roberta Lab* como mediador no processo de ensino e aprendizagem. A partir de uma análise qualitativa baseada em categorias analíticas, fundamentada na articulação entre IA, explicabilidade e construcionismo, buscou-se compreender como ambientes de simulação podem contribuir para tornar o ensino desses conteúdos mais acessível, significativo e alinhado às demandas contemporâneas da Educação em Computação.

Os resultados indicam que o *Open Roberta Lab* apresenta potencial como recurso pedagógico, especialmente ao favorecer a construção ativa do conhecimento, a experimentação e a visualização de conceitos abstratos relacionados à IA. A integração entre programação em blocos, simulação robótica e XAI mostrou-se capaz de reduzir a complexidade dos modelos e promover uma aprendizagem mais interativa e reflexiva, em consonância com os princípios do construcionismo proposto por Papert. Nesse sentido, o ambiente contribui para a externalização do pensamento, permitindo que os estudantes construam, testem e compreendam o funcionamento de sistemas inteligentes de forma progressiva.



Assim, o estudo reforça a importância de articular fundamentos pedagógicos e tecnológicos na construção de propostas para o ensino de IA destacando o papel das XAI como elemento central para a promoção de uma aprendizagem mais transparente e crítica. Dessa forma, evidencia-se que simuladores como o *Open Roberta Lab* podem atuar como mediadores, especialmente em contextos educacionais com limitações de infraestrutura, ampliando o acesso a práticas construcionistas e ao letramento em IA.

No entanto, é importante destacar que os resultados deste estudo estão baseados em uma análise qualitativa baseada em categorias analíticas, não contemplando validação empírica em contextos reais de ensino. Dessa forma, recomenda-se que pesquisas futuras investiguem o uso do *Open Roberta Lab* em ambientes educacionais, por meio de estudos experimentais, quase-experimentais ou qualitativos, a fim de analisar criticamente o impacto na aprendizagem, limitações e potencialidades em diferentes contextos. Assim, conclui-se que o simulador *Open Roberta Lab*, quando articulado a uma abordagem construcionista e ao uso de XAI, configura-se como uma alternativa promissora para o ensino de IA contribuindo para a construção de práticas pedagógicas mais acessíveis, investigativas e alinhadas às demandas da formação de sujeitos críticos na sociedade contemporânea.

REFERÊNCIAS

- Adablanu, S. (2024). *Explainable neural networks for interpretable cybersecurity decisions*. ResearchGate.
- Adadi, A., & Berrada, M. (2018). Peeking inside the black-box: A survey on explainable artificial intelligence (XAI). *IEEE Access*, 6, 52138–52160.
- Aimisis, D. (2013). Educational robotics: Open questions and new challenges. *Themes in Science and Technology Education*, 6(1), 63–71.
- Alves, J. M. C., & Trindade, G. M. (2025). REDES NEURAIIS EXPLICÁVEIS E ROBÓTICA EDUCACIONAL: REVISÃO E ANÁLISE DO OPEN ROBERTA LAB PARA O ENSINO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL. *Revista Ibero-Americana De Humanidades, Ciências E Educação*, 11(8), 1782–1797. <https://doi.org/10.51891/rease.v11i8.20681>
- Benitti, F. B. V. (2012). Exploring the educational potential of robotics in schools: A systematic review. *Computers & Education*, 58(3), 978–988.
- Biriba, G. B. (2023). *O construcionismo contextualizado por meio da linguagem de programação Logo: Uma proposta de ensino-aprendizagem da geometria plana* (Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Sergipe).
- Clemente, A. O. (2022). *A utilização da Robótica como ferramenta de motivação e formação profissional em Ciências Tecnológicas. Estudo do impacto da realização de torneios de Robótica em eventos em Ciência e Tecnologia* (Doctoral dissertation, Tese de doutorado, Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica]. Campinas, SP).
- de Oliveira, K. L. R., da Silva, M. A. D. F., de Oliveira, M. G., Scarpati, R., & Battestin, V. (2022). Formação online de professores em robótica educacional com práticas no simulador Tinkercad. *Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Matemática*, 5(especial).
- Eguchi, A. (2014). Robotics as a learning tool for educational transformation. In Proceedings of the 4th International Workshop Teaching Robotics, Teaching with Robotics.
- Ferreira, A. (2025). *Inteligência artificial e sociedade–1a ED*. Editora Foco.



- Ferreira, H. S. (2026). *Inteligência artificial e deep learning*. Editora Senac São Paulo.
- Floridi, L., Cowls, J., Beltrametti, M., Chatila, R., Chazerand, P., Dignum, V., ... & Vayena, E. (2018). AI4People—An ethical framework for a good AI society: Opportunities, risks, principles, and recommendations. *Minds and Machines*, 28(4), 689–707.
- Goulart, J. M., Colombo, J. E. M., da Luz, J. A. R., Orige, L. P., Marques, C. A., Olivier, L. F., & de Moraes, D. F. (2026). O Plano Brasileiro de Inteligência Artificial e o ensino superior: implicações para a governança institucional da IA. *Cadernos Cajuína*, 11(3), e2314–e2314.
- Holmes, W., Bialik, M., & Fadel, C. (2019). *Artificial intelligence in education: Promises and implications for teaching and learning*. Center for Curriculum Redesign.
- Holz, J., & Trentin, M. A. S. (2025). Considerações sobre um Desafio de Robótica Fazendo Uso de um Simulador. *EaD & Tecnologias Digitais na Educação*, 13(20).
- Jacobina, E. C., Nardotto, R. S., Costa, R. S., Sousa, E. B., Lima, K. P. C., Ferreira, C. N. S., ... & dos Santos, G. P. (2026). INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E APRENDIZAGEM NO SÉCULO XXI: MEDIAÇÕES, POTENCIALIDADES E DESAFIOS FORMATIVOS. *Revista de Geopolítica*, 17(1), e1212–e1212.
- Long, D., & Magerko, B. (2020). What is AI literacy? Competencies and design considerations. In *Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*.
- Luckin, R., Holmes, W., Griffiths, M., & Forcier, L. B. (2016). *Intelligence unleashed: An argument for AI in education*. Pearson.
- Massa, N. P., De Oliveira, G. S., & dos Santos, J. A. (2022). O construcionismo de Seymour Papert e os computadores na educação. *Cadernos da FUCAMP*, 21(52).
- Mikropoulos, T. A., & Natsis, A. (2011). Educational virtual environments: A ten-year review of empirical research. *Computers & Education*, 56(3), 769–780.
- Münsterberg, A. V., Budde, R., Leimbach, T. & Schmid, U. (2023): Perzeptrons programmieren und explorieren im Rahmen der Open Roberta Lernumgebung, in: *Bamberg: Otto-Friedrich-Universität*, S. 435–436.
- Murer, R. (2025). *Fundamentos da inteligência artificial: o futuro é agora*. Alta Books.
- Palmeira, AA, & dos Santos, IB (2025). A resolução de problemas e o erro na perspectiva construtivista. *Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Matemática*, 8 (2).
- Papert, S. (1980). *Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas*. Basic Books.
- Ruiz, I. H., Fernández, C. G., & Carvajal, L. A. F. (2023). *La Experiencia y percepción estudiantil del software Open Roberta Lab en un curso introductorio de robótica educativa en Costa Rica*. Universidad de Alcalá, Alcalá de Henares.
- Samek, W., Wiegand, T., & Müller, K. R. (2017). Explainable artificial intelligence: Understanding, visualizing and interpreting deep learning models. *ITU Journal: ICT Discoveries*, 1(1), 1–10.
- Santos, B. S. (2026). ROBÓTICA EDUCACIONAL NA ESCOLA PÚBLICA BRASILEIRA: INOVAÇÃO PEDAGÓGICA, FORMAÇÃO DOCENTE E DESAFIOS ESTRUTURAIS. *International Integralize Scientific*, 6(56).
- Sousa, J. S. (2025). O olhar construtivista dentro da sala de aula e sua influência nos anos iniciais. *EDUCAÇÃO E CULTURA EM DEBATE*, 1(1), 27–41.
- Souza, G. A. D. (2024). *Perspectivas para uma pedagogia da matéria: Potência pedagógica da atividade poética e representações como suporte material da cognição* (Doctoral dissertation, Universidade de São Paulo).
- Suchara, C. F., Sampaio, C. M., Brito, S. F., Schwertz, S. B. B., & Narciso, R. (2025). Inteligência artificial e educação em diálogo: Caminhos para a personalização e inclusão. *Missioneira*, 27(8), 245–252.



Trindade, G. M., & Trindade, D. R. de S. (2025). Influência da Cultura Maker no Desenvolvimento de Competências em Liderança Educacional: Uma Análise Qualitativa. In *XVII Simpósio Amazônico de Computação e Inovação* (Vol. 16). Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.18076415>

Valente, J. A. (2011). *A desconstrução do construtivismo na educação: Crenças e equívocos de professores, autores e críticos*. Editora UNESP.

Vilanova, J. C. (2025). O ENSINO DE PROGRAMAÇÃO E ROBÓTICA PARA CRIANÇAS: CONSTRUCIONISMO, PENSAMENTO COMPUTACIONAL E TRANSDISCIPLINARIDADE-DE PAPERT A WING. *LUMEN ET VIRTUS*, 16(54).

Wisnieski, R. T. (2022). A teoria construcionista. *RECIMA21-Revista Científica Multidisciplinar-ISSN 2675-6218*, 3(4), e341390-e341390.