

UNIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS
CENTRO DE ESTUDOS SUPERIORES DE ITACOATIARA

Jorge Mikael Coutinho Alves

**REDES NEURAIIS EXPLICÁVEIS COM O SIMULADOR ROBÓTICO *OPEN*
ROBERTA LAB: CONSTRUÇÃO DE SEQUÊNCIAS DIDÁTICAS PARA A
EDUCAÇÃO EM COMPUTAÇÃO NO ENSINO MÉDIO**

Itacoatiara

2025

Jorge Mikael Coutinho Alves

**REDES NEURAIS EXPLICÁVEIS COM O SIMULADOR ROBÓTICO *OPEN*
ROBERTA LAB: CONSTRUÇÃO DE SEQUÊNCIAS DIDÁTICAS PARA A
EDUCAÇÃO EM COMPUTAÇÃO NO ENSINO MÉDIO**

Monografia apresentada como requisito para aprovação na disciplina de Projeto Orientado em Informática na Educação II do curso de Licenciatura em Computação do Centro de Estudos Superiores de Itacoatiara da Universidade do Estado do Amazonas.

Orientador: Me. Genarde Macedo Trindade

Itacoatiara

2025

**ATA DA DEFESA DO PROJETO ORIENTADO EM INFORMÁTICA NA
EDUCAÇÃO II (POIE II)**

ACADÊMICO(A): Jorge Mikael Coutinho Alves

TÍTULO DO TRABALHO: REDES NEURAIS EXPLICÁVEIS COM O SIMULADOR
ROBÓTICO OPEN ROBERTA LAB: CONSTRUÇÃO DE SEQUÊNCIAS DIDÁTICAS
PARA A EDUCAÇÃO EM COMPUTAÇÃO NO ENSINO MÉDIO

BANCA EXAMINADORA:

Genarde Macedo Trindade

Professor Genarde Macedo Trindade, Ethel Silva de Oliveira e Luiz Sérgio de Oliveira
Barbosa

Horário de Início: 14 h 05 min Sala: 02

Em sessão pública, após exposição de cerca de 19 minutos, o acadêmico foi
arguido oralmente pelos membros da banca tendo como resultado:

Aprovação
 Reprovação


Grau obtido pelo acadêmico: 9,9

Na forma regulamentar foi lavrada a presente ata que é assinada pelos
membros da banca na ordem acima estabelecida.

Itacoatiara – AM, 03 de Dezembro de 2025.


Genarde Macedo Trindade
Professor Genarde Macedo Trindade


Ethel Silva de Oliveira


Luiz Sérgio de Oliveira Barbosa

Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Sistema Integrado de Bibliotecas da Universidade do Estado do Amazonas.

C871r	<p>Coutinho Alves, Jorge Mikael REDES NEURAIIS EXPLICÁVEIS COM O SIMULADOR ROBÓTICO OPEN ROBERTA LAB: CONSTRUÇÃO DE SEQUÊNCIAS DIDÁTICAS PARA A EDUCAÇÃO EM COMPUTAÇÃO NO ENSINO MÉDIO / Jorge Mikael Coutinho Alves. Manaus : [s.n], 2025. 153 f.: color.; 21.0 cm.</p> <p>TCC - Licenciatura em Computação- Universidade do Estado do Amazonas, Manaus, 2025. Inclui Apêndice. Inclui Anexo. Orientador: Genarde Macedo Trindade.</p> <p>1. Inteligência Artificial. 2. Redes Neurais Explicáveis. 3. Robótica Educativa. 4. Ensino Médio. 5. Open Roberta Lab. I. Genarde Macedo Trindade (Orient.) II. Universidade do Estado do Amazonas. III. Título</p> <p>CDU(1997)378:004</p>
-------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

*“A inteligência artificial começa onde
termina a inteligência humana.”*

(Alan Turing)

Aos meus pais, Jorgevan de Souza Alves e Sirlene Martins Coutinho Alves, que se sacrificaram por um sonho de dar oportunidade aos filhos de estudar, e aos meus irmãos, que sempre me apoiaram nessa caminhada acadêmica.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, à Deus, é minha família, pelo apoio constante, pela compreensão nos momentos de maior dedicação e pela motivação que sustentou este percurso acadêmico. Registro minha gratidão aos professores e meu orientador Genarde Macedo Trindade, cujas orientações, críticas e conhecimentos contribuíram decisivamente para o desenvolvimento deste trabalho. Agradeço também aos colegas que estiveram presentes ao longo da trajetória, compartilhando experiências e colaborando para a construção de um ambiente de aprendizado produtivo. Finalizo com um versículo que está em Lucas 6:40 “Nenhum aluno é mais importante do que o seu professor. Porém, quando tiver terminado os estudos, o aluno ficará igual ao seu professor.”

RESUMO

Os avanços da Inteligência Artificial (IA) na educação demandam novas abordagens pedagógicas que favoreçam sua compreensão crítica e prática, transformando a maneira como conceitos tecnológicos são integrados ao currículo escolar. Este Trabalho de Conclusão de Curso apresenta o desenvolvimento e a validação de sequências didáticas baseadas em Redes Neurais Explicáveis (XNNs), integradas à Robótica Educacional (RE) por meio do simulador Open Roberta Lab, destinadas ao Ensino Médio e alinhadas à Base Nacional Comum Curricular (BNCC) de Computação. A pesquisa parte da carência de materiais acessíveis e contextualizados para o ensino de IA e RE, especialmente em escolas com infraestrutura limitada e formação docente insuficiente. O objetivo geral consiste em elaborar e validar estratégias didáticas que incorporem metodologias ativas e ferramentas de simulação robótica, contribuindo para o desenvolvimento do pensamento computacional, da autonomia discente e do uso ético da IA. A metodologia envolveu revisão de literatura, experimentação prática com o Open Roberta Lab, elaboração das sequências e avaliação junto a professores de diferentes microrregiões do estado. Durante o percurso, foram publicadas duas produções acadêmicas complementares: um artigo na Revista Iberoamericana, apresentando uma revisão sobre RE e IA, e um resumo expandido sobre a metodologia do estudo, apresentado em formato de banner no Simpósio Amazônico de Computação e Inovação (SACI 2025). Tais publicações reforçam a relevância científica e educacional do trabalho, além de contribuírem para a consolidação da Educação em Computação na Amazônia. Os resultados indicam que as sequências são viáveis, claras e coerentes com os objetivos de aprendizagem da BNCC Computação, demonstrando potencial de aplicação em escolas públicas. Espera-se que os materiais desenvolvidos sirvam de referência para docentes interessados em integrar IA e RE à prática pedagógica, fortalecendo uma educação inovadora, inclusiva e culturalmente situada.

Palavras-Chave: Inteligência Artificial, Redes Neurais Explicáveis, Robótica Educacional, Ensino Médio, Open Roberta Lab.

ABSTRACT

The advances of Artificial Intelligence (AI) in education demand new pedagogical approaches that foster its critical and practical understanding, transforming the way technological concepts are integrated into the school curriculum. This Final Undergraduate Project presents the development and validation of didactic sequences based on Explainable Neural Networks (XNNs), integrated with Educational Robotics (ER) through the Open Roberta Lab simulator, designed for high school education and aligned with Brazil's National Common Curricular Base (BNCC) for Computing. The research arises from the lack of accessible and contextualized teaching materials for AI and ER, especially in schools with limited infrastructure and insufficient teacher training. The general objective is to design and validate didactic strategies that incorporate active methodologies and robotic simulation tools, contributing to the development of computational thinking, student autonomy, and the ethical use of AI. The methodology included literature review, practical experimentation with Open Roberta Lab, development of the didactic sequences, and evaluation by teachers from different microregions of the state. During the research process, two complementary academic works were published: an article in the *Revista Iberoamericana*, presenting a review on ER and AI, and an extended abstract on the research methodology, presented as a poster at the Amazonian Symposium on Computing and Innovation (SACI 2025). These publications reinforce the scientific and educational relevance of the study, as well as its contribution to the consolidation of Computing Education in the Amazon region. The results indicate that the sequences are feasible, clear, and coherent with the BNCC Computing learning objectives, showing potential for implementation in public schools. It is expected that the materials developed will serve as a reference for teachers interested in integrating AI and ER into pedagogical practice, thereby strengthening an innovative, inclusive, and culturally situated education.

Keywords: Artificial Intelligence, Explainable Neural Networks, Educational Robotics, High School, Open Roberta Lab.

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 - Feature analysis dos trabalhos relacionados. Fonte: Elaborado pelo autor.	70
Quadro 2 – Microrregião de Manaus. Fonte: Elaborado pelo autor.	95
Quadro 3 – Microrregião de Coari. Fonte: Elaborado pelo autor.	95
Quadro 4 – Microrregião de Boca do Acre. Fonte: Elaborado pelo autor.	96
Quadro 5 – Microrregião de Itacoatiara. Fonte: Elaborado pelo autor.	96
Quadro 6 – Microrregião de Parintins. Fonte: Elaborado pelo autor.	96
Quadro 7 – Questões Google Forms. Fonte: Elaborado pelo autor.	98
Quadro 8 – Questões Google Forms. Fonte: Elaborado pelo autor.	105
Quadro 9 – Respostas da Q16 sobre ajustes e melhorias. Fonte: Elaborado pelo autor.	109
Quadro 10 – Respostas da Q17 sobre recursos, formação e tempo. Fonte: Elaborado pelo autor.	111
Quadro 11 – Questões do roteiro. Fonte: Elaborado pelo autor.	112
Quadro 12 – Questão do roteiro Q1. Fonte: Elaborado pelo autor.	115
Quadro 13 – Questão do roteiro Q2. Fonte: Elaborado pelo autor.	116
Quadro 14 – Questão do roteiro Q3. Fonte: Elaborado pelo autor.	117
Quadro 15 – Questão do roteiro Q4. Fonte: Elaborado pelo autor.	118
Quadro 16 – Questão do roteiro Q4. Fonte: Elaborado pelo autor.	119
Quadro 17 – Questão do roteiro Q6. Fonte: Elaborado pelo autor.	119
Quadro 18 – Questão do roteiro Q7. Fonte: Elaborado pelo autor.	121
Quadro 19 – Questão do roteiro Q8. Fonte: Elaborado pelo autor.	121
Quadro 20 – Questão do roteiro Q9. Fonte: Elaborado pelo autor.	123
Quadro 21 – Questão do roteiro Q10. Fonte: Elaborado pelo autor.	124
Quadro 22 – Questão do roteiro Q11. Fonte: Elaborado pelo autor.	125
Quadro 23 – Questão do roteiro Q12. Fonte: Elaborado pelo autor.	126
Quadro 24 – Habilidades do 6º ano. Fonte: Elaborado pelo autor.	133
Quadro 25 – Habilidades do 7º ano. Fonte: Elaborado pelo autor.	133
Quadro 26 – Habilidades do 8º ano. Fonte: Elaborado pelo autor.	134
Quadro 27 – Habilidades do 9º ano. Fonte: Elaborado pelo autor.	134

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Faixa etária	99
Gráfico 2 - Tempo de atuação como docente.	100
Gráfico 3 - Qual(is) nível(is) de ensino o participante atua atualmente.	101
Gráfico 4 - Familiaridade dos participantes com ferramentas e recursos utilizados nas práticas maker.	102
Gráfico 5 - Frequência de utilização de ferramentas digitais e simuladores online.	103
Gráfico 6 - Frequência e a profundidade com o tema é incorporado nas práticas pedagógicas.	103
Gráfico 7 - Clareza e a coerência pedagógica das sequências didáticas.	106
Gráfico 8 - Qualidade e pertinência de diferentes dimensões das sequências didáticas.	107
Gráfico 9 - Condições tecnológicas e pedagógicas para implementar as sequências didáticas.	108

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Representação de uma máquina de Turing. Fonte: Camargo (2018).	25
Figura 2 - Representação didática do Teste de Turing. Fonte: BAFFA, 2025.	26
Figura 3 - Representação da linha do tempo da Revolução Industrial. Fonte: SOUSA (2022).	27
Figura 4 - Exemplo de um neurônio. Fonte: MOREIRA (2013).	32
Figura 5 - Exemplo do perceptron simples. Fonte: adaptado parcialmente de Leimbach(2024).	33
Figura 6 – Interface do simulador CoderZ. Fonte: Trindade, de Souza e dos Santos (2022).	37
Figura 7 – Localidades com atividades da Iniciativa Roberta. Fonte: elaborada pelo autor.	38
Figura 8 – Modelo de códigos em blocos NEPO e simulação do robô. Fonte: elaborada pelo autor.	40
Figura 9 – Calliope mini. Fonte: elaborada pelo autor.	41
Figura 10 – Interface do sistema Calliope mini. Fonte: elaborada pelo autor.	42
Figura 11 – Arduino. Fonte: elaborada pelo autor.	43
Figura 12 – Interface do sistema Arduino. Fonte: elaborada pelo autor.	43
Figura 13 - Micro:Bit. Fonte: elaborada pelo autor.	44
Figura 14 – Interface do sistema Micro:bit. Fonte: elaborada pelo autor.	44
Figura 15 – mBot. Fonte: elaborada pelo autor.	45
Figura 16 – Interface do sistema mBot. Fonte: elaborada pelo autor.	45
Figura 17 – Bionic Flower. Fonte: elaborada pelo autor.	46
Figura 18 – Interface do sistema Bionic Flower. Fonte: elaborada pelo autor.	46
Figura 19 – BOB3. Fonte: elaborada pelo autor.	47
Figura 20 – Interface do sistema BOB3. Fonte: elaborada pelo autor.	48
Figura 21 - Bot´n Roll. Fonte: elaborada pelo autor.	48
Figura 22 – Interface do sistema Bot´n Roll. Fonte: elaborada pelo autor.	49
Figura 23 – Edison V2 V3. Fonte: elaborada pelo autor.	49
Figura 24 – Interface do sistema Edison V2 V3. Fonte: elaborada pelo autor.	50
Figura 25 – NAO. Fonte: elaborada pelo autor.	50
Figura 26 – Interface do sistema NAO. Fonte: elaborada pelo autor.	51
Figura 27 – RCJ RescueOnlineSim. Fonte: elaborada pelo autor.	51

Figura 28 – Interface do sistema RCJ RescueOnlineSim. Fonte: elaborada pelo autor.	52
Figura 29 – ROB3RTA. Fonte: elaborada pelo autor.	52
Figura 30 – Interface do sistema ROB3RTA. Fonte: elaborada pelo autor.	53
Figura 31 – Robotino. Fonte: elaborada pelo autor.	53
Figura 32 – Interface do sistema Robotino. Fonte: elaborada pelo autor.	54
Figura 33 – senseBox. Fonte: elaborada pelo autor.	55
Figura 34 – Interface do sistema senseBox. Fonte: elaborada pelo autor.	55
Figura 35 – LEGO Spike Prime / Robot Inventor. Fonte: elaborada pelo autor.	56
Figura 36 – Interface do sistema LEGO Spike Prime / Robot Inventor. Fonte: elaborada pelo autor.	56
Figura 37 – Thymio, TxT 4.0 Controller, WeDo. Fonte: elaborada pelo autor.	57
Figura 38 – Interface do sistema Thymio. Fonte: elaborada pelo autor.	57
Figura 39 – Interface do sistema TxT 4.0 Controller. Fonte: elaborada pelo autor. ...	58
Figura 40 – Interface do sistema WeDo. Fonte: elaborada pelo autor.	58
Figura 41 – LEGO Mindstorms. Fonte: elaborada pelo autor.	59
Figura 42 – Interface do sistema LEGO Mindstorms. Fonte: elaborada pelo autor. .	59
Figura 43 – Open Roberta Lab. Fonte: elaborada pelo autor.	60
Figura 44 – Open Roberta Lab. Fonte: elaborada pelo autor.	60
Figura 45 – interface do sistema NEURAL NETWORK define. Fonte: elaborada pelo autor.	61
Figura 46 – Aba Programa NEPOprog no Open Roberta Lab, elaborada pelo autor.	62
Figura 47 – Aba Neural Network Learn no Open Roberta Lab, elaborada pelo autor.	63
Figura 48 - Metodologia adotada na pesquisa, adaptada parcialmente de Durães et al. (2021).	72
Figura 49 - Blocos de conteúdos que compõem a sequência didática. Fonte: do autor.	75
Figura 50 – Visão geral da Matriz de DI. Fonte: do autor.	77
Figura 51 – Resolução do primeiro desafio do conteúdo 1. Fonte: do autor.	78
Figura 52 – Leitura do sensor de cor no simulador Open Roberta Lab. Fonte: do autor.	80

Figura 53 – Leitura do sensor de cor no simulador Open Roberta Lab. Fonte: do autor.	81
Figura 54 - Em “A” RNA do desafio e “B” programação para execução do desafio. Fonte: do autor.	83
Figura 55 – Em “A” configuração do robô e em “B” o campo e atuação do robô. Fonte: do autor.	84
Figura 56 – Etapas que compõe a metodologia da sequência didática. Fonte: do autor.	85
Figura 57 – Microrregiões que compuseram a amostra. Fonte: Elaborada pelo autor.	93
Figura 58 – Registos da realização das entrevistas. Fonte: Elaborada pelo autor.	114
Figura 59 - Sequência Didática.	127
Figura 60 - Atualização da Sequência Didática.	128
Figura 61 - Sequência Didática 4 e 5.	128
Figura 62 – Registos da apresentação do banner no SACI 2025. Fonte: Elaborada pelo autor.	136

ÍNDICE DE ABREVIATURAS E SIGLAS

IA	Inteligência Artificial
RE	Robótica Educacional
PBIA	Plano Brasileiro de Inteligência Artificial
BNCC	Base Nacional Comum Curricular
SBC	Sociedade Brasileira de Computação
UNESCO	Organização das Nações Unidas para Educação, Ciência e Cultura
RNEs	Redes Neurais Explicáveis
PBIA	Plano Brasileiro de Inteligência Artificial
XNNs	<i>Explainable Neural Networks</i>
RNAs	Redes Neurais Artificiais
STEM	Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática
KNN	<i>Künstlichen Neuronalen Netzen</i>
RNA	Rede Neural Artificial
STEAM	Ciência, Tecnologia, Engenharia, Artes e Matemática
ABP	Aprendizagem Baseada em Projeto
EEEFM	Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio
PC	Pensamento Computacional
POIE	Projeto Orientado em Informática na Educação
DI	Desing Instrucional

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	18
1.1 Contextualização	18
1.2 Caracterização do Problema	19
1.3 Justificativa	20
1.4 Objetivos	21
1.5 Organização do Trabalho	22
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	24
2.1 Contexto Histórico da Inteligência Artificial	24
2.2 Alan Turing: Contribuições fundamentais para a IA	25
2.3 A relação entre IA e Robótica	27
2.4 Plano Brasileiro de Inteligência Artificial 2024-2028	28
2.5 BNCC de Computação e o ensino de IA e RE	29
2.6 O ensino de fundamentos de IA no Ensino Médio	31
2.7 Redes Neurais Biológicas	32
2.8 Redes Neurais Artificiais	33
2.8 Redes Neurais Explicáveis	35
2.9 O Construcionismo a relação entre tecnologia e aprendizado	36
2.10 Simuladores robóticos	37
2.10.1 Iniciativa Educacional Roberta – Aprendendo com Robôs	38
2.10.2 Simulador <i>Open Roberta Lab</i>	40
2.10.2.1 <i>Calliope mini</i>	41
2.10.2.2 <i>Arduino</i>	42
2.10.2.3 <i>Micro:bit</i>	44
2.10.2.4 <i>mBot</i>	45
2.10.2.5 <i>Bionic Flower</i>	46
2.10.2.6 <i>BOB3</i>	47
2.10.2.7 <i>Bot`n Roll</i>	48
2.10.2.8 <i>Edison V2 V3</i>	49
2.10.2.9 <i>NAO</i>	50
2.10.2.10 <i>RCJ RescueOnlineSim</i>	51
2.10.2.11 <i>ROB3RTA</i>	52
2.10.2.12 <i>Robotino</i>	53

2.10.2.13 <i>senseBox</i>	54
2.10.2.14 <i>LEGO Spike Prime / Robot Inventor</i>	55
2.10.2.15 <i>Thymio, TxT 4.0 Controller, WeDo</i>	57
2.10.2.16 <i>LEGO Mindstorms</i>	59
2.10.3 Redes Neurais Artificiais no <i>Open Roberta Lab</i>	60
2.11 Trabalhos Relacionados	64
2.11.1 Sousa (2021)	64
2.11.2 Silva, et al (2022).....	65
2.11.3 Fernandes, Zanon (2022)	66
2.11.4 Carius, Baldner (2023).....	67
2.11.5 Silva, Gonçalves (2024).....	68
2.11.6 Sangali, Catabriga (2024)	69
2.12 <i>Feature analysis</i> dos trabalhos relacionados	70
3. METODOLOGIA E CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO	72
3.1 Métodos, Ferramentas ou Técnicas a serem utilizadas	72
3.2 Etapas do Projeto	73
4. EXECUÇÃO DO ESTUDO	75
4.1 Definição da sequência didática	75
4.1.1 Conteúdo da sequência didática.....	76
4.1.1.1 Conteúdo 1 - Descobrindo o <i>Open Roberta Lab</i> com Alan Turing....	78
4.1.1.2 Conteúdo 2 - Explorando a IA: O que faz uma rede neural artificial?	79
4.1.1.3 Conteúdo 3 – Jogo da Distância: O que faz uma máquina pensar? .	80
4.1.1.1 Conteúdo 4 – Entre linhas e Neurônios: Um Robô que Aprende a Seguir.....	82
4.1.1.1 Conteúdo 5 – Robô Autônomo	83
4.2 Metodologia da sequência didática	84
4.2.1 Conectar	86
4.2.2 Construir	87
4.2.3 Analisar	88
4.2.4 Continuar	89
4.3 Avaliação da sequência didática.....	89
4.3.1 Métodos da avaliação	90
4.3.1.1 Entrevista semiestruturada	91
4.3.1.2 Questionário	91

5. ANÁLISE DOS RESULTADOS	93
5.1 Perfil da amostra.....	93
5.1.1 Montagem do perfil docente	97
5.1.2 Resultado da construção do perfil docente.....	99
5.2. Avaliação das sequências didáticas	105
5.2.1 Questionário	105
5.2.2 Entrevista.....	112
5.2.2.1 Bloco percepção geral das sequências didáticas	114
5.2.2.2 Análise da estrutura metodológica das sequências didáticas	117
5.2.2.3 Instrumentos de avaliação (rubrica e registro).....	120
5.2.2.4 Aspectos técnicos do simulador Open Roberta Lab	122
5.2.2.4 Sugestões de melhoria	124
5.3 Refinamento das sequências didáticas.....	127
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS, LIMITAÇÕES E PERSPECTIVAS FUTURAS	129
6.1 Considerações Finais	129
6.2 Limitações do Estudo.....	131
6.3 Perspectivas Futuras	132
REFERÊNCIAS.....	138
APÊNDICE A – Matriz de design instrucional	147
ANEXO A – Capa do artigo publicado	151
ANEXO B – Banner apresentado no SACI 2025.....	152
ANEXO C – Certificado de aceite e apresentação no SACI 2025	153

1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo são apresentadas a contextualização, a característica do problema, apontando os principais motivos e justificativas para a realização desta pesquisa, são apresentados ainda, os objetivos e a organização do trabalho.

1.1 Contextualização

No mundo contemporâneo, a tecnologia de Inteligência Artificial (IA) está cada vez mais presente no cotidiano da sociedade e são inúmeras ferramentas que usam a tecnologia de IA sendo noticiadas, voltadas para diferentes áreas, dentre elas a educação (DUARTE, 2024). A utilização dessa tecnologia na educação tem se mostrado bastante promissora, principalmente como ferramenta para personalizar o ensino.

Neste contexto, as plataformas educacionais, que englobam ambientes virtuais de aprendizagem, sistemas de gestão de aprendizado e outras ferramentas tecnológicas, têm sido incorporadas ao contexto escolar (VERÍSSIMO et al., 2024). Assim, facilitando o acesso ao conteúdo de maneira interativa, permitindo a personalização do ensino conforme as necessidades de cada aluno.

Neste cenário, iniciativas como a elaboração do relatório da Organização das Nações Unidas para Educação, Ciência e Cultura (UNESCO), elenca entre outros aspectos, o conteúdo curricular de IA e como ele pode contribuir para o processo de reflexão sobre as competências digitais necessárias aos docentes que irão atuar na Educação Básica (DUARTE, 2024). Diante do novo cenário educacional, há uma preocupação tanto na formação dos futuros professores quanto no material para o ensino de IA.

No documento da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) do complemento à Computação, há competências e habilidades estabelecidas para o Ensino Médio relacionadas ao ensino de IA. Um exemplo é a habilidade de código EM13CO10, onde enfatiza sobre a compreensão da IA, comparando-a com a inteligência humana, analisando suas potencialidades, riscos e limites (BRASIL, 2022).

Neste sentido, a IA proporciona o acesso ao conhecimento e adapta os conteúdos às necessidades individuais dos estudantes (CANDEIA et al., 2024). Desta forma, percebe-se que a inclusão da IA na Educação Básica não se trata apenas de

uma tendência, mas de uma necessidade para preparar os estudantes para um mundo cada vez mais digital (LOIOLA et al., 2024). A BNCC da Computação já contempla habilidades específicas sobre o tema, demonstrando a relevância da Computação no desenvolvimento do pensamento crítico e da autonomia dos alunos.

1.2 Caracterização do Problema

A IA apresenta desafios para incorporação na Educação Básica, como garantir que seja utilizada de forma ética e responsável, e que todos os alunos tenham acesso igualitário a essa tecnologia (BRASIL, 2024). Porém, a falta desta implementação nas escolas contribui diretamente para o uso incorreto, antiético.

Na BNCC de Computação, outra habilidade relacionada ao uso de IA, é a de código EM13CO16, que visa desenvolver projetos com Robótica Educacional (RE), utilizando artefatos físicos ou simuladores (BRASIL, 2022). Embora, a BNCC Computação estabeleça diretrizes claras, a implementação efetiva dessa habilidade enfrenta obstáculos significativos. A falta de formação específica para professores em métodos de ensino de RE dificulta a aplicação prática dos conceitos que estão diretamente relacionados com a IA.

Apesar dos avanços tecnológicos e do aumento do interesse pela RE, sua aplicação ainda enfrenta desafios consideráveis, como a carência de infraestrutura adequada, a necessidade de capacitação específica para os docentes e o elevado custo dos materiais (MACIEL; LEAL, 2022). Esses obstáculos tornam-se ainda mais expressivos devido ao alto investimento inicial necessário para a aquisição de recursos, como os *kits* de RE, a exemplo do *LEGO Education Spike Prime*¹.

Neste sentido, temos como questão norteadora desta pesquisa, “como a implementação de um simulador robótico, para o ensino de IA e RE, especificamente sobre redes neurais, pode contribuir para a construção de sequências didáticas em Educação em Computação para alunos do Ensino Médio?”. Considerando os desafios de infraestrutura tecnológica limitada para uso da RE e a necessidade de um uso ético e equitativo da IA, ambos na Educação Básica.

¹LEGO Education Spike Prime: <https://encr.pw/LEGO-Sipke-Prime>

1.3 Justificativa

Centrada no ser humano e acessível a todos, a IA deve ser fundamentada no respeito à dignidade, aos direitos sociais, à diversidade cultural e regional, bem como à valorização do trabalho e dos trabalhadores, evitando desigualdades e vieses discriminatórios (BRASIL, 2024). Desta forma, é essencial promover e empregar ações educacionais que fortaleçam o uso da IA de forma consciente e responsável.

Entre os recursos tecnológicos, a IA se destaca, pois pode ser inserida na sala de aula por meio da RE, jogos digitais, programas de computador, tutores inteligentes e plataformas (FUJIYOSHI, 2024). No âmbito da RE, o desenvolvimento de projetos sobre os conceitos de IA incluem abordagens práticas utilizando tanto *kits* físicos e/ou simuladores virtuais. Para isto, é importante ter sequências didáticas estruturadas, que forneça suporte metodológico aos professores no ensino de IA integrada à RE.

Desta forma, a adoção de plataformas de simulação virtual, permite o desenvolvimento de projetos de RE e IA abordando não somente a teoria mais também a prática, utilizando desafios e projetos que potencializam a aprendizagem, a experimentação e a resolução de problemas de forma dinâmica (SANGALI; CATABRIGA; BOERES, 2024). Nesta perspectiva, o simulador robótico *Open Roberta Lab*² fornece ferramentas que permitem o estudo de forma integrada da IA e RE. A contribuição científica desta pesquisa está na intercessão dos campos de IA e Educação em Computação, ao propor a construção de sequências didáticas que incorporam o conceito de Redes Neurais Explicáveis no Ensino Médio. Desta forma, a pesquisa busca integrar estratégias de ensino de IA com metodologias ativas e recursos de simulação de RE, contribuindo para o fortalecimento da formação crítica e tecnológica dos estudantes (GAMA, 2023).

Do ponto de vista educacional, a pesquisa oferece subsídios teóricos e práticos para professores de Ensino Médio, promovendo a instrução de conceitos complexos de IA de maneira acessível e contextualizada (SANTOS, 2024). Neste sentido, ao disponibilizar sequências didáticas testadas e avaliadas, a pesquisa favorece a disseminação de práticas pedagógicas inovadoras no ensino de Computação, incentivando a autonomia docente, o pensamento computacional (PC) e a formação cidadã frente às novas tecnologias.

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

Como pesquisador e como professor, enxergo neste trabalho uma oportunidade concreta de unir teoria e prática para transformar a forma como a IA é abordada na Educação Básica. A experiência docente me permite compreender as dificuldades enfrentadas pelos professores em sala de aula, especialmente diante da escassez de recursos e da necessidade de formação continuada. Já como profissional da área de Computação, reconheço a importância de tornar acessíveis conceitos como Redes Neurais de maneira contextualizada e prática, por meio de ferramentas como o *Open Roberta Lab*. Este projeto representa, portanto, um compromisso pessoal com a democratização do conhecimento e com a construção de uma educação mais crítica, inclusiva e alinhada às demandas tecnológicas contemporâneas.

Neste contexto, este trabalho visa colaborar com o ensino de IA, com foco em Redes Neurais, por meio da utilização do simulador robótico *Open Roberta Lab*, para a construção de sequências didáticas direcionada à Educação em Computação no Ensino Médio. Contribuindo, assim, para a elaboração de um material pedagógico estruturado e avaliado.

1.4 Objetivos

Geral

Elaborar estratégias para a Educação em Computação no Ensino Médio, especificamente no conteúdo Redes Neurais, por meio da construção e avaliação de sequências didáticas utilizando o simulador robótico *Open Roberta Lab*.

Específicos

- Construir um referencial teórico sobre o ensino de IA integrado à RE no Ensino Médio.
- Explorar o simulador robótico *Open Roberta Lab* como ferramenta pedagógica para o ensino de Redes Neurais.
- Desenvolver sequências didáticas que integrem o ensino de IA e RE.

- Avaliar as sequências didáticas com professores de Computação que atuam no Ensino Médio.
- Aperfeiçoar as sequências didáticas com base na avaliação dos professores de Computação.

1.5 Organização do Trabalho

A seção introdutória proporcionou uma visão abrangente dos principais elementos que norteiam este estudo, abordando a contextualização da aplicação e a definição clara do problema a ser abordado. Também foram apresentadas as motivações e as razões que fundamentam o desenvolvimento deste trabalho. Os objetivos delineados e o método de execução adotado foram discutidos detalhadamente. Além da seção de Introdução, outras três seções enriquecem e estruturam a narrativa deste trabalho, cada uma contribuindo para a compreensão aprofundada e análise minuciosa do tópico em questão.

Na seção dois, Fundamentação Teórica, é explorada as principais perspectivas relacionadas à tecnologia de IA e RE no Ensino Médio como uma ferramenta viável para o aprimoramento do ensino no ambiente educacional, conforme analisado nas literaturas. Além disso, são detalhados os estudos e pesquisas dos principais trabalhos encontrados que norteiam este trabalho como Plano Brasileiro de Inteligência Artificial (PBIA) e BNCC da Computação, bem como outros aspectos fundamentais.

Já na seção três, Metodologia e Cronograma de Execução, é descrita a proposta metodológica e abrange desde o documento norteador, revisão bibliográfica, desenvolvimento das sequências didáticas, a avaliação das sequências didáticas, o refinamento das sequências didáticas, o planejamento das ações necessárias para a realização da pesquisa. Além desses pontos, também é apresentado o cronograma de execução do estudo com as atividades listadas como fundamentais para o andamento da pesquisa.

Na seção quatro, Resultados Esperados e Parciais, com a realização deste estudo, espera-se contribuir com o ensino de conteúdos de IA no Ensino Médio, especificamente no tema Redes Neurais Explicáveis (RNEs). A utilização do simulador *Open Roberta Lab* poderá auxiliar na construção de sequências didáticas mais acessíveis e visuais, mesmo em contextos com infraestrutura limitada,

possibilitando o ensino ativo, visual e contextualizado. Já os resultados parciais, obtidos por meio da revisão bibliográfica, evidenciam que a inclusão da IA e RE na educação é uma diretriz já prevista em documentos oficiais como a PBIA e BNCC da Computação, reforçando a necessidade de práticas pedagógicas que integrem IA e RE de forma acessível.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo visa estabelecer uma base sólida de conhecimento para a execução deste estudo, explorando fundamentos, conceitos centrais relacionados à IA e RE e sua aplicação no Ensino Médio. Essa análise se baseia em uma revisão abrangente da literatura. Por meio desses estudos relacionados, é possível identificar os pontos-chaves dessas tecnologias, bem como as ferramentas que promovem efetivamente o processo de ensino e aprendizagem nessa área específica.

2.1 Contexto Histórico da Inteligência Artificial

A origem da IA está associada ao surgimento dos primeiros computadores, em meados do século XX. As pesquisas iniciais datam da década de 1950 e foram fundamentadas nos estudos de Alan Turing, nascido em Londres em 23 de junho de 1912. Turing foi matemático, cientista da computação, filósofo e biólogo, tendo exercido papel decisivo na consolidação da ciência da computação teórica. Sua contribuição é reconhecida como essencial para os fundamentos conceituais que deram origem à IA (BARBOSA; PORTES, 2023).

Em 1956, durante a Conferência de *Dartmouth*, o termo “inteligência artificial” foi utilizado oficialmente, e os primeiros programas experimentais começaram a surgir (SANTOS, et al. 2024). Apesar do entusiasmo inicial, os sistemas da época eram limitados e não cumpriam todas as promessas, o que levou a períodos de crise conhecidos como invernos da IA (PEREIRA; DE SOUZA, 2024). Nesse contexto, a partir do século XXI, a IA passou por uma reconfiguração técnica e científica, o aumento do poder computacional e o refinamento dos algoritmos de aprendizado permitiram uma nova fase de expansão.

A partir da Conferência de *Dartmouth*, nas décadas de 1950 e 1960, emergiram marcos significativos para o desenvolvimento da inteligência artificial. Destacam-se o *Logic Theorist* e o *General Problem Solver*, ambos desenvolvidos por Newell e Simon, voltados à resolução de problemas lógicos e simbólicos. Em 1959, John McCarthy criou a linguagem LISP, que significa “*LISt Processing*” (Processamento de Listas, em português), projetada para o processamento de listas e amplamente aplicada em sistemas de IA. Em 1966, Joseph Weizenbaum desenvolveu o Eliza, sistema de simulação de diálogo com fins terapêuticos. No mesmo período, o robô *Shakey* foi

concebido no *Stanford Research Institute*, sendo pioneiro ao integrar raciocínio simbólico com mobilidade autônoma. Esses projetos consolidaram as bases computacionais e teóricas da área (BARROS; 2024).

A IA contemporânea é caracterizada pelo domínio do aprendizado profundo e por modelos de grande escala, que demonstram capacidades generalistas notáveis (RODRIGUES; RODRIGUES, 2023). Os desafios atuais não são mais primariamente sobre a capacidade de resolver tarefas específicas, mas sim sobre questões de interpretabilidade compreender como os modelos tomam decisões (POTTER, STILINSKI, ADABLANU, 2024). Neste sentido, um sistema de IA não deve somente eficaz, mais também compreensível, previsível e seguro, necessária para sua implementação responsável da IA.

2.2 Alan Turing: Contribuições fundamentais para a IA

Em 1936, Turing publicou o artigo *On Computable Numbers, with an Application to the Entscheidungsproblem*, no qual introduziu o conceito de “máquina de Turing”. Sendo um modelo abstrato de computação que descreve uma máquina capaz de realizar qualquer cálculo lógico ou algorítmico desde que possa ser descrito por um conjunto finito de regras (SOARES, 2024). Neste sentido, a máquina de Turing permanece até hoje como um referencial central para definir o que é computável, sendo um pilar da teoria da Computação. A seguir, a Figura 1 ilustra a representação de uma máquina de Turing.

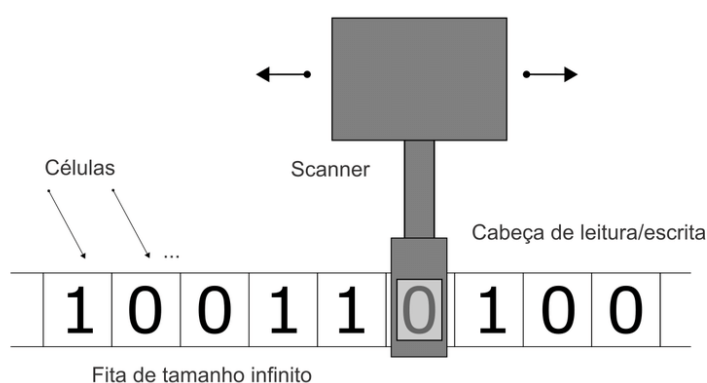


Figura 1 - Representação de uma máquina de Turing. Fonte: Camargo (2018).

Ao analisar a Figura 1 representa uma máquina composta por dois componentes principais, uma fita de comprimento infinito, segmentada em células, e um dispositivo de leitura e escrita que se desloca ao longo da fita. Inicialmente, apenas

uma cadeia de entrada finita está registrada na fita, sendo as demais posições vazias. Caso necessite armazenar informações, a máquina o faz escrevendo na própria fita. Para recuperar esses dados, o dispositivo percorre a fita conforme necessário o processo de computação prossegue até que a máquina atinja um estado de aceitação ou rejeição, os quais determinam, respectivamente, a aceitação ou rejeição da entrada. Na ausência desses estados, a máquina continua operando indefinidamente, sem interromper sua execução.

Já na década de 50, Turing publicou o artigo *Computing Machinery and Intelligence*, no qual propôs a questão “As máquinas podem pensar?”. Para investigá-la, criou o chamado Teste de Turing, um experimento mental que avalia a capacidade de uma máquina de simular o comportamento inteligente de um ser humano (GOMES, 2023). Neste contexto, teste não define o que é inteligência, mas oferece um critério operacional baseado na imitação. A Figura 2, apresenta a representação didática do Teste de Turing.

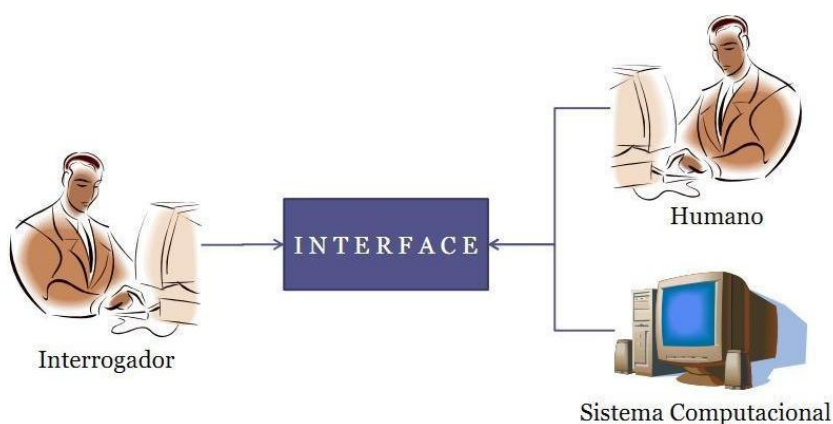


Figura 2 - Representação didática do Teste de Turing. Fonte: BAFFA, 2025.

A figura 2, ilustra o Teste de Turing, no qual um interrogador se comunica, por meio de uma interface, com dois participantes ocultos um ser humano e um sistema computacional. A interface garante que a interação ocorra apenas por texto, impedindo que o interrogador identifique visual ou fisicamente seus interlocutores. O objetivo do teste é determinar se o sistema computacional é capaz de produzir respostas suficientemente humanas a ponto de confundir o interrogador quanto à identidade de seus interlocutores, avaliando, assim, a capacidade da máquina em simular inteligência humana.

Neste sentido, há três contribuições centrais do pensamento de Alan Turing, i) ele defende que computadores podem ser concebidos como entidades materiais

capazes de pensar de forma genuína, ii) argumenta que o desenvolvimento de tais máquinas deve se basear no modelo de aprendizagem observado em crianças, iii) observa-se que os debates realizados após sua morte foram essenciais para a formulação de questões teóricas que estruturaram o campo da IA. Esses três eixos demonstram a profundidade e a atualidade de sua abordagem (ESPARZA, 2021).

2.3 A relação entre IA e Robótica

A Indústria 4.0, também conhecida como Quarta Revolução Industrial, representa um novo paradigma produtivo caracterizado pela integração de tecnologias avançadas, como Internet das Coisas, *Big Data*, impressão 3D, nanotecnologia, IA e robótica (AMARAL; GASPAROTTO, 2021). Neste contexto, destaca-se especialmente o papel da robótica, que, integrada à IA, permite a automação inteligente de processos industriais; essa automação não se limita à repetição mecânica de tarefas, mas envolve a capacidade de adaptação, aprendizado e colaboração com humanos por meio dos chamados robôs colaborativos. Neste sentido, a Figura 3 apresenta a linha do tempo da Revolução Industrial.



Figura 3 - Representação da linha do tempo da Revolução Industrial. Fonte: SOUSA (2022).

A Figura 3 apresenta uma linha do tempo das quatro revoluções industriais, destacando suas principais características e marcos históricos. A Indústria 1.0, datada de 1784, é marcada pela mecanização e uso da força a vapor, com destaque para o tear mecânico. A Indústria 2.0, iniciada em 1870, introduz a produção em escala com a linha de montagem, além da aplicação da eletricidade e do motor a combustão. A terceira revolução, a Indústria 3.0, que se inicia em 1969, é caracterizada pela automação dos processos produtivos, uso de robótica, computadores e eletrônicos,

bem como pela incorporação da internet. Por fim, a Indústria 4.0, identificada como o estágio atual, integra sistemas cibernéticos, internet das coisas, redes integradas e IA promovendo uma conectividade ampla entre dispositivos e processos produtivos (SOUSA, 2022).

Neste contexto, a integração entre IA e robótica tem se intensificado, possibilitando a criação de sistemas robóticos capazes de perceber e interpretar o ambiente, interagir com seres humanos de modo funcional e realizar tarefas com flexibilidade e autonomia (DOS SANTOS, 2023). Neste cenário, a robótica fornece os mecanismos físicos capazes de executar tarefas com precisão, enquanto a IA oferece os sistemas de tomada de decisão, reconhecimento de padrões, aprendizado e adaptação em tempo real.

A integração da IA e RE representa um avanço significativo na forma como os estudantes podem interagir com a tecnologia, compreender algoritmos e resolver problemas de forma prática e interdisciplinar. Essa associação amplia a aprendizagem por meio de robôs que incorporam elementos de percepção, raciocínio e tomada de decisão. Embora reconheçam o potencial transformador dessa junção, os professores apontam a necessidade de formação continuada, recursos didáticos acessíveis e políticas públicas claras para apoiar essa transição curricular (SILVA; GONÇALVES, 2024).

Neste contexto, junção entre IA e robótica educacional, amplia as possibilidades pedagógicas, oferecendo aos estudantes uma vivência concreta de como tecnologias emergentes podem ser aplicadas para resolver problemas reais (FAUSTO; BRAZ; LETA, 2024). Neste cenário, quando os alunos têm a oportunidade de aplicar essas tecnologias em situações reais, como no desenvolvimento de soluções baseados em desafios, o aprendizado se torna mais significativo.

2.4 Plano Brasileiro de Inteligência Artificial 2024-2028

O Plano Brasileiro de Inteligência Artificial (PBIA) tem como objetivo desenvolver competências e formar especialistas em nível nacional para promover a inovação em IA. Suas diretrizes estão voltadas para a implementação de soluções tecnológicas sustentáveis e inclusivas, com foco na resolução de desafios estratégicos para o desenvolvimento socioeconômico do Brasil (BRASIL, 2024).

O PBIA visa consolidar o Brasil como uma referência em IA garantindo desenvolvimento tecnológico responsável, equitativo e alinhado com os interesses nacionais com os principais objetivos: i) Soberania e desenvolvimento tecnológico; ii) Protagonismo global; iii) Inclusão e sustentabilidade, iv) Capacitação e formação; v) Infraestrutura tecnológica (CHAVES, 2024).

Assim como o PBIA busca capacitar profissionais para impulsionar a inovação tecnológica, a educação desempenha um papel central na preparação de indivíduos para os desafios impostos pela transformação digital. A implementação de soluções tecnológicas sustentáveis e inclusivas na IA reflete a necessidade de um ensino que integre novas ferramentas pedagógicas, favorecendo a personalização do aprendizado, a ampliação do acesso ao conhecimento e a redução das desigualdades educacionais (FERREIRA et al., 2024).

No campo da educação, o PBIA destaca a importância do uso da IA como ferramenta de apoio à personalização do ensino, ao acompanhamento do desempenho escolar e à redução das desigualdades de acesso ao conhecimento (ROCHA, 2025). Nesse cenário, a BNCC da Computação se destaca ao incluir a IA e RE como componente obrigatório no Ensino Médio, priorizando o desenvolvimento do PC.

2.5 BNCC de Computação e o ensino de IA e RE

A BNCC da Computação apresenta diretrizes que preparam os alunos para um mundo cada vez mais impactado pela IA e pela RE (VICARI et al., 2023; RODRIGUES et al., 2023). Nesse contexto, A BNCC da Computação aborda algumas habilidades que integram a IA com a RE, sendo: EM13CO10, EM13CO11, EM13CO12, EM13CO13, EM13CO14, EM13CO15 e EM13CO16 (BRASIL, 2022). Promovendo o desenvolvimento do PC, análise de dados, interação entre humanos e simuladores robóticos. A seguir, detalham-se cada uma das habilidades.

i) Fundamentos de IA (EM13CO10): A BNCC incentiva a compreensão dos conceitos básicos da IA incluindo a diferença entre a inteligência humana e artificial. No ensino de IA Educacional, isso é aplicado na exploração de algoritmos de aprendizado de máquina e na reflexão sobre a ética no uso dessa tecnologia. Em RE,

os alunos podem comparar o funcionamento de sensores e atuadores com os sentidos humanos.

ii) Modelagem computacional e simulações (EM13CO11): O uso de modelos computacionais para simular e prever eventos. No ensino de IA, isso pode incluir redes neurais simples, previsões meteorológicas baseadas em dados ou modelos que simulam os robôs. Na RE, os alunos podem programar robôs para simular cenários reais, como o deslocamento autônomo em uma cidade inteligente.

iii) Tomada de decisões (EM13CO12): Produzir, analisar, gerir e compartilhar informações a partir de dados, utilizando princípios de ciência de dados. Na IA, os alunos podem aprender sobre coleta e análise de dados para treinar modelos preditivos. Em RE, sensores coletam dados (como temperatura ou luminosidade), e os robôs podem tomar decisões baseadas nesses dados.

iv) Estruturação e consulta de dados (EM13CO13): Foca na forma como os dados são estruturados e consultados digitalmente, algo essencial para entender como funcionam bancos de dados e sistemas de busca. No ensino de IA, os alunos aprendem a lidar com bancos de dados para treinar sistemas inteligentes. Em RE, podem trabalhar com sistemas de armazenamento de dados para permitir que robôs acessem e utilizem informações.

v) Avaliação da confiabilidade das informações (EM13CO14): Enfatiza a necessidade de pensamento crítico para analisar informações digitais. Desenvolver conhecimento por meio de técnicas e tecnologias computacionais, gerando informações de maneira inovadora, em conformidade com as normas legais, e que promovam experiências significativas para si e para os demais.

vi) Experiência do usuário e interfaces digitais (EM13CO15): Incentiva a análise da interação entre humanos e tecnologia. No ensino de IA, isso pode incluir o estudo de *chatbots* e assistentes virtuais para melhorar a comunicação humano-máquina. Em RE, os alunos podem projetar interfaces para controlar robôs de maneira intuitiva e eficiente.

vii) Desenvolvimento de projetos em Robótica e IA (EM13CO16): criação de projetos práticos utilizando robótica. Na IA, os alunos podem desenvolver modelos de aprendizado de máquina para prever padrões ou classificar imagens. Em RE, podem

programar robôs para executar tarefas autônomas, como seguir trajetos ou interagir com sensores.

Dessa forma, observa-se que as habilidades propostas pela BNCC da Computação articulam-se de maneira integrada aos contextos de IA e RE, promovendo o desenvolvimento de competências fundamentais para a formação de estudantes críticos, criativos e aptos a interagir com tecnologias emergentes (BESERRA, 2024). Portanto, ao integrar o ensino de IA ao Ensino Médio, promove-se uma educação voltada para o protagonismo estudantil.

2.6 O ensino de fundamentos de IA no Ensino Médio

A IA constitui um campo de estudo voltado ao desenvolvimento de sistemas capazes de reproduzir aspectos da cognição humana. No contexto educacional, sua aplicação contribui para a personalização do ensino, a identificação de padrões de aprendizagem e a criação de ambientes educacionais dinâmicos e adaptativos. (CAVALCANTE, et al. 2023). Dessa forma, a implementação dessa tecnologia torna a aprendizagem mais eficaz e centrada no estudante, podendo contribuir para práticas pedagógicas mais eficazes.

A Sociedade Brasileira de Computação (SBC) tem se dedicado à promoção do ensino de Computação na educação básica por meio de fóruns especializados e da elaboração de propostas curriculares. Essas iniciativas estão alinhadas à BNCC e são constantemente debatidas e aprimoradas, com o objetivo de uma implementação efetiva e contextualizada (DURÃES et al, 2021).

Nesse contexto, o ensino de IA na educação deve ir além da simples exposição a ferramentas tecnológicas. É necessário promover uma compreensão conceitual sobre algoritmos, dados, aprendizado de máquina e tomada de decisão (SANTOS, 2024). Portanto as propostas pedagógicas devem incluir atividades práticas e reflexivas que estimulem o PC e a resolução de problemas, os estudantes não apenas utilizam tecnologias baseadas em IA, mas também compreendem seus fundamentos e implicações.

Dessa forma, a implementação desse conteúdo no Ensino Médio requer investimento em formação docente, revisão curricular e desenvolvimento de materiais didáticos adequados (MAIA, BALBINO, 2024). A interdisciplinaridade pode ser uma

estratégia valiosa, permitindo que os fundamentos de IA sejam abordados em conjunto com outras tecnologias com RE, podendo abordar temas mais avançadas como Redes Neurais (*Neural Networks*), que podem ser introduzidos ampliando a compreensão sobre IA e suas áreas de estudo.

2.7 Redes Neurais Biológicas

Os neurônios, também denominados células nervosas, constituem os principais elementos do sistema nervoso. São responsáveis pela captação de estímulos sensoriais, pela conversão desses sinais em impulsos químicos e pela geração e condução de impulsos elétricos ao longo das vias neurais. Essas funções tornam os neurônios essenciais para a integração e a resposta do organismo aos estímulos do ambiente (GAZARINI, 2024). Neste sentido, a Figura 4 apresenta um neurônio.

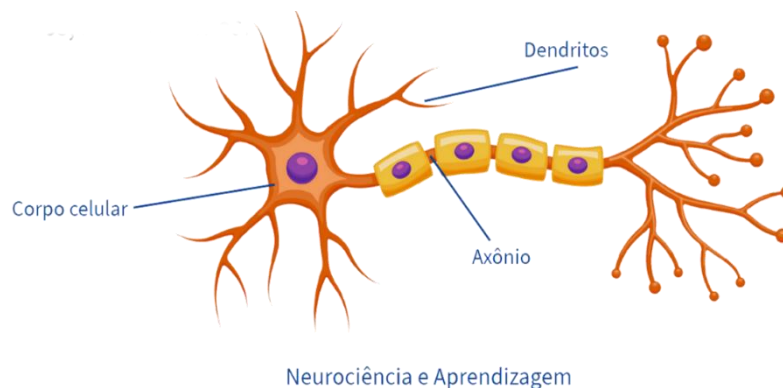


Figura 4 - Exemplo de um neurônio. Fonte: MOREIRA (2013).

A Figura 4 ilustra um neurônio com suas principais estruturas os dendritos, responsáveis por receber estímulos de outras células, o corpo celular que contém o núcleo e integra as informações recebidas; e o axônio que conduz o impulso elétrico até outras células. O axônio está revestido por segmentos de bainha de mielina, que isolam e aceleram a transmissão dos sinais elétricos. Em analogia, cada neurônio pode ser visto como um segmento de fio elétrico. Conectados entre si, esses segmentos formam uma rede complexa chamada rede neural.

Neste contexto, a ativação de um neurônio é feita por um estímulo específico como luz, pressão ou som, de acordo com sua função provoca a abertura de canais iônicos na membrana plasmática. Esse processo permite a entrada de íons presentes em maior concentração no meio extracelular e a saída de íons concentrados no interior da célula. A movimentação iônica gera uma diferença de potencial que resulta na

condução de uma corrente elétrica, propagando-se ao longo do neurônio por meio da ativação sequencial de canais iônicos (BEAR; CONNORS; PARADISO, 2017).

Neste sentido, as Redes Neurais Artificiais foram inspiradas na estrutura e funcionamento das redes neurais biológicas, buscando reproduzir, de forma simplificada, a capacidade do cérebro de processar informações e aprender com experiências. Enquanto as redes biológicas são compostas por neurônios reais interligados por sinapses, as redes artificiais nos utilizam e conexões matemáticas para simular esses processos (YOSHI, 2023).

2.8 Redes Neurais Artificiais

Segundo Leimbach (2024, p. 4), “*Arten Künstlicher Neuronaler Netze, das Perzeptron (do inglês perception, ‚Wahrnehmung‘) ist ein vereinfachtes künstliches neuronales Netz, das zuerst von Frank Rosenblatt 1957 vorgestellt wurde [...]*”. Traduzido para português, o autor ressalta que há tipos de Redes Neurais Artificiais (RNAs), o *perceptron* é um exemplo dos primeiros modelos de rede neural artificial (RNA), criado por Frank Rosenblatt em 1957. A seguir a Figura 5 apresenta a visão geral do *perceptron*.

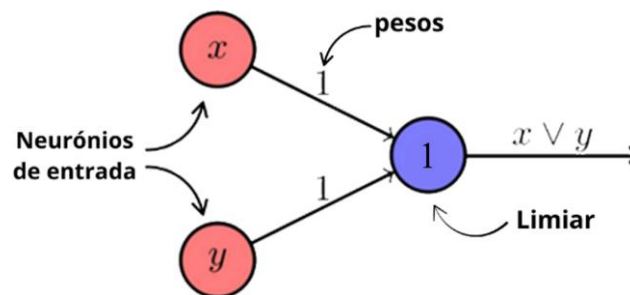


Figura 5 - Exemplo do perceptron simples. Fonte: adaptado parcialmente de Leimbach(2024).

Nesse formato, chamado *perceptron* simples, a Figura 5 apresenta um modelo simplificado de um neurônio artificial utilizado para implementar a operação lógica de disjunção, também conhecida como função “OU” (representada por $x \vee y$). Este modelo pertence ao conjunto de redes neurais *booleanas*, em que as entradas, pesos e saídas são valores binários.

Assim, promovendo uma reflexão sobre o exemplo do *perceptron* simples de acordo com Leimbach (2024), nota-se no diagrama duas entradas, x e y , representadas por círculos vermelhos. Cada uma dessas entradas é conectada a um único neurônio, indicado pelo círculo azul, através de conexões com peso igual a 1.

Esses pesos determinam a influência de cada entrada na ativação do neurônio. A soma ponderada das entradas é então comparada a um limiar, que neste caso é igual a 1, valor indicado no interior do neurônio azul.

O neurônio executa uma função de ativação binária, se a soma das entradas ponderadas for maior ou igual ao limiar, a saída é 1; caso contrário, a saída é 0. Assim, o comportamento resultante corresponde à operação lógica de disjunção, em que a saída será 1 se pelo menos uma das entradas for igual a 1. A única situação em que a saída será 0 ocorre quando ambas as entradas são 0.

Esse modelo exemplifica como funções lógicas básicas podem ser representadas por redes neurais artificiais simples, servindo como base conceitual para arquiteturas mais complexas em sistemas computacionais de inteligência. Com o tempo, o conceito foi expandido para RNAs de múltiplas camadas, conhecidas como redes neurais profundas ou *deep neural networks*, representam uma evolução dos modelos iniciais.

As RNAs são modelos computacionais desenvolvidos com base na ideia de simular o cérebro humano em termos de funcionalidade e potencialidade. Esses modelos buscam emular tanto o comportamento quanto a estrutura cerebral, estabelecendo uma analogia com a fisiologia humana (CRUZ, 2023). Dessa forma, as RNAs tornam-se ferramentas valiosas na construção de sistemas inteligentes, capazes de operar em ambientes complexos e dinâmicos.

Nesse contexto, as RNAs são empregadas na modelagem de sistemas autônomos, no controle de movimentos, na navegação inteligente e na tomada de decisões em tempo real, aspectos fundamentais para o desempenho eficiente de robôs. Possuindo ampla aplicabilidade, podendo ser empregadas na análise de dados, no processamento de sinais, no controle de processos, em sistemas de automação, na robótica, na detecção de aromas e cores, bem como na classificação de informações em diferentes contextos (GUALDA, 2024).

Diante do potencial das RNAs em simular mecanismos cognitivos e operar em contextos complexos, emerge a necessidade de compreender não apenas seus resultados, mas também os processos internos que conduzem às decisões geradas por esses modelos. Nesse cenário, ganha relevância o conceito de Redes Neurais Explicáveis (XNNs – *Explainable Neural Networks*), cujo objetivo é oferecer

transparência aos mecanismos de inferência, promovendo a interpretabilidade dos modelos e garantindo maior confiança, rastreabilidade e aderência a contextos críticos que exigem justificativas claras para as ações realizadas (POTTER, STILINSKI, ADABLANU, 2024).

2.8.1 Redes Neurais Explicáveis

Nesse cenário, Redes XNNs constituem uma abordagem que busca superar a limitação interpretativa das redes neurais tradicionais, frequentemente criticadas por seu caráter de “caixa-preta”. Neste contexto, diferentemente de arquiteturas convencionais, as XNNs incorporam mecanismos estruturais e funcionais que permitem a rastreabilidade e a compreensão dos critérios utilizados pelo modelo na geração de suas previsões (POTTER, STILINSKI, ADABLANU, 2024).

Nesse sentido, alguns princípios orientam o uso das XNNs, são: i) transparência, que assegura que o processo de decisão seja visível e compreensível para operadores humanos; ii) interpretabilidade, que busca converter a lógica complexa de decisão em um formato acessível à compreensão humana; e iii) responsabilidade, que visa garantir que as decisões possam ser justificadas e defendidas pelos operadores responsáveis (POTTER, STILINSKI, ADABLANU, 2024).

Desta forma, a introdução das XNNs como ferramenta de ensino visa proporcionar aos estudantes uma compreensão estruturada dos fundamentos da inteligência artificial, com ênfase nos conceitos básicos dos modelos. Assim, explorar como essa tecnologia opera, proporciona o desenvolvimento de competências analíticas sobre os critérios utilizados nos processos de decisão a o que contribui para uma aprendizagem crítica e alinhada com os princípios da XNNs (LEIMBACH, 2024).

A aplicação prática das XNNs no treinamento e controle de robôs permite que os estudantes compreendam, de forma concreta, o impacto das decisões de modelos explicáveis em sistemas físicos. Essa abordagem favorece a contextualização do aprendizado e estimula o engajamento. Alinhada aos princípios construcionistas, essa proposta dialoga com os objetivos da Computação na Educação definidos pela BNCC, ao promover competências críticas, criativas e colaborativas (ELIAS et al., 2024). Diante disso, torna-se necessário ampliar o acesso a essas tecnologias, sendo a

escola um espaço propício para sua exploração, garantindo a inclusão digital e respeitando a autonomia dos aprendizes.

2.9 O Construcionismo a relação entre tecnologia e aprendizado

O Construcionismo, proposto por Seymour Papert, estabelece uma relação profunda entre tecnologia e aprendizado ao enfatizar a importância da construção ativa do conhecimento pelo próprio aluno. Diferentemente de abordagens tradicionais que colocam o estudante como receptor passivo de informações, o Construcionismo valoriza a experiência prática, a experimentação e a criação de artefatos significativos como meios de promover a aprendizagem (RIBEIRO NETO, 2024).

Nesse contexto, a tecnologia é compreendida não apenas como uma ferramenta, mas como um meio que potencializa a expressão criativa e o raciocínio lógico. O uso de dispositivos computacionais, linguagens de programação e ambientes digitais interativos viabiliza a materialização de ideias e favorece o desenvolvimento do PC (SELINGARDI, 2024). Tais elementos ampliam as possibilidades de ensino ao permitir que os alunos explorem conceitos complexos de maneira concreta, o que reforça a compreensão e estimula a autonomia intelectual.

Nessa perspectiva o professor assume o papel de transmissor de informações, ele torna-se mediador de situações que suscitem questionamentos e desafios relevantes. Ao apoiar a construção de protótipos pelos alunos, o docente encoraja a colaboração, pois grupos de aprendizagem colaboram para superar obstáculos de lógica e sintaxe. Assim, fomenta-se um ambiente em que o erro não mais estigmatiza, mas sinaliza oportunidade de aprofundamento (FIGUEIREDO, 2022).

Nesse contexto, o Construcionismo valoriza práticas educativas que integrem atividades colaborativas, experimentação prática e resolução de problemas reais. A aprendizagem torna-se, portanto, uma experiência ativa, “mão na massa” e orientada por projetos, o que amplia o engajamento dos alunos e promove a construção de sentidos próprios (MAJDENBAUM, 2024). Um exemplo relevante dessa abordagem é a utilização de simuladores robóticos, que possibilitam a aplicação de conceitos de forma dinâmica e contextualizada. Por meio deles, os estudantes podem programar, testar e ajustar o comportamento de robôs virtuais, vivenciando um processo de aprendizagem que articula teoria e prática de maneira integrada e significativa.

2.10 Simuladores robóticos

Os simuladores robóticos, constituem um recurso tecnológico de grande relevância no cenário educacional contemporâneo. Esses ambientes virtuais permitem que estudantes projetem, programem e testem robôs sem a necessidade de utilizar equipamentos físicos (CLEMENTE, 2022). Neste sentido, *plataformas* como o *CoderZ*³ permite que os discentes vivenciem experiências práticas semelhantes às proporcionadas por robôs reais. Dessa forma, amplia-se o acesso ao ensino de robótica, reduzindo custos e superando limitações estruturais. A seguir, na Figura 5 é apresentada a interface do simulador *CoderZ*.

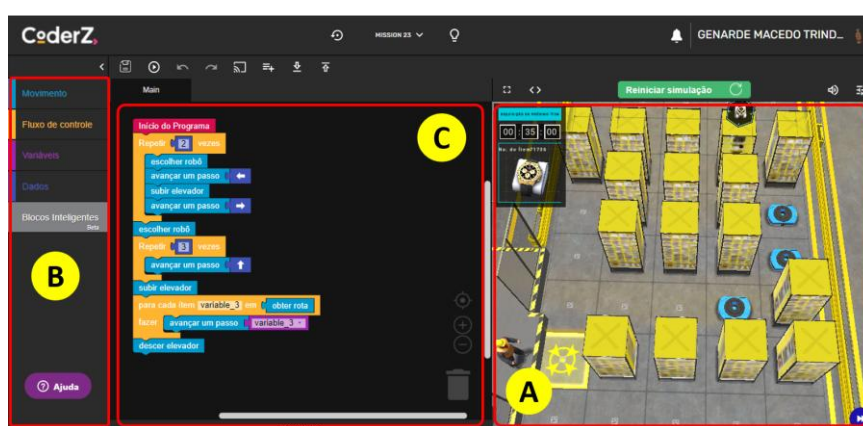


Figura 6 – Interface do simulador CoderZ. Fonte: Trindade, de Souza e dos Santos (2022).

A Figura 6 (A) ilustra a área de simulação em três dimensões disponibilizada pela plataforma, a qual permite a observação detalhada dos componentes envolvidos no desafio proposto. A ferramenta também disponibiliza uma visualização em duas dimensões, que pode ser selecionada pelo usuário conforme sua conveniência. Na Figura 2 (B), observa-se a seção do menu onde os blocos de programação estão organizados em categorias distintas, facilitando sua identificação e uso. Por fim, a Figura 2 (C) evidencia o espaço destinado ao desenvolvimento da lógica de programação, permitindo ao usuário estruturar as soluções de forma visual e interativa.

Destaca-se a vantagem da acessibilidade dos simuladores, que podem ser utilizados simultaneamente por todos os alunos em computadores escolares já existentes, eliminando a necessidade de aquisição de diversos *kits* robóticos e tornando o processo mais econômico para as instituições de ensino. Neste sentido, o

³ CoderZ: <https://gocoderz.com/>

uso de ambientes gráficos e interativos torna o ensino mais atrativo, especialmente para crianças e adolescentes habituados a linguagens visuais semelhantes às de jogos digitais, ao mesmo tempo que favorece o desenvolvimento de habilidades cognitivas e técnicas, como a resolução de problemas, o raciocínio lógico e a capacidade de programar, estimuladas por meio de desafios práticos e progressivos em cenários virtuais que promovem o aprendizado ativo e a interdisciplinaridade (CLEMENTE, 2022).

Dessa maneira, a RE, apoiada por simuladores robóticos, torna-se uma ferramenta fundamental na formação de sujeitos preparados para os desafios acadêmicos e profissionais contemporâneos. Sua adoção contribui não apenas para o desenvolvimento de competências técnicas, mas também para a promoção da criatividade, do pensamento crítico e do trabalho em equipe (MAJDENBAUM, 2024).

2.10.1 Iniciativa Educacional Roberta – Aprendendo com Robôs

A seguir são apresentadas informações, de acordo com *site da Roberta Initiative*⁴. A “Iniciativa Educacional Roberta – Aprendendo com Robôs”, também conhecida como *Roberta Initiative*, em português Iniciativa Roberta, estabelecida em 2002 pelo Instituto Fraunhofer para Sistemas Inteligentes de Análise e Informação (Fraunhofer IAIS) na Alemanha. Seu objetivo principal é fomentar o interesse de crianças e adolescentes, especialmente meninas, nas áreas de Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática (STEM), por meio do ensino de robótica e programação (FRAUNHOFER IAIS, 2025). A seguir, na Figura 6, são apresentadas as localidades onde possuem atividades da Iniciativa Roberta.



Figura 7 – Localidades com atividades da Iniciativa Roberta. Fonte: elaborada pelo autor.

Na Figura 7 há três tipos de atividades, sendo: i) ícone azul (👤) relacionado aos treinadores, que são professores que fazem parte da iniciativa; ii) ícone amarelo (🏠) relacionado aos centros de codificação; e iii) ícone laranja (🏠) relacionado aos centros regionais Roberta.

⁴ *Roberta Initiative*: <https://roberta-home.de/en/initiative>

são centros de codificação, como por exemplo bibliotecas e escolas, que compõem a Iniciativa Roberta; iii) ícone laranja (🍊) são os centros regionais, caracterizados por universidades que também fazem parte da iniciativa. Esses dados são atualizados de acordo com que novos treinadores, escolas ou universidades aderem a iniciativa e podem ser acompanhados por meios do *link* <<https://roberta-home.de/en/>>. Vale ressaltar que na imagem as iniciativas estão presentes em países da Europa, como França, Alemanha, Bélgica, Países Baixos, Luxemburgo, Suíça, Liechtenstein, Áustria, República Tcheca, Eslováquia, Eslovênia, Croácia, Itália, Mônaco, Hungria e Polônia.

A Iniciativa Roberta utiliza uma abordagem prática e lúdica, na qual os participantes constroem e programam robôs e microcontroladores, promovendo o desenvolvimento de habilidades em lógica computacional, engenharia e ciências naturais. Para isso, são oferecidos cursos adaptados para professores de diferente formação, que podem se tornar “*Roberta Teachers*”. Esses cursos são pagos e conduzidos por educadores certificados conhecidos como “*Roberta Coach*” (FRAUNHOFER IAIS, 2025).

A Iniciativa Roberta, de caráter educacional e sem fins lucrativos, é financiada por instituições públicas, empresas privadas e pelo próprio Fraunhofer IAIS. Seu objetivo central é o aprimoramento técnico e a disseminação do conceito Roberta, com ênfase na oferta de cursos de formação e no desenvolvimento da plataforma *Open Roberta Lab*. Entre os financiadores estão órgãos governamentais alemães, a União Europeia e empresas como *Google*, *Oracle Academy* e *LEGO Education*. Cada parceiro define se deseja divulgar publicamente o valor do apoio prestado, sendo possível o financiamento de ações pontuais ou parcerias de longo prazo. Importante destacar que nenhum financiador interfere no conteúdo pedagógico ou técnico da iniciativa, que permanece sob responsabilidade exclusiva da equipe Roberta no Fraunhofer IAIS.

O conceito Roberta é estruturado em seis componentes fundamentais que visam oferecer suporte contínuo a professores interessados em ministrar cursos da iniciativa. Além do treinamento básico para que educadores se tornem “Professores Roberta”, o programa disponibiliza materiais didáticos adequados à abordagem de gênero, recursos para download, e acesso à plataforma técnica *Open Roberta Lab*. Também integra cursos voltados a crianças e jovens, promovendo o aprendizado

prático de programação e robótica. A iniciativa inclui ainda a Rede Roberta, que incentiva a troca de experiências entre docentes, e promove ações de formação continuada. Por fim, a participação em uma comunidade de código aberto fortalece a colaboração e o desenvolvimento coletivo de soluções educacionais.

2.10.2 Simulador *Open Roberta Lab*

Em 2014, o Fraunhofer IAIS, com o apoio da empresa *Google*, adicionou o simulador robótico *Open Roberta Lab* à iniciativa Roberta, um desenvolvimento tecnológico projetado para facilitar o aprendizado e o ensino de programação para pessoas no mundo todo (HERNÁNDEZ RUIZ; GÓMEZ FERNÁNDEZ; FALLAS CARVAJAL, 2023). Na plataforma de programação *Open Roberta Lab*, os usuários podem programar diferentes hardwares, especialmente na área de Robótica Educacional.

Utilizando a linguagem de programação baseada em blocos gráficos *NEPO*[®], uma linguagem de programação por blocos criada pela 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, 2023). A seguir, na Figura 7, apresenta um modelo de código e a simulação do robô.

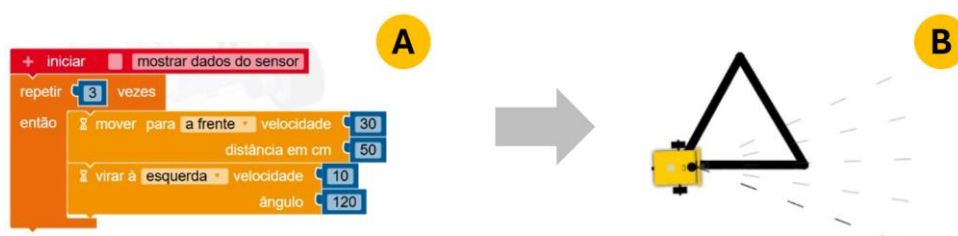


Figura 8 – Modelo de códigos em blocos NEPO e simulação do robô. Fonte: elaborada pelo autor.

A Figura 8 (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 na Figura 4 (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 dessa ferramenta 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 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*.

2.10.2.1 *Calliope mini*

Este microcontrolador é bastante utilizado em ambientes escolares na Europa. No *Open Roberta Lab*, é possível simular sua interface com sensores de temperatura, aceleração, botões e matriz de LEDs, permitindo a criação de projetos interativos. A seguir, na Figura 9, apresenta os diferentes sistemas do *Calliope mini* disponíveis no *Open Roberta Lab*.



Figura 9 – *Calliope mini*. Fonte: elaborada pelo autor.

Ao analisarmos a Figura 9, é possível analisar que existe três sistemas, sendo o *Calliope mini*, *Calliope mini 2016* e *Calliope mini v3*. A principal diferença entre as versões destes sistemas é a presença de um número maior de sensores nos sistemas *Calliope mini 2016* e *Calliope mini v3*. A seguir, a Figura 10 apresenta a interface do sistema *Calliope mini* no *Open Roberta Lab*.

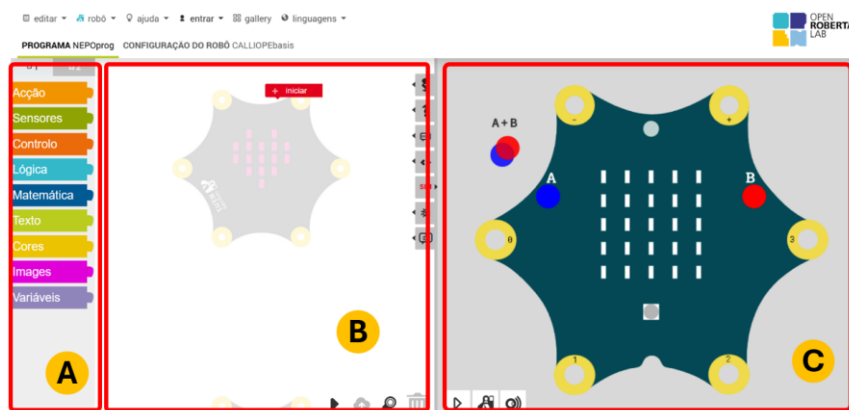


Figura 10 – Interface do sistema *Calliope mini*. Fonte: elaborada pelo autor.

A Figura 10 apresenta a interface de programação visual por blocos voltada ao uso educacional com a placa Calliope mini, dividida em três áreas principais: na área A, localizada à esquerda, encontram-se os blocos de programação categorizados por cores, como “Ação”, “Sensores”, “Controlo”, “Lógica”, “Matemática”, entre outros, os quais podem ser arrastados para a área B, ao centro, onde ocorre a construção dos programas por meio da organização sequencial dos blocos; à direita, na área C, está localizada a simulação gráfica da placa Calliope mini, destacando os botões A (azul), B (vermelho) e A+B, a matriz de LEDs central e os pinos numerados (0, 1, 2, 3, +, -), permitindo testar os programas diretamente na interface, sem a necessidade do hardware físico. No topo da tela, encontram-se opções de menu como “editar”, “robô”, “ajuda” e “linguagens”, enquanto na lateral direita estão disponíveis ícones relacionados à simulação, configurações e ajuda contextual.

2.10.2.2 Arduino

A seguir, a Figura 10 apresenta a interface do sistema *Arduino* no *Open Roberta Lab*. As placas Arduino da imagem apresentam diferenças quanto ao tamanho, capacidade e recursos. O *Arduino Mega* é ideal para projetos complexos, com 54 portas digitais, 16 analógicas e grande memória. O *Arduino Nano* é compacto e versátil, indicado para espaços reduzidos, com funcionalidades similares ao Uno. O *Arduino Uno*, mais popular, é excelente para iniciantes, oferecendo um bom equilíbrio entre simplicidade e recursos com 14 pinos digitais e 6 analógicos. Já o *Nano 33 BLE* é voltado para aplicações modernas, como IoT, pois conta com *Bluetooth Low Energy*, sensores integrados (como acelerômetro e giroscópio) e tamanho reduzido.



Figura 11 – Arduino. Fonte: elaborada pelo autor.

A Figura 11 A figura apresenta os modelos de placas compatíveis com a plataforma *Open Roberta Lab* para programação com a família Arduino. São exibidas quatro versões distintas, cada uma identificada por sua respectiva nomenclatura: *Nepo4Arduino Mega*, *Nepo4Arduino Nano*, *Nepo4Arduino Uno* e *Nepo4Nano33BLE*. A seguir, a Figura 11 apresenta a interface do sistema *Arduino* no *Open Roberta Lab*.

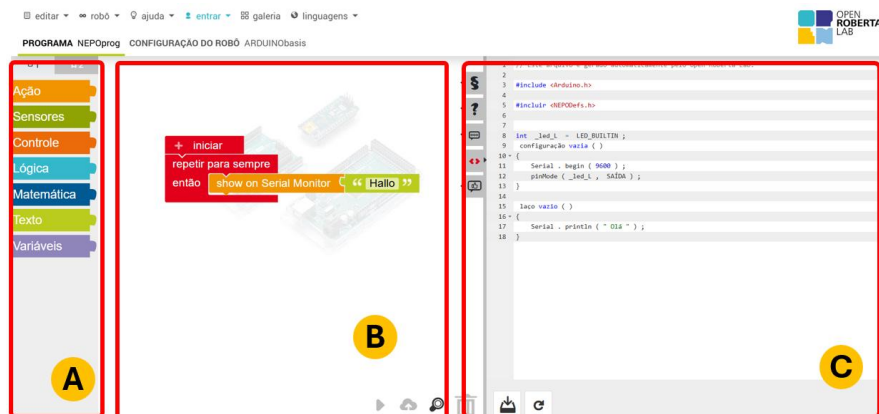


Figura 12 – Interface do sistema Arduino. Fonte: elaborada pelo autor.

A Figura 12 apresenta a interface da plataforma *Open Roberta Lab* configurada para a placa Arduino, dividida em três áreas principais. A Área A, à esquerda, contém os blocos de programação organizados por categorias e cores, como “Ação”, “Sensores”, “Controle”, “Lógica”, “Matemática”, “Texto” e “Variáveis”. Esses blocos podem ser arrastados para a Área B, ao centro, onde o usuário constrói visualmente o algoritmo utilizando comandos como “iniciar” e “repetir para sempre”. A Área C, à direita, exibe automaticamente a conversão do programa visual em código na linguagem C/C++, permitindo ao usuário compreender a relação entre a lógica por blocos e sua forma textual. A interface também apresenta menus superiores como “editar”, “robô” e “linguagens”, além de ícones laterais para simulação, configurações e exportação do código.

2.10.2.3 *Micro:bit*

A Figura 13 mostra a interface a *micro:bit* é uma placa controladora programável voltada ao ensino de computação física e lógica de programação. A interface permite a criação de algoritmos por meio de blocos visuais, facilitando o aprendizado por iniciantes.



Figura 13 - *Micro:Bit*. Fonte: elaborada pelo autor.

A Figura 13 apresenta três modelos de dispositivos compatíveis com a plataforma *Open Roberta Lab*. À esquerda, está a *micro:bit*, uma placa de desenvolvimento voltada à educação, com botões, matriz de LEDs e sensores básicos. No centro, encontra-se a *micro:bit Joy-Car*, um robô móvel que utiliza a *micro:bit* como controlador, ampliando as possibilidades de projetos de robótica educacional. À direita, aparece a *micro:bit V2*, versão mais recente da placa, com melhorias como microfone e alto-falante integrados. Esses dispositivos podem ser programados por meio de blocos, facilitando a aprendizagem em ambientes escolares. A seguir, a Figura 14 apresenta a interface do sistema *Micro:Bit* no *Open Roberta Lab*.

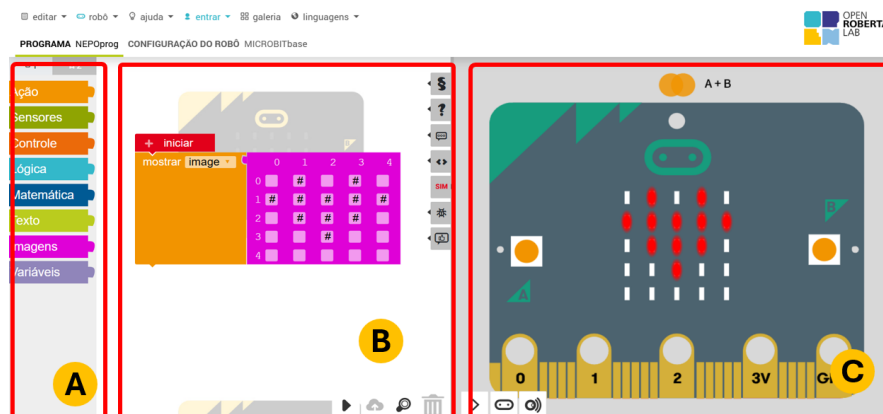


Figura 14 – Interface do sistema *Micro:bit*. Fonte: elaborada pelo autor.

A Figura 14 mostra a interface da plataforma *Open Roberta Lab* configurada para a placa *micro:bit*, organizada em três áreas principais. Na Área A, à esquerda, estão os blocos de programação categorizados, como “Ação”, “Sensores” e “Lógica”. Esses blocos são arrastados para a Área B, central, onde o programa é montado

visualmente. À direita, na Área C, há uma simulação do *micro:bit* com botões interativos, matriz de *LEDs* e pinos. A interface facilita o aprendizado de programação de forma prática e intuitiva.

2.10.2.4 *mBot*

O *mBot* é um robô educacional desenvolvido pela *Makeblock*, ideal para iniciantes em robótica e programação. Ele é fácil de montar e programar, utilizando plataformas como *mBlock*, baseada em blocos do Scratch, ou linguagens como Arduino C. na Figura 15, apresenta os diferentes sistemas do *mBot* disponíveis no *Open Roberta Lab*.

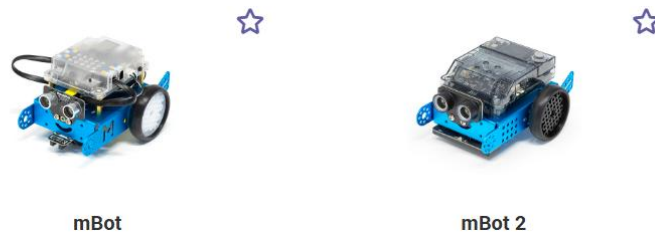


Figura 15 – *mBot*. Fonte: elaborada pelo autor.

A Figura 15 apresenta os robôs *mBot* e *mBot 2*, ambos compatíveis com a plataforma *Open Roberta Lab*. Esses robôs educacionais são utilizados para o ensino de programação e robótica, permitindo a criação de algoritmos por blocos visuais. O *mBot* possui uma estrutura mais simples, ideal para iniciantes, enquanto o *mBot 2*, conta com melhorias em sensores e conectividade. Ambos podem ser programados para executar tarefas como desviar de obstáculos, seguir linhas e emitir sons ou luzes. A seguir, a Figura 16 apresenta a interface do sistema *mBot* no *Open Roberta Lab*.

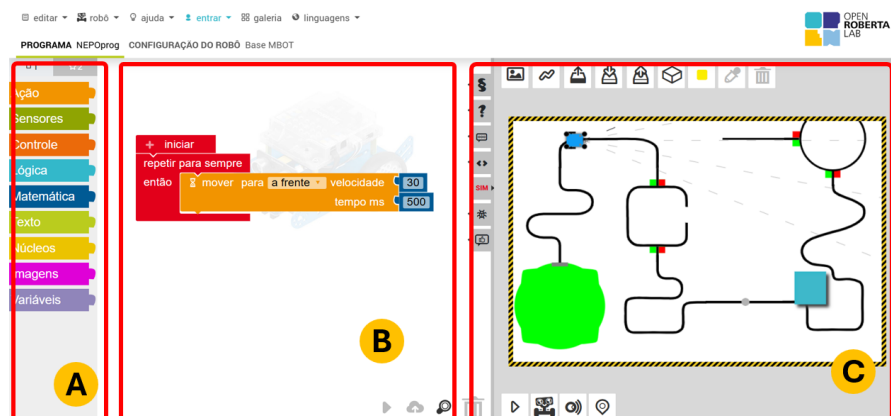


Figura 16 – Interface do sistema *mBot*. Fonte: elaborada pelo autor.

A Figura 16 mostra a interface do *Open Roberta Lab* configurada para o robô *mBot*, dividida em três áreas principais: na Área (A), à esquerda, estão os blocos de programação organizados por categorias como Ação, Sensores e Controle; na Área (B), ao centro, o usuário monta visualmente o programa, como o exemplo em que o robô se move para frente com velocidade e tempo definidos; e na Área (C), à direita, ocorre a simulação gráfica do percurso do robô. Essa organização facilita o aprendizado de programação por meio de uma abordagem prática, interativa e visual.

2.10.2.5 *Bionic Flower*

Bionic Flower, simula uma planta com pétalas que se abrem e fecham, ideal para ensinar movimentos mecânicos simples e controle por sensores, e o "*Kit Biônico*". Na Figura 17, apresenta os diferentes sistemas disponíveis no *Open Roberta Lab*.

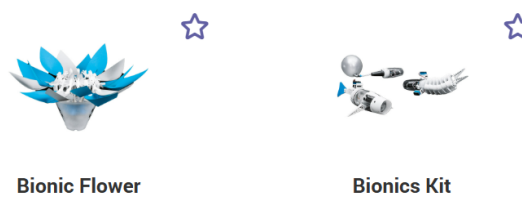


Figura 17 – *Bionic Flower*. Fonte: elaborada pelo autor.

A Figura 17 é possível escolher entre a "*Bionic Flower*", que simula uma planta com pétalas móveis, e o "*Bionics Kit*", ideal para montar estruturas robóticas inspiradas em seres vivos. Ambos ensinam conceitos de biomimética, engenharia e programação. A *Bionic Flower* foca em movimentos simples e sensores, enquanto o Kit Biônico permite explorar ações mais complexas. A seguir, a Figura 18 apresenta a interface do sistema *Bionic Flower* no *Open Roberta Lab*.

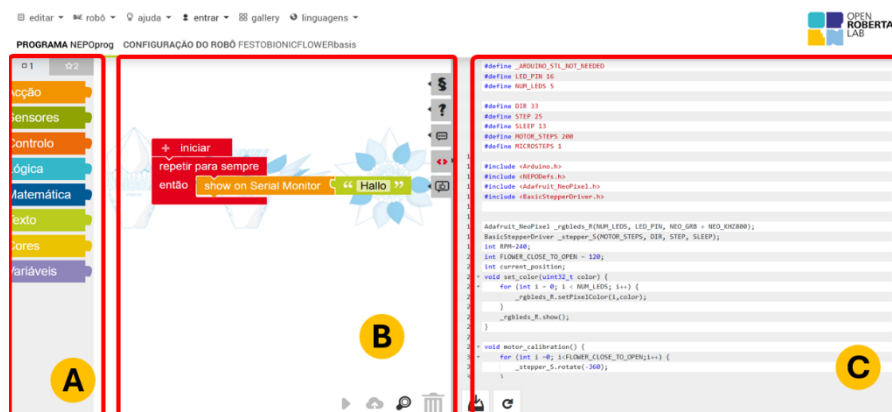


Figura 18 – Interface do sistema *Bionic Flower*. Fonte: elaborada pelo autor.

A Figura 18 mostra a interface do ambiente *Open Roberta Lab*, dividida em três áreas principais, à esquerda (A), encontra-se a paleta de blocos organizados por categorias como Ação, Sensores, Controlo, entre outros; ao centro (B), está a área de programação visual, onde os blocos são arrastados e conectados para formar o fluxo do programa; e à direita (C), aparece o código em linguagem textual (C/C++) gerado automaticamente a partir dos blocos utilizados, permitindo que os usuários aprendam conceitos de programação de forma intuitiva e prática, associando lógica visual ao código real.

2.10.2.6 BOB3

O *BOB3* é um robô educacional projetado para ensinar programação e robótica de forma interativa e divertida. Ele possui sensores de luz, infravermelho e botões táteis, permitindo diversas experiências práticas. Com design compacto e simpático, é ideal para uso em sala de aula, incentivando o pensamento lógico e a resolução de problemas. na Figura 19, apresenta os diferentes sistemas do *BOB3* disponíveis no *Open Roberta Lab*.



BOB3

Figura 19 – *BOB3*. Fonte: elaborada pelo autor.

A Figura 19, mostra o *BOB3*, um robô educacional em formato de placa com aparência simpática e compacta. Ele é utilizado para ensinar programação e conceitos básicos de eletrônica de forma prática e divertida. O *BOB3* possui *LEDs*, sensores e áreas de toque, permitindo diversas interações e experiências didáticas. A seguir, a Figura 20 apresenta a interface do sistema *BOB3* no *Open Roberta Lab*.

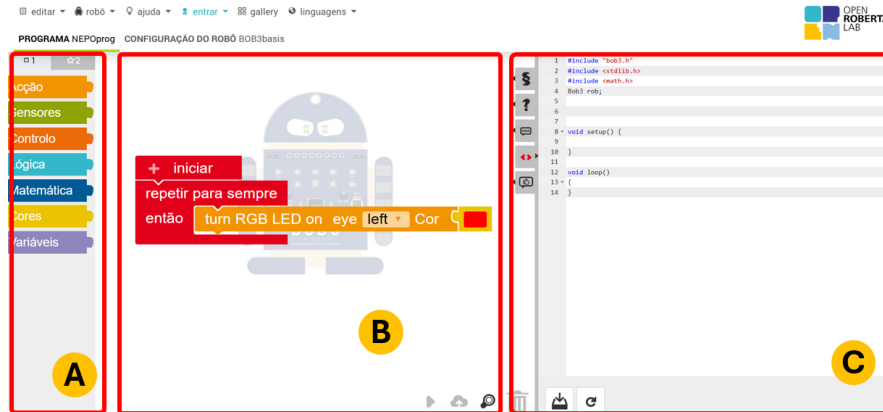
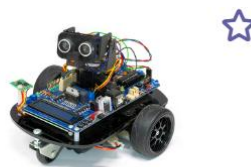


Figura 20 – Interface do sistema *BOB3*. Fonte: elaborada pelo autor.

A Figura 20 apresenta a interface do ambiente *Open Roberta Lab*, utilizada para programar o robô educacional *BOB3*, dividida em três áreas principais. À esquerda (A), está a paleta de blocos categorizados por funções como sensores, lógica e controle, que podem ser arrastados para compor algoritmos. No centro (B), encontra-se o espaço de programação visual, onde os blocos são organizados em sequência lógica, como exemplificado com um comando que ativa o LED RGB do olho esquerdo do robô. À direita (C), está a área que converte automaticamente o programa em linguagem C/C++, permitindo ao usuário compreender a correspondência entre a programação por blocos e o código textual. Essa estrutura facilita o aprendizado de programação e lógica computacional, especialmente no ensino fundamental e médio.

2.10.2.7 *Bot'n Roll*

A *Bot'n Roll* é uma marca portuguesa de kits de robótica educacional, ideal para aprender eletrônica e programação. Compatíveis com Arduino, são usados em eventos como o *RoboParty* e competições do *RoboCup*. Na figura 21 e apresentado um modelo desse sistema no *Open Roberta Lab*



Bot'n Roll

Figura 21 - *Bot'n Roll*. Fonte: elaborada pelo autor.

A Figura 21 mostra o *Bot'n Roll*, um robô móvel educacional equipado com sensores como o ultrassônico, rodas motorizadas e uma placa baseada em *Arduino*.

Ele é utilizado para ensinar programação, eletrônica e robótica, permitindo que estudantes criem projetos como desviar de obstáculos ou seguir linhas. É compatível com plataformas como o *Open Roberta Lab*, facilitando a programação por blocos. A seguir, a Figura 22 apresenta a interface do sistema *Bot'n Roll* no *Open Roberta La*

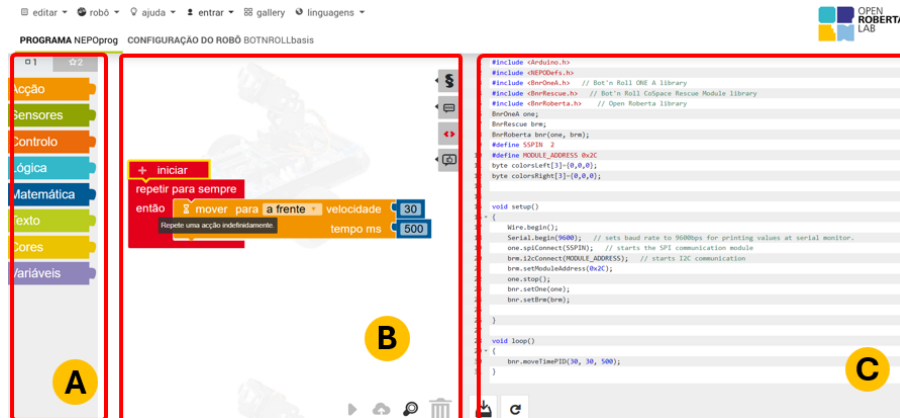


Figura 22 – Interface do sistema *Bot'n Roll*. Fonte: elaborada pelo autor.

A Figura 22 mostra o *Open Roberta Lab*, um ambiente de programação visual para robótica. A esquerda (A) exhibe categorias de blocos de programação, como “Ação” e “Sensores”. No centro (B), o usuário arrasta e conecta esses blocos para criar o programa visualmente. Direita (C) revela o código textual (C/C++ para Arduino) correspondente ao programa em blocos, com *setup()* e *loop()*.

2.10.2.8 Edison V2 V3

O robô educacional *Edison* pequenos robôs programáveis, ideais para o ensino de robótica e programação, com sensores integrados e compatibilidade com blocos *LEGO*. O *Edison V3* é uma versão mais recente, com melhorias de desempenho, conectividade e sensoriamento em relação ao V2, oferecendo uma experiência de aprendizagem ainda mais completa. na Figura 23, apresenta o sistema do *Edison* disponíveis no *Open Roberta Lab*.



Edison V2

Edison V3

Figura 23 – *Edison V2 V3*. Fonte: elaborada pelo autor.

A Figura 23 mostra a tela de seleção de robôs no ambiente de programação, com duas opções: o *Edison V2*, que é a versão estável e amplamente suportada, e o *Edison V3*. Na Figura 24, apresenta o sistema de programação.

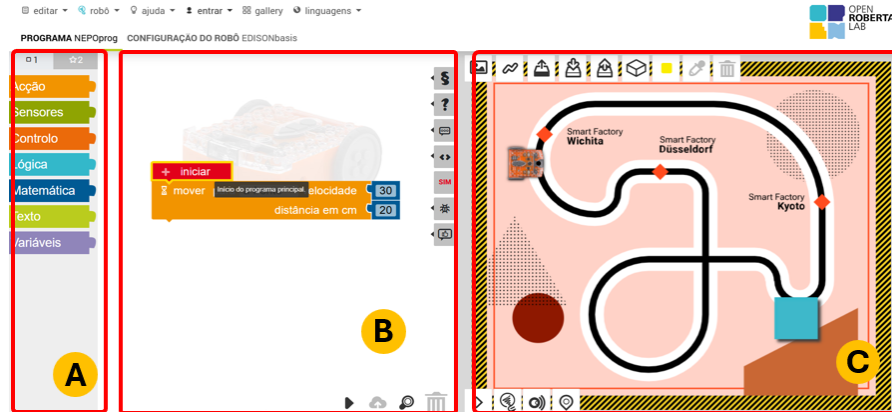


Figura 24 – Interface do sistema *Edison V2 V3*. Fonte: elaborada pelo autor.

A Figura 24 mostra a interface do *Open Roberta Lab* com o robô *Edison*. Na área (A), ficam os blocos de programação organizados por categorias como Ação, Sensores e Lógica. A área (B) exibe o espaço onde os blocos são montados para formar o programa, como o comando para mover o robô. Já a área (C) traz a simulação visual, com o robô seguindo uma pista entre fábricas virtuais. Essa organização facilita o aprendizado prático de robótica e programação.

2.10.2.9 NAO

O robô *NAO* é um humanoide programável amplamente utilizado na educação e pesquisa. Possui sensores, câmeras, microfones e articulações que permitem movimentos complexos e interações sociais. É capaz de reconhecer rostos, responder a comandos e realizar tarefas autônomas. Pode ser programado por blocos no *Open Roberta Lab* ou por linguagens como *Python* e *C++*, como na Figura 25.



Figura 25 – *NAO*. Fonte: elaborada pelo autor.

Ao analisarmos a Figura 25, é possível analisar o sistema *NAO* utilizado principalmente em contextos educacionais e de pesquisa. Este robô se destaca por

sua capacidade de interação por meio de sensores. A seguir, a Figura 26 apresenta a interface do sistema *NAO* no *Open Roberta Lab*.

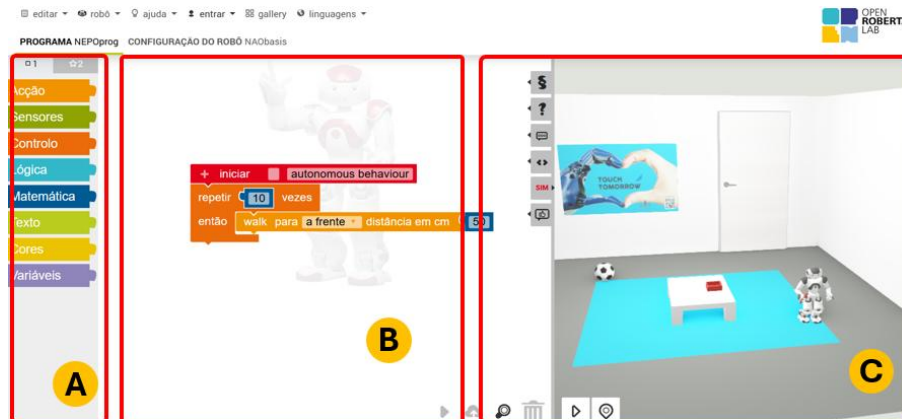


Figura 26 – Interface do sistema *NAO*. Fonte: elaborada pelo autor.

Ao analisarmos a Figura 26, é possível observar a interface do ambiente *Open Roberta Lab* com o robô *NAO*. Na área (A), estão disponíveis os blocos de programação organizados por categorias, como *Ação*, *Sensores* e *Controle*. Na área (B), vemos a programação baseada em blocos, onde o robô é instruído a andar para frente repetidamente. Já na área (C), temos a simulação tridimensional do robô *NAO* executando o comportamento programado em um ambiente virtual, permitindo testar ações antes da aplicação real.

2.10.2.10 *RCJ RescueOnlineSim*

RCJ RescueOnlineSim foi desenvolvida para a categoria *Rescue* do *RoboCup Junior*, permitindo que estudantes programem e testem robôs virtuais em ambientes que simulam situações de resgate, promovendo o aprendizado de robótica e programação em um ambiente acessível e educativo, frequentemente utilizada em competições online e treinamentos preparatórios, como na Figura 27.



Figura 27 – *RCJ RescueOnlineSim*. Fonte: elaborada pelo autor.

A Figura 27 mostra o sistema *RCJ RescueOnlineSim*, com um robô *LEGO* colorido, equipado com sensores e uma estrutura adaptada para desafios de resgate

simulados. Essa plataforma é usada em competições da *RoboCup Junior*. A Figura 28 apresenta a interface do sistema *RCJ RescueOnlineSim* no *Open Roberta Lab*.

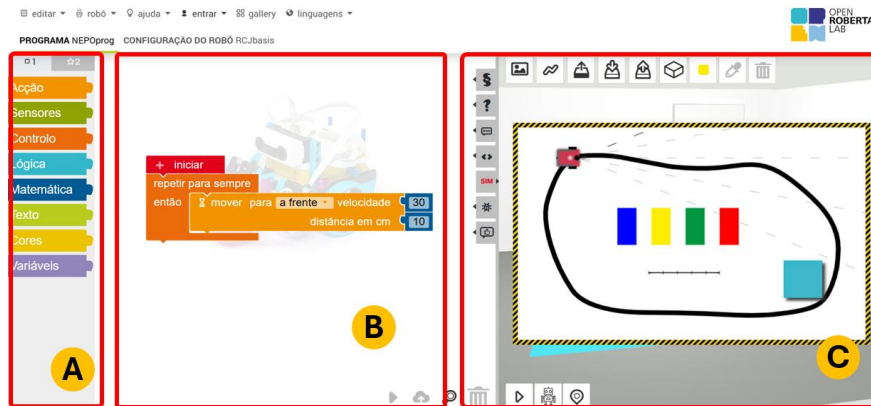


Figura 28 – Interface do sistema *RCJ RescueOnlineSim*. Fonte: elaborada pelo autor.

A Figura 28 apresenta a interface da plataforma *Open Roberta Lab*, utilizada para programar robôs como os do *RCJ RescueOnlineSim*, dividida em três áreas principais: à esquerda (A), encontra-se a biblioteca de blocos de programação categorizados por funções como Ação, Sensores, Controle, entre outros; ao centro (B), está a área de montagem do programa, onde os blocos são encaixados para formar o algoritmo que comandará o robô no exemplo, um bloco que faz o robô se mover para frente com determinada velocidade e distância; à direita (C), está o simulador visual que mostra o robô executando o código em um ambiente com obstáculos e cores, permitindo testes e ajustes em tempo real de maneira interativa e educativa.

2.10.2.11 ROB3RTA

A Figura 28 mostra o robô *ROB3RTA*, um personagem utilizado no ambiente de programação *Open Roberta Lab*, voltado especialmente para a introdução da robótica e programação com crianças e iniciantes. na Figura 29, apresenta os diferentes sistemas do *BOB3* disponíveis no *Open Roberta Lab*.



ROB3RTA

Figura 29 – *ROB3RTA*. Fonte: elaborada pelo autor.

A Figura 29 mostra o personagem *ROB3RTA*, uma representação lúdica e educativa vinculada à plataforma *Open Roberta Lab*, utilizada no ensino de programação e robótica. Com aparência amigável e expressiva, a figura antropomorfizada possui rodas, olhos grandes e braços levantados, remetendo a um robô simpático que busca engajar os estudantes. A seguir, a Figura 30 apresenta a interface do sistema *RCJ RescueOnlineSim* no *Open Roberta Lab*.

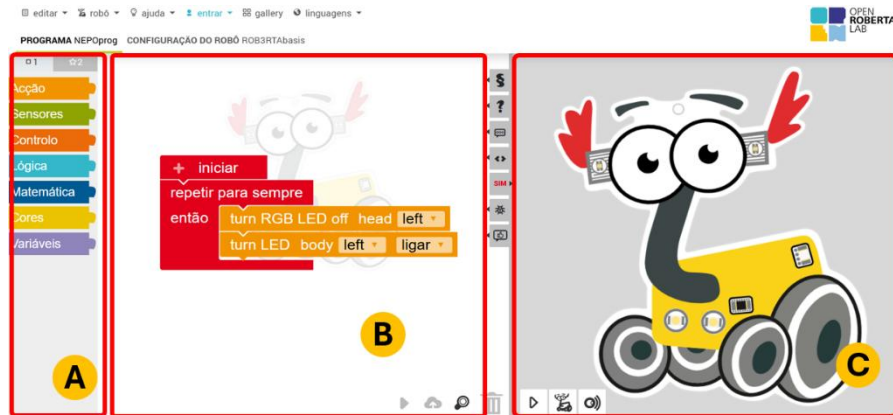


Figura 30 – Interface do sistema *ROB3RTA*. Fonte: elaborada pelo autor.

Na Figura 30 apresentada da plataforma *Open Roberta Lab*, as áreas têm as seguintes funções: A área (A) é o menu de blocos, onde estão os comandos organizados por categorias como Ação, Sensores, Controle. A área (B) é onde o usuário monta o programa do robô, conectando os blocos para definir seu comportamento; no exemplo, o código acende LEDs do robô de forma contínua. A área (C) é o simulador, onde o robô virtual executa o programa criado, permitindo visualizar os efeitos dos comandos em tempo real.

2.10.2.12 Robotino

O robô educacional móvel *Robotino*, da *Festo Didactic*, amplamente utilizado em ensino e pesquisa em robótica e automação. na Figura 31, apresenta os diferentes sistemas do *Robotino* disponíveis no *Open Roberta Lab*.



Robotino

Figura 31 – *Robotino*. Fonte: elaborada pelo autor.

A Figura 31 mostra o *Robotino*, um robô educacional móvel desenvolvido para o ensino de robótica e automação. Ele possui uma base circular com três rodas omnidirecionais, o que permite movimentos em qualquer direção translação e rotação simultâneas. é equipado com sensores como sensores de distância e câmeras, módulos de comunicação e interfaces para programação, sendo compatível com ambientes como *Open Roberta Lab*. É amplamente utilizado em universidades e centros técnicos para desenvolver competências em robótica, programação, inteligência artificial e controle de sistemas. na Figura 32, apresenta os diferentes sistemas do *Robotino* disponíveis no *Open Roberta Lab*.

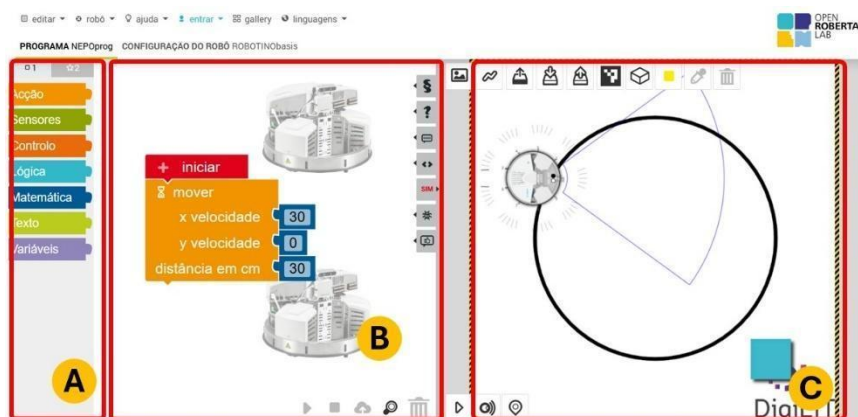


Figura 32 – Interface do sistema *Robotino*. Fonte: elaborada pelo autor.

Figura 32 apresenta a interface da plataforma *Open Roberta Lab*, utilizada para programar robôs. A área (A) é o menu de blocos de programação, onde o usuário encontra diferentes comandos organizados por categorias, como Ação, Sensores e Controle. A área (B) é o espaço de programação, onde os blocos são arrastados e conectados para criar o código que define o comportamento do robô. Já a área (C) é a simulação, onde o usuário pode ver o robô executando o programa criado em um ambiente virtual, permitindo testar e ajustar o código sem precisar do robô físico.

2.10.2.13 *senseBox*

A *senseBox* em uma plataforma de programação do *Open Roberta Lab*. Sendo uma plataforma de hardware baseada em Arduino, voltada para experimentos de medição ambiental e aprendizado de programação e eletrônica. na Figura 33, apresenta os diferentes sistemas do *senseBox* disponíveis no *Open Roberta Lab*.

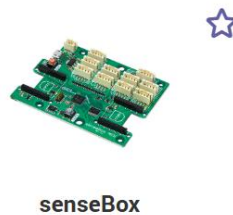


Figura 33 – *senseBox*. Fonte: elaborada pelo autor.

A Figura 33 mostra a *senseBox*, uma plataforma de hardware open source voltada para o ensino de programação, eletrônica e ciência ambiental. A *senseBox* permite conectar diversos sensores ambientais como temperatura, umidade, qualidade do ar, luz, entre outros a uma placa microcontroladora baseada em Arduino. Ela é ideal para projetos de monitoramento ambiental e Internet das Coisas. A seguir, a Figura 34 apresenta a interface do sistema *senseBox* no *Open Roberta Lab*.



Figura 34 – Interface do sistema *senseBox*. Fonte: elaborada pelo autor.

Na Figura 34 da plataforma *Open Roberta Lab* com a *senseBox*, a área (A) representa o menu de blocos, onde os comandos estão organizados por categorias como Ação, Sensores e Controle, permitindo ao usuário escolher os blocos para montar seu programa. A área (B) é o espaço de programação visual, onde os blocos são arrastados e conectados para criar o código; no exemplo, foi programado para exibir continuamente o texto “*Hallo*” em um display *OLED*. Já a área (C) mostra automaticamente o código em linguagem C/C++ (Arduino) gerado a partir da programação por blocos, permitindo ao usuário visualizar como o sistema converte a lógica visual em código textual.

2.10.2.14 LEGO Spike Prime / Robot Inventor

O kit *LEGO Spike Prime / Robot Inventor*, um conjunto educacional desenvolvido pela *LEGO Education* para ensinar conceitos de robótica, programação e engenharia a alunos do ensino fundamental e médio. Na Figura 35, apresenta o sistema do *LEGO Spike Prime / Robot Inventor* disponível no *Open Roberta Lab*.



Spike Prime / Robot Inventor /

Figura 35 – *LEGO Spike Prime / Robot Inventor*. Fonte: elaborada pelo autor.

A Figura 35 mostra o sistema *LEGO Spike Prime / Robot Inventor*, uma plataforma educacional voltada para o ensino de robótica, programação e engenharia. Combinando peças *LEGO* com sensores, motores e uma central inteligente programável, permitindo construir e programar robôs de forma criativa e interativa. A seguir, a Figura 36 apresenta a interface do sistema *LEGO Spike Prime / Robot Inventor* no *Open Roberta Lab*.



Figura 36 – Interface do sistema *LEGO Spike Prime / Robot Inventor*. Fonte: elaborada pelo autor.

Na Figura 36 da plataforma *Open Roberta Lab* com o robô *LEGO Spike Prime*, a área (A) é o menu de blocos, onde estão agrupados os comandos por categorias como *Ação*, *Sensores* e *Controle*, possibilitando montar o programa. A área (B) é o espaço de programação com blocos, onde o usuário constrói visualmente o comportamento do robô; no exemplo, foi programado para mover-se para frente com certa velocidade e distância. A área (C) exibe o código em Python gerado automaticamente com base nos blocos montados, permitindo que os usuários visualizem e compreendam o código de programação correspondente.

2.10.2.15 *Thymio, TxT 4.0 Controller, WeDo*

Os robôs na plataforma *Open Roberta Lab*, onde o usuário pode escolher com qual tipo de robô deseja trabalhar. Há três opções visíveis: i) *Thymio* um pequeno robô educativo branco, usado para ensinar programação e comportamento robótico, com sensores integrados, ii) *TxT 4.0 Controller* um robô com estrutura de engenharia mais avançada, geralmente associado ao sistema *fischertechnik*, voltado para robótica educacional técnica, iii) *WeDo* um robô *LEGO* voltado para crianças, usado para introdução à robótica com sensores simples e montagem prática. na Figura 37, apresenta os sistemas disponíveis no *Open Roberta Lab*.

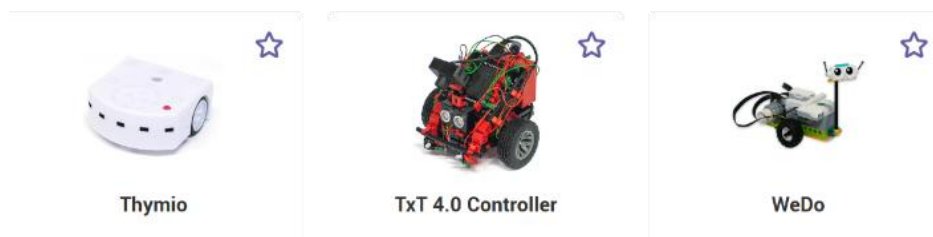


Figura 37 – *Thymio, TxT 4.0 Controller, WeDo*. Fonte: elaborada pelo autor.

A Figura 37 mostra a interface da plataforma *Open Roberta Lab* com três opções de kits de robótica disponíveis para programação: o *Thymio*, o *TxT 4.0 Controller* e o *WeDo*. Cada bloco representa um kit diferente, contendo a imagem do robô. A Figura 38 apresenta a interface do sistema *Thymio* no *Open Roberta Lab*.

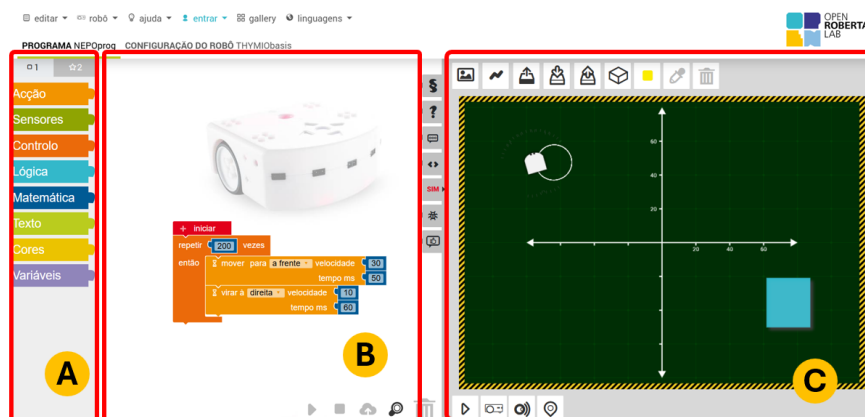


Figura 38 – Interface do sistema *Thymio*. Fonte: elaborada pelo autor.

A Figura 38 mostra a interface da plataforma *Open Roberta Lab* utilizada para programar o robô *Thymio* com blocos visuais. A área (A), à esquerda, contém as categorias de blocos como *Ação*, *Sensores* e *Controle*, que podem ser arrastados para a área (B), no centro, onde o usuário constrói o programa. No exemplo mostrado, o programa faz o robô curvar para frente com velocidades diferentes nas rodas, o que faz com que ele vire para a direita. À direita, na área C, está o simulador onde o robô

executa o código em um ambiente virtual com trajetos e obstáculos, permitindo testar o comportamento do robô sem precisar do dispositivo físico. A seguir, a Figura 39 apresenta a interface do sistema *TxT 4.0 Controller* no *Open Roberta Lab*.

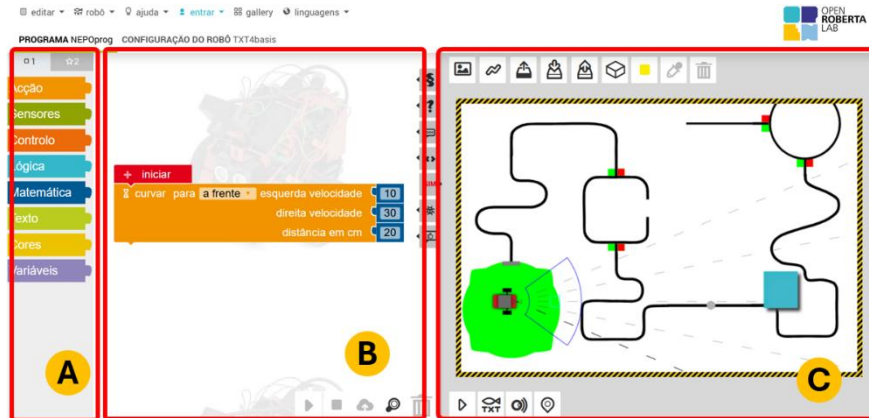


Figura 39 – Interface do sistema *TxT 4.0 Controller*. Fonte: elaborada pelo autor.

A Figura 39 mostra a interface da plataforma *Open Roberta Lab* sendo usada para programar o robô *TxT 4.0 Controller* com blocos visuais. A área (A), à esquerda, exibe as categorias de blocos como Ação, Sensores e Controle, de onde o usuário pode arrastar comandos para a área (B), no centro, onde o programa é construído. À direita, na área (C), está o simulador que permite visualizar o robô executando o código em um ambiente virtual com caminhos e obstáculos, possibilitando testes mesmo sem o robô físico. A seguir, a Figura 40 apresenta a interface do sistema *WeDo* no *Open Roberta Lab*.

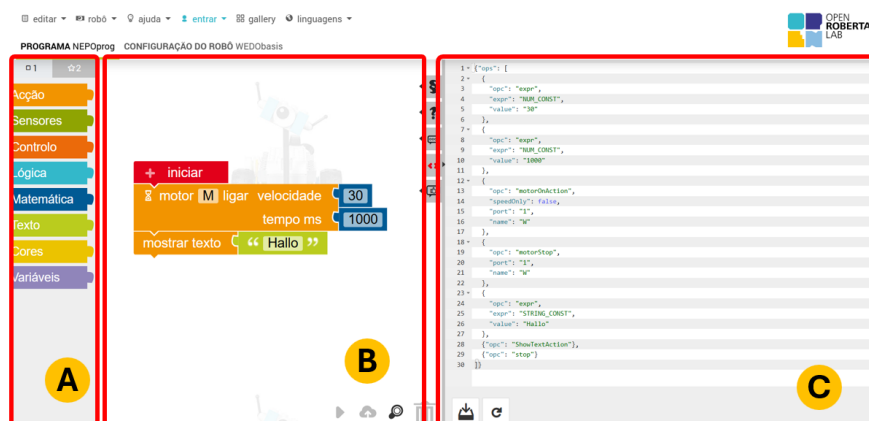


Figura 40 – Interface do sistema *WeDo*. Fonte: elaborada pelo autor.

A Figura 40 mostra a interface do *Open Roberta Lab* aplicada à programação do robô *WEDO 2.0* da *LEGO*, usando blocos de montagem visual. A área (A), à esquerda, contém as categorias de blocos como Ação, Sensores, Controle e Lógica, que podem ser arrastados para a área de programação. A área (B), no centro, exibe o programa criado com blocos. Já a área (C), à direita, mostra o código gerado

automaticamente em formato JSON, que representa o programa visual em linguagem estruturada, usada pelo sistema para processar e executar as instruções.

2.10.2.16 LEGO Mindstorms

LEGO Mindstorms é uma linha de *kits* educacionais da *LEGO* que combina blocos de montar com componentes eletrônicos programáveis, como motores, sensores e controladores, permitindo a criação de robôs interativos. na Figura 41, apresenta os diferentes sistemas do *Calliope mini* disponíveis no *Open Roberta Lab*.



Figura 41 – *LEGO Mindstorms*. Fonte: elaborada pelo autor.

A Figura 41 apresenta a tela de seleção de ambientes do Open Roberta Lab, uma plataforma online voltada ao ensino de programação e robótica educacional por meio de blocos visuais. São mostradas três opções principais: *NXT*, correspondente ao robô *LEGO Mindstorms NXT*, uma versão mais antiga ainda utilizada em contextos educacionais; *Open Roberta Sim – EV3 leJOS 0.9.1*, que permite a simulação do robô *LEGO EV3* com o sistema operacional *leJOS*, dispensando o uso do robô físico; e (*3o*) *Open Roberta xNN*, voltado para experimentos com redes neurais artificiais, possibilitando o treinamento do robô por meio de exemplos e aprendizado de máquina. A seguir, a Figura 42 apresenta a interface do sistema *WeDo* no *Open Roberta Lab*.

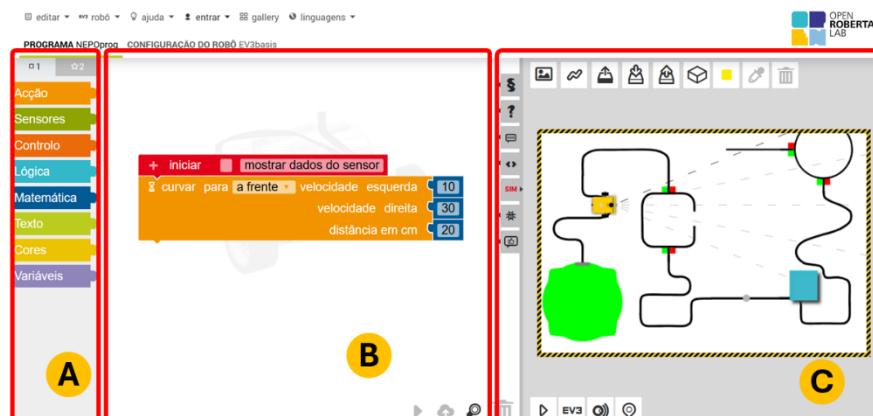


Figura 42 – Interface do sistema *LEGO Mindstorms*. Fonte: elaborada pelo autor.

A Figura 42 mostra o ambiente de simulação do *Open Roberta Lab* com o robô virtual *EV3base*. O robô amarelo está diante de blocos coloridos (azul, amarelo, verde e vermelho) em uma pista delimitada por uma linha preta. À esquerda, há categorias de blocos de programação como Ação, Sensores, Controle e Lógica. O programa atual utiliza os blocos "iniciar" e "mostrar dados do sensor". Isso indica que o robô está coletando informações do ambiente por meio de sensores. A simulação permite testar comportamentos do robô em resposta a estímulos visuais.

2.10.3 Redes Neurais Artificiais no *Open Roberta Lab*

Segundo Leimbach (2024, p. 4), “*Ziel der Integration von Künstlichen Neuronalen Netzen (KNN) in Open Roberta Lab ist es, die Grundlagen von KNN zu vermitteln und zu zeigen, wie diese anhand eines Roboters eingesetzt werden können. [...]*”. Traduzido para português, o autor ressalta que o objetivo de integrar RNAs no *Open Roberta Lab* é ensinar os conceitos básicos das RNAs e mostrar como elas podem ser usadas em um robô de forma simples e didática. Na Figura 43, é possível visualizar a interface do simulador robótico, onde ao clicar em “Iniciar o *tour*”, no retângulo vermelho em destaque, para ver um tutorial interativo. Ele mostra o manuseio básico e o uso da simulação. E para programar neurônios artificiais, selecione um dos sistemas existentes, para o exemplo da Figura 44, utilizou-se o sistema *Open Roberta Lab xNN*.



Figura 43 – *Open Roberta Lab*. Fonte: elaborada pelo autor.

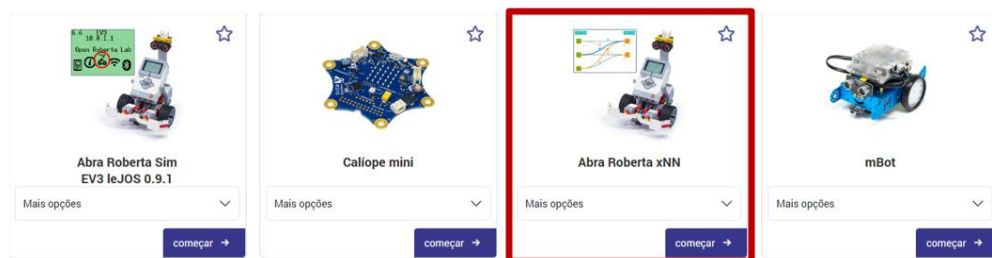


Figura 44 – *Open Roberta Lab*. Fonte: elaborada pelo autor.

Esta é a visualização padrão Abra Roberta xNN na plataforma *Open Roberta Lab* oferece um ambiente específico para a criação e experimentação com redes neurais artificiais de forma visual e interativa. Este ambiente é voltado ao ensino introdutório de conceitos de RNA, permitindo que os usuários definam a estrutura da rede, configurem camadas ocultas, ajustem funções de ativação, determinem o formato da entrada e estabeleçam intervalos para a inicialização dos pesos sinápticos. A seguir, a Figura 45 apresenta a interface do sistema *NEURAL NETWORK define* no *Open Roberta Lab*.

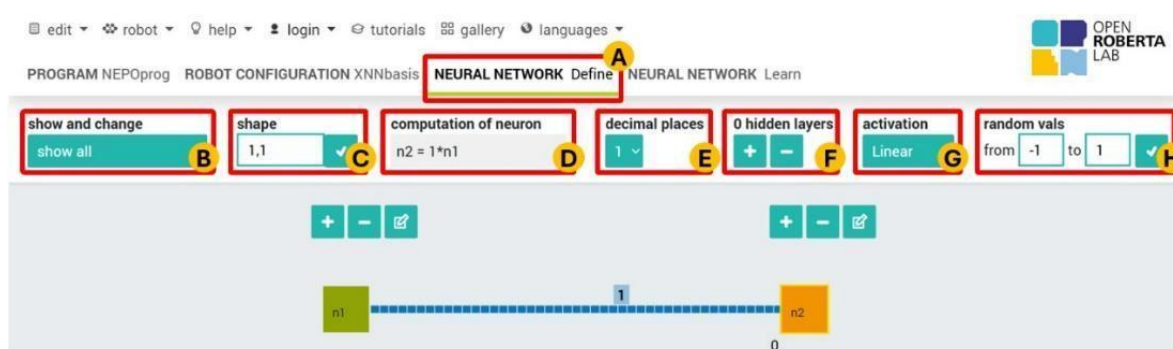


Figura 45 – interface do sistema *NEURAL NETWORK define*. Fonte: elaborada pelo autor.

A Figura 45 refere-se à interface da plataforma *Open Roberta Lab*, especificamente à seção de definição de redes neurais artificiais. Esta ferramenta tem como objetivo facilitar o ensino e a experimentação com modelos de redes neurais de forma visual e interativa, sendo particularmente útil em contextos educacionais.

No topo da interface, destacado com a marcação (A), encontra-se a aba intitulada “*NEURAL NETWORK Define*”, que identifica a área da plataforma em que o usuário pode configurar e estruturar uma rede neural. Esta seção permite definir desde a arquitetura da rede até os parâmetros numéricos relacionados ao seu funcionamento. À esquerda, o elemento marcado como (B) corresponde ao botão “*show and change*”, que, ao ser ativado com a opção “*show all*”, exhibe todos os parâmetros da rede neural. Isso permite ao usuário visualizar e editar livremente os componentes da arquitetura configurada.

Em (C), observa-se o campo “*shape*”, no qual é definida a forma da entrada da rede neural. No exemplo ilustrado, o valor “1,1” indica uma entrada unidimensional com um único atributo, característica comum em tarefas simples de aprendizado de máquina. O campo identificado como (D), intitulado “*computation of neuron*”, mostra a operação matemática executada por um neurônio. No exemplo apresentado, a equação “ $n2 = 1 * n1$ ” descreve uma transformação linear direta, onde o neurônio de

saída (n_2) é obtido a partir do produto escalar entre um peso (1) e o valor de entrada (n_1).

No marcador (E), encontra-se a configuração “*decimal places*”, que permite ao usuário determinar o número de casas decimais com que os resultados serão apresentados. Este ajuste é relevante para controlar a precisão na visualização dos valores computados durante a simulação da rede. A funcionalidade destacada em (F), nomeada “*0 hidden layers*” possibilita a adição ou remoção de camadas ocultas através dos botões “+” e “-”. Esta função é essencial para a modulação da profundidade da rede, impactando diretamente sua capacidade de aprendizado e generalização.

No campo (G), encontra-se a seleção da função de ativação, que define a transformação aplicada aos dados em cada neurônio. A função escolhida no exemplo é “Linear”, indicando ausência de não-linearidades, o que pode limitar a capacidade de modelar relações complexas entre variáveis. Por fim, o item (H) corresponde à configuração dos valores aleatórios iniciais *random vals*, utilizados na inicialização dos pesos da rede. O intervalo selecionado, de -1 a 1, estabelece os limites dentro dos quais esses valores são sorteados, influenciando o comportamento inicial do processo de aprendizado.

A seguir, a Figura 46 apresenta um exemplo da programação de um robô que deve manter uma distância fixa de um obstáculo em movimento. e a Figura 47 apresenta sua RNA pronta no *Open Roberta Lab*.

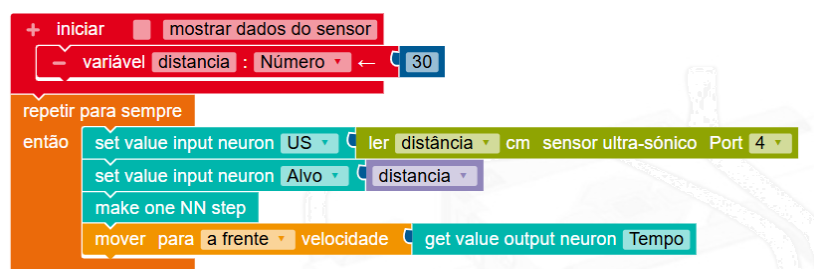


Figura 46 – Aba Programa *NEPOprog* no *Open Roberta Lab*, elaborada pelo autor.



Figura 47 – Aba *Neural Network Learn* no *Open Roberta Lab*, elaborada pelo autor.

A Figura 46, 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.

A Figura 47 apresenta a interface da aba *NEURAL NETWORK Learn* da plataforma *Open Roberta Lab*, utilizada para o treinamento de redes neurais 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.

No campo destacado pela letra (A), encontra-se a taxa de aprendizado *learning rate*, configurada com o valor de 0.0003. Esse parâmetro controla a magnitude dos ajustes realizados nos pesos da rede a cada iteração. Uma taxa de aprendizado adequada é essencial para garantir que o modelo aprenda de forma eficiente, sem oscilar ou convergir lentamente.

Os botões de controle, indicados pela letra (B), permitem iniciar ou pausar o treinamento. O botão com o ícone de "dupla seta vermelha" especificamente executa essa função, possibilitando a interrupção do processo caso se observe que a perda de treinamento já atingiu um valor satisfatoriamente baixo.

A letra (C) destaca o campo *Epoch*, que indica a época atual do treinamento, neste caso, a época 61. Uma época corresponde a uma passagem completa por todo

o conjunto de dados de treinamento durante o processo de ajuste da rede neural. Em outras palavras, a cada época, a rede utiliza todos os exemplos disponíveis no conjunto de dados uma única vez para atualizar seus parâmetros.

Já no campo marcado com a letra (D), mostra a perda de treinamento *training loss*, cujo valor atual é 0.000. A perda de treinamento é uma métrica utilizada para avaliar o desempenho de uma rede neural ao longo do processo de treinamento. Ela quantifica a diferença entre as saídas previstas pela rede e os valores reais do conjunto de dados de treinamento. Essa medida representa o erro da rede, indicando o quão distante estão suas previsões em relação aos valores esperados. Durante o treinamento, busca-se minimizar essa perda por meio do ajuste dos pesos e dos vieses da rede, com o objetivo de melhorar sua capacidade de generalização e precisão. Para melhor compreensão dos passos apresentados, no *link* <<https://youtu.be/EBjnrR5blgk>> está disponível no YouTube o tutorial da criação do projeto apresentado.

2.11 Trabalhos Relacionados

Com base na revisão da literatura sobre a utilização do simulador robótico *Open Roberta Lab* com ferramenta para o ensino de Redes Neurais Explicáveis, a seguir são apresentadas algumas pesquisas científicas que serviram como suporte para o embasamento deste estudo, sendo: Sousa (2021); de Silva, et al (2022); Fernandes, Zanon (2022); Carius, Baldner (2023); e Sangali, Catabriga (2024).

2.11.1 Sousa (2021)

A presente monografia, intitulada "Educação Tecnológica: Desafios e Contribuições nas Escolas da Atualidade", tem como objetivo principal apresentar um estudo aprofundado acerca dos desafios e das contribuições inerentes à Educação Tecnológica no contexto escolar contemporâneo. A investigação busca compreender de que maneira a Educação Tecnológica pode auxiliar no processo de ensino-aprendizagem, reconhecendo a relevância de seu papel e identificando os desafios e as contribuições associadas ao seu uso, com ênfase na atuação do professor diante da inserção da tecnologia nas salas de aula e no reconhecimento do aluno como protagonista desse processo.

A metodologia adotada nesta monografia é a pesquisa bibliográfica, que se caracteriza pelo estudo aprofundado de textos, livros e artigos de diversos autores que investigam a temática da Educação Tecnológica. A investigação foi conduzida por meio da análise e síntese das ideias e conceitos apresentados por esses autores, buscando construir uma compreensão abrangente dos desafios e contribuições da Educação Tecnológica no contexto escolar atual. No que tange às ferramentas tecnológicas exploradas, a monografia aborda uma variedade de recursos, incluindo plataformas digitais como *Teams*, *Google Class*, *Google Meet* e *Zoom*, que ganharam destaque no contexto do ensino remoto. Além disso, são discutidos ferramentas e aplicativos como *Mentimeter*, *Kahoot*, *Quizlet*, *Scratch*, *Coderz* e *Open Roberta Lab*, que oferecem funcionalidades diversas para a interação em sala de aula, criação de atividades e ensino de programação. A pesquisa também contempla a importância dos kits robóticos como recurso para a RE, apresentando exemplos como *Robot Roamer*, *Fischerterchnik*, *LEGO EV3* e outros.

Os resultados da pesquisa indicam que a Educação Tecnológica possui um potencial significativo para aprimorar o processo de ensino-aprendizagem, ao estimular o protagonismo do aluno e ao promover um ambiente de aprendizagem mais dinâmico e conectado com a realidade. Contudo, a efetiva implementação da Educação Tecnológica nas escolas enfrenta desafios multifacetados, que incluem a necessidade de formação continuada de professores, a garantia de acesso equitativo à tecnologia e a superação de desigualdades socioeconômicas que podem limitar o uso eficaz das ferramentas tecnológicas no contexto educacional.

2.11.2 Silva, et al (2022)

A pesquisa intitulada “Torneio de Robótica Virtual – Mutações da Arquitetura Pedagógica em um Contexto de Pandemia” tem como principal objetivo relatar uma experiência pedagógica baseada na RE, promovida por meio de um torneio virtual com estudantes do ensino fundamental II e médio da rede pública estadual do Rio Grande do Norte. O público-alvo foram alunos das turmas regulares e do programa de Ensino Médio em Tempo Integral, inseridos em um contexto de ensino remoto emergencial durante a pandemia de COVID-19. A iniciativa buscou preservar o vínculo dos discentes com as práticas de programação e robótica, utilizando ferramentas digitais acessíveis, em especial o ambiente online *Open Roberta Lab*.

A metodologia adotada é de natureza qualitativa, fundamentada na pesquisa participante e na análise documental. O torneio foi desenvolvido por meio de oficinas remotas, nas quais os estudantes receberam capacitação sobre o uso do *Open Roberta Lab*, uma plataforma que permite a programação em blocos de forma intuitiva e interativa. A competição foi estruturada em fases, com desafios de complexidade progressiva, baseados em situações-problema que exigiam raciocínio lógico e domínio de conceitos computacionais. Os dados foram coletados por meio de observações, registros das atividades, relatos dos alunos e discussões em fóruns, permitindo uma análise detalhada do processo de aprendizagem.

Os resultados da pesquisa indicaram que o Torneio de Robótica Virtual foi eficaz em promover o engajamento dos alunos com os conteúdos de RE, mesmo à distância. Os participantes demonstraram avanços significativos em habilidades como lógica de programação, trabalho em equipe e criatividade. Embora a pesquisa não mencione diretamente o uso de IA, a familiarização dos estudantes com ferramentas de programação e ambientes simulados pode ser entendida como um passo preparatório para aplicações futuras envolvendo IA. O uso do *Open Roberta Lab* revelou-se uma solução viável e eficiente para o ensino de RE em contextos com acesso limitado a recursos físicos, reforçando a importância de ambientes digitais acessíveis na formação tecnológica de estudantes e professores.

2.11.3 Fernandes e Zanon (2022)

A pesquisa intitulada “Integração entre Robótica Educacional e Abordagem STEAM: Desenvolvimento de Protótipos sobre a Temática Responsabilidade Social e Sustentabilidade” tem como principal objetivo investigar como a RE, integrada à abordagem Ciência, Tecnologia, Engenharia, Artes e Matemática (STEAM), pode ser aplicada na construção de protótipos voltados a temas de responsabilidade social e sustentabilidade. O público-alvo da investigação são estudantes do Ensino Fundamental II, e a proposta pedagógica busca promover o engajamento dos alunos por meio da articulação entre tecnologia e cidadania, com ênfase no desenvolvimento do pensamento crítico. A pesquisa também destaca o papel da IA como uma das inovações tecnológicas que influenciam as práticas educacionais, ainda que seu uso direto não tenha sido o foco central das atividades práticas desenvolvidas.

O procedimento metodológico adotado foi qualitativo e envolveu a realização de oficinas pedagógicas com alunos do 8º e 9º ano do Ensino Fundamental II em uma escola pública. As atividades foram estruturadas em etapas que incluíram sensibilização dos estudantes, construção de protótipos utilizando materiais recicláveis e elementos eletrônicos, e apresentação das soluções criadas. Durante esse processo, os princípios da RE e da abordagem STEAM foram integrados de forma interdisciplinar, com o objetivo de estimular a criatividade, a colaboração e o senso de responsabilidade dos alunos frente a problemas sociais e ambientais. A menção à IA aparece no contexto das discussões teóricas, sendo reconhecida como um avanço tecnológico com potencial de transformar a educação, embora não tenha sido utilizada diretamente nas ferramentas ou práticas dos protótipos.

Os resultados da pesquisa indicaram que a integração entre RE e STEAM favoreceu um ambiente de aprendizagem mais engajador e contextualizado, promovendo a participação ativa dos alunos em atividades que exigiam a aplicação prática de conhecimentos científicos e tecnológicos. Os protótipos desenvolvidos refletiram a capacidade dos estudantes de propor soluções inovadoras para desafios sociais, ao mesmo tempo em que desenvolviam habilidades técnicas e socioemocionais. A menção à IA no estudo reforça a necessidade de preparar os alunos para um futuro permeado por tecnologias emergentes, ainda que sua utilização prática não tenha sido incorporada diretamente nas atividades.

2.11.4 Carius e Baldner (2023)

A pesquisa intitulada “Robótica educacional no contexto do novo Ensino Médio: uma aplicação de código aberto tem como objetivo principal avaliar a viabilidade de implementação de projetos de RE em código aberto, especificamente o Otto DIY, nos Itinerários Formativos do Novo Ensino Médio brasileiro, com foco na área de Matemática e suas Tecnologias. A proposta busca alinhar-se à Base Nacional Comum Curricular BNCC, que enfatiza o desenvolvimento do PC e a preparação dos estudantes para um mercado de trabalho dinâmico e tecnológico. O público-alvo são estudantes da 2ª série do Ensino Médio, prioritariamente aqueles com interesse em carreiras nas Ciências Exatas, visando estimular sua criatividade, autonomia e capacidade de resolver problemas por meio de protótipos robótico.

A pesquisa adotou uma abordagem qualitativa baseada na metodologia de Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP), integrando modelagem 3D, programação e eletrônica. O projeto Otto DIY foi selecionado por suas características de código aberto, baixo custo e flexibilidade pedagógica, permitindo adaptações conforme o contexto local. As atividades incluíram a montagem física do robô, programação de comportamentos básicos como detecção de obstáculos e movimentação e a integração interdisciplinar com conceitos de física e matemática. A coleta de dados envolveu análise documental das diretrizes da BNCC, observação participante durante as oficinas práticas e avaliação técnica do protótipo desenvolvido.

Os resultados demonstraram que o uso do Otto DIY promoveu o desenvolvimento de habilidades técnicas programação, eletrônica e socioemocionais trabalho em equipe, resolução de problemas. A proposta mostrou-se financeiramente viável, com valor inferior a kits comerciais como o LEGO MindStorms, além de oferecer maior autonomia aos docentes na elaboração de trilhas pedagógicas. Entretanto, identificou-se como desafio a necessidade de infraestrutura básica como acesso a impressoras 3D em escolas públicas. Os estudantes apresentaram maior engajamento em atividades práticas, com os participantes demonstrando interesse em aprofundar conhecimentos em IA. A pesquisa reforça o potencial da RE como ferramenta interdisciplinar, alinhada às demandas contemporâneas por uma educação inovadora e contextualizada.

2.11.5 Silva e Gonçalves (2024)

A pesquisa intitulada “Inteligência Artificial: Educação, Trabalho Docente e Currículo sob a Visão dos Professores de Robótica Pedagógica e Tecnologias” tem como objetivo analisar a perspectiva de docentes das áreas de RE e Tecnologias sobre a inclusão dos temas de IA e RE nos itinerários formativos da Educação Básica. O público-alvo do estudo são professores que atuam com práticas pedagógicas envolvendo tecnologias educacionais, buscando compreender se consideram oportuna a inserção formal desses conteúdos no currículo escolar, diante das transformações tecnológicas e das exigências do mercado de trabalho contemporâneo.

A metodologia adotada foi de abordagem qualitativa e quantitativa, consistindo na aplicação de questionários e entrevistas com docentes vinculados ao Instituto Torneio Juvenil de Robótica. Os instrumentos de coleta de dados foram elaborados para captar as percepções, expectativas e desafios enfrentados pelos professores quanto à implementação de IA e RE na educação básica. A análise dos dados buscou identificar tendências, obstáculos e sugestões para a integração dessas temáticas ao currículo, bem como compreender o papel do professor na mediação pedagógica frente às inovações tecnológicas.

Os resultados indicam que os professores participantes acreditam que, em breve, será comum a cooperação e o convívio entre humanos e robôs, tanto no ambiente de trabalho quanto no contexto social, e fundamentam suas práticas pedagógicas nessa perspectiva. Entretanto, ainda não conseguem vislumbrar claramente propostas concretas para mudanças no desenho curricular que contemplem a IA e a RE em um processo de implementação mais ampla e formal na educação escolar. Ressalta-se também a necessidade de políticas públicas, formação continuada e recursos adequados para que a integração dessas tecnologias seja efetiva e inclusiva, destacando o potencial da IA e da RE para promover o desenvolvimento de competências críticas, criativas e colaborativas nos estudantes

2.11.6 Sangali e Catabriga (2024)

A pesquisa intitulada “Robótica Educativa para Desenvolvimento de Habilidades do PC por meio de Eletiva Complementar” tem como objetivo analisar como a RE pode contribuir para o desenvolvimento do PC em estudantes do Ensino Médio. O público-alvo do estudo são alunos da Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio EEEFM Honório Fraga, em Colatina-ES, que participaram de uma disciplina eletiva complementar. O foco está em promover experiências de aprendizagem significativas e transversais ao currículo da Educação Básica, alinhando-se às diretrizes nacionais que tornam obrigatória a inclusão de computação, programação e robótica na formação escolar.

A metodologia empregada foi de natureza aplicada, com abordagem qualitativa e caráter exploratório. Para a coleta e registro dos dados, foram utilizados métodos de grupo focal, permitindo a observação direta das interações e percepções dos

estudantes durante as atividades. A disciplina eletiva complementar em RE foi estruturada com o uso de metodologias ativas, como gamificação, ABP em sala de aula invertida e práticas investigativas, além do ensino de programação e montagem de robôs. Essas práticas buscaram colocar o estudante no centro do processo de aprendizagem, estimulando a autonomia, o raciocínio lógico e o trabalho em equipe.

Os resultados apontaram que a introdução da RE na disciplina eletiva favoreceu o desenvolvimento do PC e de competências essenciais, como criatividade, resolução de problemas e integração entre diferentes áreas do conhecimento. Os estudantes demonstraram maior engajamento e interesse pelas atividades, além de avanços em habilidades de planejamento, colaboração e autonomia. O estudo destaca ainda a importância da formação continuada dos professores e da oferta de infraestrutura adequada para a implementação efetiva da RE, consolidando-a como uma ferramenta inovadora e motivadora no contexto da Educação Básica.

2.12 *Feature analysis* dos trabalhos relacionados

A técnica de *Feature Analysis* promove uma investigação experimental e comparativa entre *softwares*, com o objetivo de realizar uma avaliação qualitativa utilizando critérios específicos (TRAVASSOS; GUROV; AMARAL, 2002). Nesta subseção, a técnica está adaptada parcialmente para ser realizada a análise comparativa entre os trabalhos relacionados, ressaltando os seguintes critérios: i) Fundamentos Inteligência artificial; ii) Robótica Educacional; iii) *Open Roberta Lab*; iv) Ensino Médio v) Redes Neurais Explicáveis. O Quadro 1 apresenta visualmente a comparação qualitativa entre os trabalhos.

Quadro 1 - *Feature analysis* dos trabalhos relacionados. Fonte: Elaborado pelo autor.

Artigos relacionados	Fundamentos Inteligência Artificial	Robótica Educacional	<i>Open Roberta Lab</i>	Ensino Médio	Redes Neurais Explicáveis
Fernandes, Zanon (2022)		x			
Carius, Baldner (2023)		x		X	
Silva, Gonçalves (2024)	X	x		X	
Sousa (2021)			x		
Silva et al (2022)		x	x	X	
Sangali, Catabriga (2024)		x		X	
Este Trabalho	X	x	x	X	x

O Quadro 1 apresenta em quais critérios os trabalhos se relacionam com a presente pesquisa. No primeiro critério “Fundamentos Inteligência Artificial”, observa-se que o somente trabalhos de Fernandes, Zanon (2022). No segundo critério “Robótica Educacional”, observa-se que somente Souza (2021) não abordou. O terceiro critério “*Open Roberta Lab*”, a plataforma foi empregada nos estudos de Sousa (2021), Silva et al (2022). Já no critério quatro “Ensino Médio”, destaca-se as pesquisas Carius, Baldner (2023), Silva, Gonçalves (2024), Silva et al (2022), Sangali, Catabriga (2024) tinha este como público-alvo. E no quinto critério “Redes Neurais Explicáveis”, somente este trabalho abordou o ensino de Redes Neurais Explicáveis. Portanto, a presente pesquisa demonstra possuir aspectos específicos e contribuições singulares em relação aos trabalhos identificados.

3 METODOLOGIA E CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO

Neste capítulo é apresentado em detalhes a metodologia utilizada nesta pesquisa, com foco nas etapas do projeto e no cronograma de execução. A pesquisa se baseia em um estudo experimental qualitativo com aplicações práticas, visando enriquecer o processo de ensino-aprendizagem de IA e RE.

3.1 Métodos, Ferramentas ou Técnicas a serem utilizadas

Para a construção da metodologia desta pesquisa, utilizou-se parcialmente o procedimento metodológico da pesquisa Durães et al. (2021), com o viés qualitativo, reflexivo, teórico e aplicado, abordando o ensino de fundamentos da IA no Ensino Médio integrado, utilizando a perspectiva educacional e fundamentando-se na pedagogia de Paulo Freire. Desta forma, a Figura 48 apresenta a visão geral da metodologia.

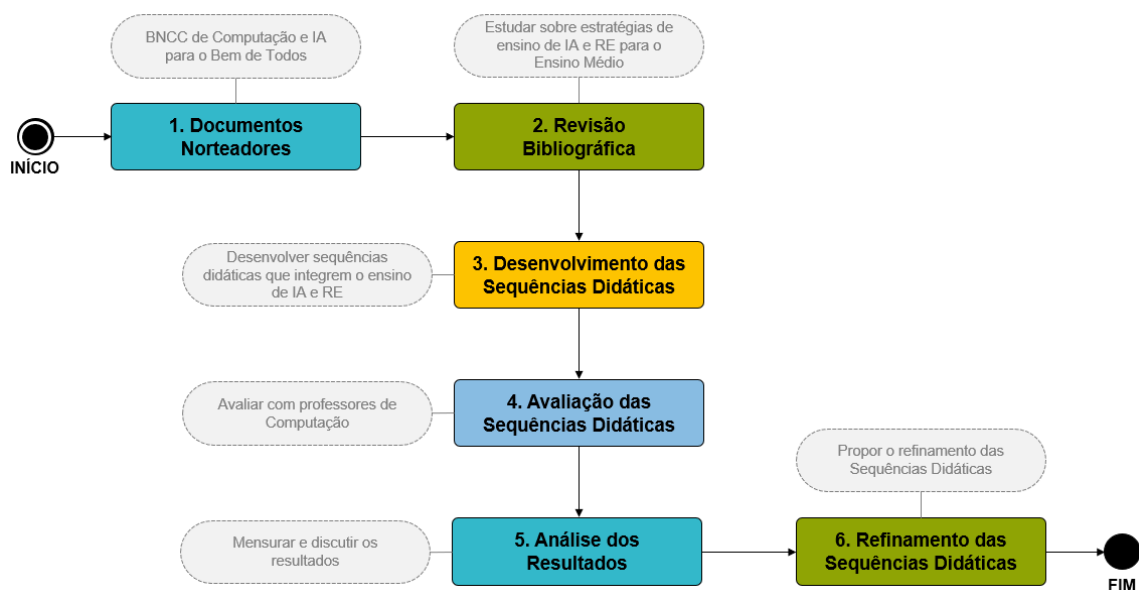


Figura 48 - Metodologia adotada na pesquisa, adaptada parcialmente de Durães et al. (2021).

É possível analisar no fluxograma da Figura 48 as seis etapas da metodologia, que são: Documento Norteador, Revisão Bibliográfica, Desenvolvimento das Sequências Didáticas, Avaliação das Sequências Didáticas, Análise dos Resultados e Refinamento das Sequências Didáticas. Em seguida, são descritas as respectivas etapas do projeto de acordo com a metodologia utilizada.

3.2 Etapas do projeto

1) Documentos norteadores: Esta etapa constituiu no estudo dos documentos que embasam este estudo, sendo o primeiro a BNCC do complemento à Computação, especificamente as habilidades do Ensino Médio EM13CO10, EM13CO11, EM13CO12, EM13CO13, EM13CO14 EM13CO15 e EM13CO16 relacionadas com IA e RE (BRASIL, 2022). Complementarmente, o documento IA para o Bem de Todos que busca promover o desenvolvimento e uso responsável da IA no Brasil, alinhando inovação tecnológica a princípios éticos, diversidade, inclusão e sustentabilidade, reforçando o papel da educação na formação de cidadãos preparados para os desafios e oportunidades da sociedade digital (BRASIL, 2024).

2) Revisão bibliográfica: Nesta etapa foram selecionadas obras sobre estratégias de ensino da IA e RE voltadas para o Ensino Médio, disponíveis no *Google Scholar* <<https://scholar.google.com/>>. Para isto, foram utilizadas as seguintes *strings* de busca, a primeira “inteligência artificial” AND “robótica educacional” AND “ensino médio” AND “open roberta lab” e a segundo “ensino de fundamentos” AND “inteligência artificial” AND “ensino médio” AND “tecnologia”, com o período de pesquisa de 2021 a 2025.

A primeira *string* de busca foi utilizada para localizar trabalhos relacionados ao tema desta pesquisa, visando coletar informações que fossem relevantes para o embasamento deste estudo. Neste sentido, a busca resultou inicialmente em 45 publicações, entre artigos e dissertações, após realizou-se uma busca detalhada onde identificou-se que alguns trabalhos não continham todas as palavras da *string*. Desta forma, somente seis trabalhos possuíam todos os itens da *string* de busca, um artigo em 2021, dois artigos em 2022, um artigo em 2023, dois artigos em 2024 e não foram encontrados artigos até o mês de março de 2025.

A segunda *string* de busca foi elaborada com o objetivo de identificar possíveis metodologias relevantes para esta pesquisa, resultando em 17 trabalhos, onde após realizar uma análise constatou-se que não eram todos os trabalhos que continham as palavras definidas na *string*. Sendo, dois em 2021, um trabalho em 2023 e outro em 2024, totalizando quatro artigos. Ressalta-se que nos anos de 2022 e 2025, até março, não foram encontrados trabalhos. Esses trabalhos colaboram para fundamentar esta pesquisa.

3) Desenvolvimento das sequências didáticas: Nesta etapa realizou-se o desenvolvimento de forma crítica, construindo propostas pedagógicas estruturadas que articularam os conhecimentos teóricos identificados na revisão bibliográfica e nos documentos norteadores. Foram organizadas em etapas progressivas, partindo do conhecimento conceitual da IA e RE, até sua implementação em um simulador robótico *Open Roberta Lab*. Seguiram as seguintes etapas para sua criação: i) Tema da Aula; ii) Objetivos; iii) Conteúdo; iv) Metodologia; v) Recursos; vi) Avaliação; vii) Referências.

4) Avaliação das sequências didáticas: Nesta etapa foram avaliadas as sequências didáticas com professores de Computação, que ocorrerá por meio de execução de entrevista semiestruturada, buscando analisar os objetivos, procedimentos metodológicos, o processo de avaliação das atividades e a adequação ao contexto escolar.

5) Análise dos resultados: Nesta etapa foram analisados e avaliados as sequências didáticas, realizadas com professores de Computação, com o objetivo de identificar pontos de melhoria permitindo uma análise tanto qualitativa quanto quantitativa. Foram examinados critérios como clareza, coerência e adequação das atividades propostas, alinhamento com os documentos norteadores e viabilidade da implementação no contexto escolar. A análise qualitativa buscou identificar percepções, sugestões e desafios apontados pelos professores, enquanto a análise quantitativa permitirá determinar a aceitação e eficácia das sequências didáticas.

6) Refinamento das sequências didáticas: Nesta etapa foram realizados o refinamento das sequências didáticas com base na avaliação feita pelos professores na etapa anterior. Foram revisadas, ajustadas e aprimoradas as propostas pedagógicas, levando em consideração as observações e sugestões apresentadas. Identificando pontos de fragilidade, potencializando aspectos positivos e assegurando a adequação das sequências às necessidades dos alunos e ao contexto educacional.

4 EXECUÇÃO DO ESTUDO

Este capítulo apresenta uma listagem dos resultados esperados com o desenvolvimento deste projeto de pesquisa, além os resultados parciais obtidos de acordo com a execução das atividades estipuladas na metodologia.

4.1 Definição da sequência didática

A sequência didática foi definida com base em uma abordagem estruturada em etapas progressivas, visando à construção gradual do conhecimento. Neste contexto, adotou-se a organização em cinco conteúdos, planejados de modo a articular as ações do professor com as atividades dos estudantes. Cada conteúdo contempla objetivos específicos, estratégias de ensino e propostas de aprendizagem que dialogam entre si, promovendo o desenvolvimento de competências e habilidades ao longo do processo. A seguir, a Figura 49 apresenta o blocos de conteúdos que compõem a sequência didática.

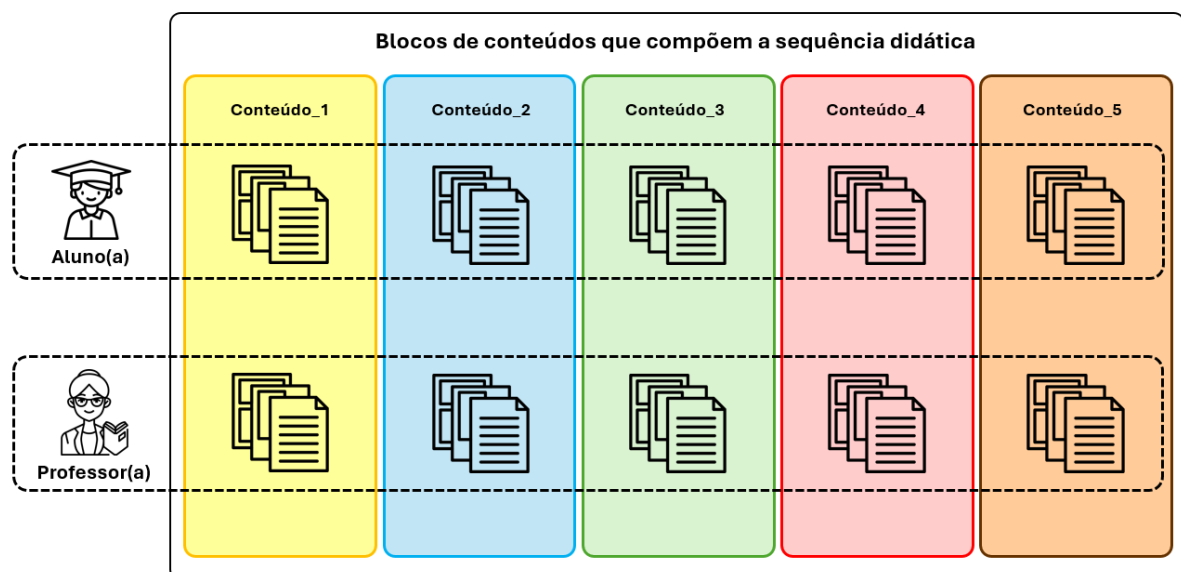


Figura 49 - Blocos de conteúdos que compõem a sequência didática. Fonte: do autor.

A Figura 49 apresenta uma representação esquemática da sequência didática organizada em cinco conteúdos distintos, distribuídos de forma linear. Cada coluna corresponde a um material midiático, identificado como Conteúdo 1 até Conteúdo 5, e está delimitada com diferentes cores, o que facilita a visualização da progressão dos temas abordados ao longo do processo de ensino e aprendizagem. Neste sentido, a

sequência é apresentada em um formato visual, permitindo identificar as atividades voltadas tanto ao professor quanto aos alunos.

Na lateral esquerda da Figura 49, há duas figuras ilustrativas que representam os papéis do aluno e do professor. A seção superior da sequência didática é dedicada às atividades destinadas aos alunos, enquanto a seção inferior corresponde às ações do professor. As atividades são simbolizadas por ícones de documentos sobrepostos, indicando a presença de múltiplas tarefas e materiais de apoio relacionados a cada conteúdo.

Neste contexto, disposição apresentada evidencia a articulação entre o planejamento docente e o percurso formativo dos estudantes. A organização paralela da sequência didática permite visualizar a simultaneidade das ações, possibilitando que o professor acompanhe, oriente e ajuste as atividades conforme o desenvolvimento do conteúdo. Neste sentido, a delimitação clara dos espaços destinados ao professor e ao aluno reforça o papel do docente como mediador intencional do processo educativo e do estudante como sujeito ativo na construção do conhecimento.

Ademais, a estrutura visual adotada favorece o planejamento sistemático de unidades temáticas, promovendo maior coerência entre os conteúdos e os objetivos de aprendizagem. Dessa forma, representar a progressão dos conteúdos de forma sequencial e integrada, a imagem ilustrada sustenta a construção de trajetórias didáticas que respeitam o desenvolvimento cognitivo dos alunos. Essa organização contribui para a continuidade do processo educativo, assegurando que cada etapa se relacione com a anterior e prepare para a seguinte, fortalecendo a intencionalidade pedagógica e a eficácia do ensino.

4.1.1 Conteúdo da sequência didática

O conteúdo da sequência didática foi estruturado com base na integração entre os fundamentos da Computação, a introdução à IA e o uso de tecnologias educacionais, tendo como eixo central o simulador robótico *Open Roberta Lab*. Neste contexto, proposta organiza o ensino em etapas progressivas que articulam conceitos históricos, fundamentos teóricos e práticas experimentais. O percurso inicia com a

familiarização dos estudantes com a interface do simulador e os princípios da programação em blocos, relacionando esses elementos à trajetória de Alan Turing.

Em seguida, aprofunda-se a compreensão do funcionamento de RNAs, por meio da coleta e tratamento de dados com sensores e do desenvolvimento de modelos simples de tomada de decisão. Essa organização favorece o desenvolvimento do pensamento computacional e a construção de competências previstas na BNCC Computação, ao mesmo tempo em que estimula o protagonismo estudantil por meio de atividades práticas e contextualizadas.

A Matriz de Design Instrucional (DI), disponível no Apêndice A, voltada ao ensino médio, com foco na integração de XNNs e o uso do simulador robótico *Open Roberta Lab*, organiza os componentes fundamentais de um curso intitulado “Redes Neurais Explicáveis com o Simulador Robótico *Open Roberta Lab*”, detalhando informações como o público-alvo, objetivos, ementa e carga horária, além de estruturar os conteúdos em módulos com base nos objetivos específicos, habilidades da BNCC de Computação e estratégias de aprendizagem correspondentes. A seguir, a Figura 50 apresenta uma visão geral da Matriz de DI.

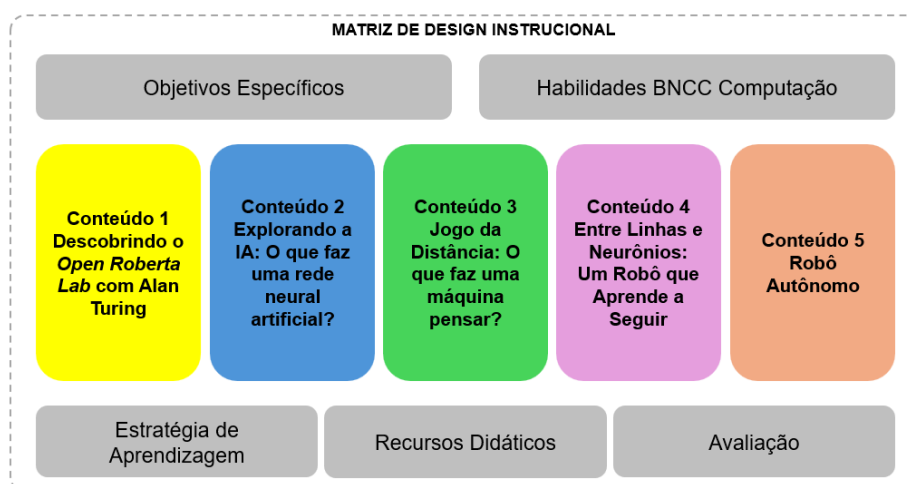


Figura 50 – Visão geral da Matriz de DI. Fonte: do autor.

Na Figura 50, é possível observar que todos os conteúdos que constam na Matriz de DI, na parte inferior da figura, possuem as seguintes informações, parte superior da figura: a) Objetivos Específicos: Resultados de aprendizagem observáveis e mensuráveis esperados ao final do conteúdo/atividade, descrevendo o que o estudante fará, em que condição e com qual critério de qualidade; b) Habilidades da BNCC Computação: Informa as competências/habilidades da BNCC Computação que o conteúdo mobiliza (códigos e enunciados), orientando o alinhamento curricular e a

avaliação; c) Estratégia de aprendizagem: Conjunto de metodologias, passos práticos e recursos para atingir os objetivos (inclui papel do professor, do estudante e avaliação formativa). Desta forma, é possível identificar quais fatores pedagógicos estão entrelaçados nos conteúdos e como a aplicação sequencial propõe o fortalecimento do ensino de IA e RE baseados nas habilidades da BNCC Computação. A seguir serão apresentados os conteúdos que integram à sequência didática.

4.1.1.1 Conteúdo 1 - Descobrimo o *Open Roberta Lab* com Alan Turing

O conteúdo da aula apresentado integra de forma articulada a trajetória histórica de Alan Turing com a introdução à programação por meio da plataforma *Open Roberta Lab*. O planejamento parte de uma contextualização histórica que destaca as principais contribuições de Turing para a computação, incluindo a resolução de problemas na Segunda Guerra Mundial e o desenvolvimento da máquina de Turing. Em seguida, os alunos são conduzidos a explorar a interface do *Open Roberta Lab*, utilizando a lógica algorítmica para simular o movimento de robôs virtuais, com inspirações diretas na atuação e nos conceitos elaborados por Turing.

A metodologia predominante está centrada nas atividades *maker*, privilegiando a experimentação prática e a construção ativa do conhecimento pelo estudante. Em oposição à abordagem tradicional baseada em exposição e resolução abstrata de problemas, o foco está em desafiar o aluno a manipular blocos de programação, testar hipóteses e aprimorar comandos para resolver desafios práticos. A aula propõe tarefas como desenhar figuras geométricas no plano cartesiano com o robô simulado, exigindo reflexão sobre lógica, sequência de comandos e ajustes a partir da observação dos resultados. A seguir, a Figura 51 apresenta a resolução do primeiro desafio deste conteúdo.

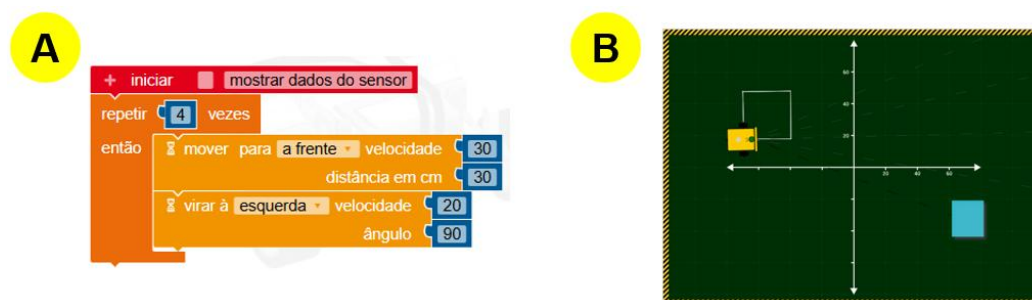


Figura 51 – Resolução do primeiro desafio do conteúdo 1. Fonte: do autor.

Observa-se na Figura 51, em “A” é o conjunto de blocos que transmitem para o robô os comandos necessários para que ele faça uma sequência de movimento que possibilita desenhar um quadrado na superfície do plano cartesiano, como é visto em “B”. Desta forma, os alunos são inseridos na proposta pedagógica do uso *Open Roberta Lab*, fazendo-os explorar o simulador para melhor compreensão da interface.

Neste sentido, nota-se que os desafios propiciam um diálogo interdisciplinar ao integrar conceitos matemáticos uso do plano cartesiano, geometria e raciocínio espacial e fundamentos da Computação e a eventos históricos como a Segunda Guerra Mundial. Os desafios propostos exigem cálculos de ângulos, análise de repetições e compreensão da relação entre os comandos e os movimentos do robô. O contexto da trajetória de Turing estimula a compreensão de como a computação se tornou ferramenta decisiva em momentos históricos, favorecendo uma aprendizagem conectada às realidades tecnológicas e sociais contemporâneas.

Neste contexto, à habilidade da BNCC contemplada abrangem a capacidade de desenvolver projetos de robótica e programação EM13CO16, resolução de problemas com base lógica, construção de instruções claras para máquinas e análise crítica de algoritmos. O conteúdo propõe instrumentos de avaliação e acompanhamento do progresso, sugerindo o uso de diários de bordo e plataformas digitais para registro das atividades e reflexão sobre os processos. Dessa forma, reforça-se a autonomia do estudante, a aprendizagem significativa e o protagonismo na construção do conhecimento.

4.1.1.2 Conteúdo 2 - Explorando a IA: O que faz uma rede neural artificial?

A proposta do conteúdo adota metodologia *maker* com foco em experimentação prática, programação em blocos no *Open Roberta Lab* e uso de sensores para coleta de dados, substituindo exercícios de rotina por ciclos de hipótese, teste e ajuste do comportamento robótico mediado por redes neurais simples xNN. O conteúdo articula o conceito *perceptron*, e desafios no simulador que exigem calibração de entradas, definição de limiares e observação sistemática de respostas do robô a variações de luz refletida. Essa estrutura promove investigação guiada, com protagonismo discente na construção do algoritmo e no controle de

variáveis, assegurando vínculo entre teoria e prática. A Figura 50 apresenta a leitura do sensor de cor, identificando a quantidade de luz refletida no *Open Roberta Lab*.

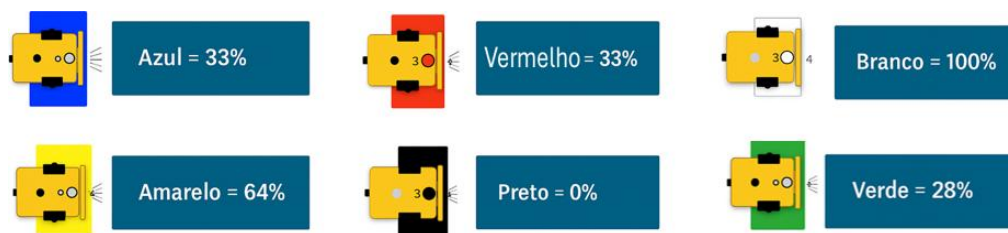


Figura 52 – Leitura do sensor de cor no simulador *Open Roberta Lab*. Fonte: do autor.

Na Figura 52, observa-se as informações geradas no simulador *Open Roberta Lab* sobre a porcentagem da quantidade luz refletida. Com base nesse tipo de dado é possível controlar o robô por meio de uma xNN. A proposta desse desafio é justamente o treinamento da xNN com dados oriundos do sensor de cor, fazendo com mude a velocidade de deslocamento de acordo com a cor que é identificada.

Neste contexto, é possível observar as conexões interdisciplinares existentes no conteúdo, que entrelaçam a Computação, Ciências e Matemática, mobilizando a medição comparação e interpretação de valores de refletância da luz. Neste sentido, o contexto histórico apresenta o *perceptron*, por Rosenblatt (1957), como marco formativo dos modelos de IA, lançado de ponte para fundamentos da Computação e para leituras históricas sobre avanços técnicos-científicos na contemporaneidade.

Neste cenário, as habilidades da BNCC contempladas incluem EM13CO10, EM13CO12 e EM13CO16, com ênfase em compreender princípios de IA, produzir e analisar dados e desenvolver projetos de robótica em simuladores. O percurso exige pensamento lógico para decompor problemas, organizar fluxos em blocos, definir variáveis, condições e laços, e análise crítica para interpretar leituras sensoriais e ajustar parâmetros de redes neurais e limites de ativação.

4.1.1.3 Conteúdo 3 - Jogo da Distância: O que faz uma máquina pensar?

O terceiro conteúdo amplia a complexidade das interações entre sensores e RNAs, agora com foco em programar o robô para manter distância segura de obstáculos e, com isso, discutir autonomia e comportamento inteligente em agentes robóticos. Alinha-se às habilidades da BNCC EM13CO16 (projetos de robótica em simuladores) e EM13CO12 (produção e análise de dados para tomada de decisão),

ao exigir que os estudantes colem, organizem e utilizem dados sensoriais para ajustar o comportamento do robô.

A estratégia didática parte de uma revisão breve do funcionamento básico de uma RNA (*perceptron*) e do papel dos pesos/limiares na decisão, conectando com o que foi praticado anteriormente com sensor de cor/luz. Em seguida, introduz-se o sensor ultrassônico no *Open Roberta Lab* como nova fonte de dados, ele mede distâncias e fornece valores contínuos que serão usados como entradas para a rede. Assim, os alunos visualizam como diferentes sensores convertem fenômenos do ambiente em números que, processados por uma RNA simples, determinam saídas de controle (p. ex., velocidade). A Figura 53, apresenta a leitura do sensor ultrassônico, identificando a distância entre o robô e o objeto na área de simulação.

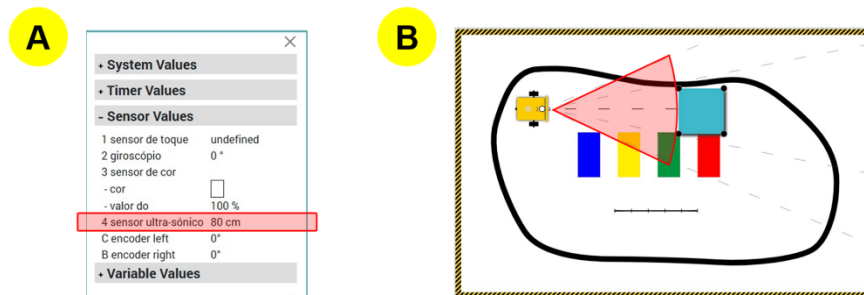


Figura 53 – Leitura do sensor de cor no simulador *Open Roberta Lab*. Fonte: do autor.

A Figura 53 possível observar em “A” os dados capturados por todos os sensores contidos no robô, em destaque o valor do senso ultrassônico, que está acoplado na porta quarto do robô e sendo informado o valor de 80 cm. Já em “B”, é apresentada a simulação do robô, em vermelho a área de atuação do senso ultrassônico. Para que o robô mantenha a distância segura do objeto uma RNA é construída e treinada pelos alunos sob orientação do professor.

Na prática, os alunos programam o robô para responder automaticamente a níveis de proximidade, desacelerar quando o obstáculo está a média distância, parar quando muito próximo e seguir adiante quando o caminho está livre. Para isso, definem-se faixas de entrada (em centímetros) e regras/limiares de ativação, treinando e ajustando os pesos da rede até que o robô apresente um deslocamento estável. O processo envolve coleta rápida de dados, registro em tabela (distância implica na saída de velocidade) e iterações de teste–ajuste, promovendo análise crítica de erros e refinamentos.

Ao final, espera-se que os estudantes expliquem o funcionamento de uma RNA simples, utilizem sensores (luz e ultrassônico) para captar dados do ambiente e treinem/ajustem um modelo básico capaz de controlar a velocidade do robô conforme a situação detectada. O desafio consolida a noção de agente autônomo, aprofunda a relação entrada/processamento/saída e evidencia como escolhas de pesos, limiares e faixas impactam o comportamento observado, fortalecendo a compreensão prática de IA, robótica educacional e tomada de decisão baseada em dados.

4.1.1.4 Conteúdo 4 - Entre Linhas e Neurônios: Um Robô que Aprende a Seguir

O quarto conteúdo busca levar os estudantes a compreenderem como RNAs podem simular comportamentos autônomos. Neste sentido, busca-se entender os princípios de decisão de uma RNA simples, por meio da programação um robô seguidor de linha utilizando sensores de cor. Assim, interpretando o papel das entradas sensoriais, das saídas motoras e dos pesos neurais no processo de aprendizagem e ajuste do comportamento. O desafio baseia-se na habilidade da BNCC EM13CO16, ao envolver o desenvolvimento de um projeto de robótica em simulador com foco na integração entre percepção, processamento e ação.

A estratégia didática inicia com a exibição de um vídeo demonstrativo de seguimento de linha, seguida de uma discussão comparativa entre duas abordagens, a programação direta (regras *if-then* estáticas) e aprendizagem por RNA (pesos/limiares ajustáveis). Essa ativação conceitual posiciona os estudantes para perceberem o que muda quando o controle do robô depende de parâmetros treináveis em vez de regras fixas, preparando-os para justificar escolhas de modelagem e critérios de avaliação de desempenho.

Na prática, os alunos utilizam o *Open Roberta Lab* para configurar uma RNA simples em que as leituras dos sensores de cor (esquerdo e direito) alimentam o modelo e as saídas motoras controlam as velocidades diferenciais das rodas. Os grupos coletam leituras em diferentes trechos da pista (sobre linha, fora da linha, borda), definem pesos e limiares, e iteram ciclos de teste-ajuste para reduzir oscilações, zigue-zagues e atrasos de resposta. A Figura 54, apresenta a RNA construída no desafio e a programação utilizada para o robô seguidor de linha.

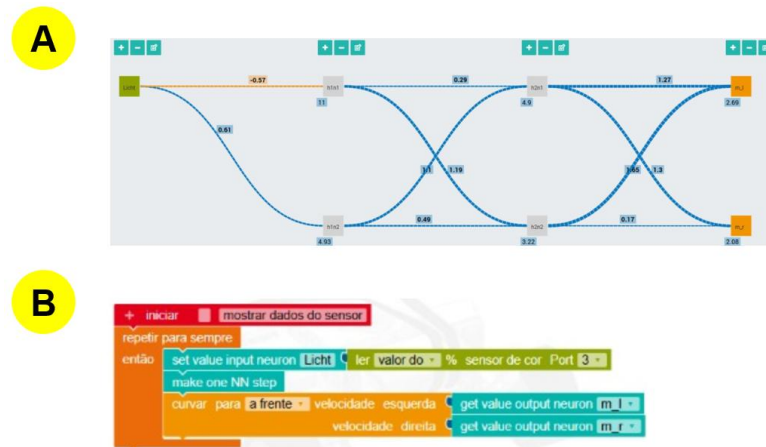


Figura 54 - Em “A” RNA do desafio e “B” programação para execução do desafio. Fonte: do autor.

Com a execução deste desafio, espera-se que os estudantes expliquem como uma RNA transforma entradas em ações, implementem um seguidor de linha funcional e analisem criticamente o impacto de pesos, limiares e ruído sensorial no comportamento do robô. O desafio oferece uma vivência concreta de decisão autônoma, apoiando a reflexão sobre o que caracteriza uma ação “inteligente” em sistemas artificiais e consolidando a articulação entre percepção (sensores), cognição (modelo) e atuação (motores) no contexto da RE.

4.1.1.5 Conteúdo 5 - Robô Autônomo

O quinto e último conteúdo realiza a síntese da sequência, tendo como propósito programar um robô autônomo capaz de tomar decisões a partir de entradas sensoriais múltiplas. Os alunos compreendem o uso de sensores ultrassônicos para detecção de obstáculos, programando um robô com RNA para decidir desvios e empregando sensor de toque como salvaguarda em caso de falha. Para isto, eles testam e ajustam pesos para melhorar o desempenho. Neste sentido, o desafio se é fundamentado nas habilidades EM13CO16 (projetos de robótica em simuladores), EM13CO12 (uso de dados para tomada de decisão) e EM13CO10 (fundamentos, potencialidades e limites da IA).

A estratégia começa com uma ativação de repertório sobre robôs autônomos no cotidiano (aspiradores, carros, drones), problematizando quando uma ação pode ser considerada “inteligente” e que riscos/limites existem. Na sequência, apresenta-se o projeto no *Open Roberta Lab*, um robô equipado com dois ultrassônicos para

percepção frontal/lateral e sensor de toque como recurso de emergência, cujo comportamento é mediado por uma RNA simples.

Na parte prática, os alunos replicam e/ou ajustam o projeto, construindo o fluxo entradas (distâncias/contato), processamento (pesos/limiares) e saídas (velocidades diferenciais). Eles definem faixas de distância, mapeiam respostas (desacelerar, contornar, parar), e executam ciclos de coleta de dados, teste e ajuste para reduzir colisões, oscilações e latência de resposta. O registro inclui tabelas de medições, prints do programa e justificativas para mudanças de pesos/limiares. Como é possível observar na Figura 55, para execução deste desafio é necessário para a implementação de três sensores ultrassônicos, como observável em “A”, pois desta forma é possível mapear de maneira mais precisa o espaço à frente do robô, apresentado em “B”.

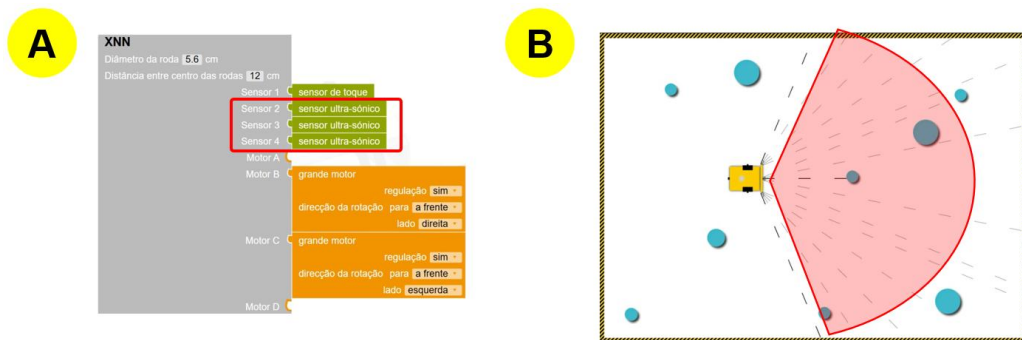


Figura 55 – Em “A” configuração do robô e em “B” o campo e atuação do robô. Fonte: do autor.

Neste sentido, este conteúdo promove uma discussão crítica sobre confiabilidade e segurança, pois analisa: Como o sensor de toque mitiga falhas? Quando dados ruidosos levam a decisões inadequadas? Quais *trade-offs* entre sensibilidade e estabilidade? O fechamento articula teoria, prática e contexto social da tecnologia, consolidando a compreensão de como múltiplos sensores, modelos simples de IA e critérios baseados em dados se integram para produzir (e limitar) o comportamento autônomo em robótica educacional.

4.2 Metodologia da sequência didática

A metodologia empregada foi estruturada de forma sequencial, garantindo que cada etapa tivesse um papel específico no processo de aprendizagem as sequências didáticas estão disponíveis no *link* do *Google Drive* <<https://encurtador.com.br/cbDJ>>. A visão das etapas que compõe a metodologia da sequência didática está abaixo na

Figura 56. O primeiro momento foi voltado à conexão inicial, em que o professor buscou estabelecer vínculos entre a proposta da aula e os conhecimentos prévios dos estudantes. Essa fase é marcada por estratégias de engajamento, para despertar a curiosidade e criar um ambiente propício para a participação. A preparação inicial funcionou como suporte para o avanço das atividades, assegurando que todos os alunos compreendessem a dinâmica que seria conduzida.

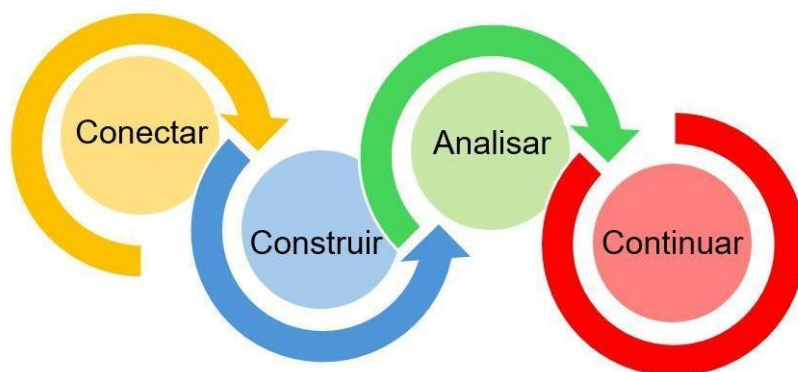


Figura 56 – Etapas que compõe a metodologia da sequência didática. Fonte: do autor.

Na etapa seguinte, voltada à construção, os alunos foram conduzidos à prática por meio de desafios graduais em ambiente de simulação. Essa fase privilegiou a experimentação, permitindo que os estudantes aplicassem estratégias diversas e testassem hipóteses de forma autônoma. O professor exerceu o papel de mediador, oferecendo orientações e incentivando o ajuste de soluções a partir dos erros observados. Essa prática possibilitou uma aprendizagem ativa, baseada na resolução de problemas e na exploração de possibilidades.

O terceiro momento foi dedicado à análise, em que os estudantes sistematizaram os resultados obtidos durante a realização das tarefas. Nesse espaço, foram incentivados a refletir sobre os procedimentos utilizados, descrevendo as etapas da execução e avaliando a coerência das soluções construídas. Essa reflexão crítica favoreceu o desenvolvimento da capacidade de autoavaliação, ao mesmo tempo em que permitiu identificar avanços e pontos de melhoria. Assim, consolidando uma compreensão mais profunda dos processos adotados e de sua eficácia.

O quarto momento, a continuidade foi proposta como etapa de exploração autônoma, na qual os estudantes puderam dar sequência às atividades de forma independente. Com foco na ampliação da autonomia e na consolidação do aprendizado sem intervenção direta do professor. Essa fase final incentivou a iniciativa

individual e o protagonismo dos alunos, possibilitando que aprofundassem os conhecimentos a partir de suas próprias descobertas.

Neste contexto, é possível observar que a sequência didática proposta, nesta pesquisa é baseada na adoção de métodos ativos de ensino, que por sua vez posicionam o aluno como protagonista do próprio processo de aprendizagem, tornando-o participante ativo que observa, questiona, discute, ensina e realiza atividades práticas, enquanto o professor atua como mediador e orientador, conferindo sentido ao aprendizado (LÔBO, 2024).

Outro ponto importante sobre a metodologia da sequência didática é a utilização de uma abordagem *maker*. Nessa perspectiva, é relevante salientar que a *Cultura Maker* é caracterizada pela ruptura metódica e o fortalecimento do “faça você mesmo” “*do it yourself*” (SILVA, 2021). Nesse contexto, observa-se que a *Cultura Maker* não se limita a um movimento técnico ou criativo, mas reflete uma postura social e cultural que valoriza a autonomia, a experimentação e a capacidade de produzir soluções a partir de recursos acessíveis.

Assim, para consolidar a compreensão do percurso metodológico, a seguir são apresentadas, de forma detalhada, as quatro etapas da sequência didática, sendo: Conectar, construir, analisar e continuar (correspondentes a conexão inicial, construção, análise e continuidade). Em cada etapa, descrevem-se objetivos específicos, procedimentos, recursos, instrumentos de avaliação e evidências de aprendizagem, de modo a explicitar como os momentos se articulam para promover protagonismo discente, experimentação orientada e reflexão crítica sobre o próprio processo de aprender.

4.2.1 Conectar

O momento conectar foi concebido como a etapa de abertura da aula, responsável por introduzir os alunos à temática da atividade. Com base em estratégias de contextualização, busca-se estabelecer uma ponte entre o conteúdo a ser trabalhado e situações familiares ou de relevância no cotidiano dos estudantes. Essa aproximação inicial teve como objetivo criar sentido para o que seria desenvolvido, tornando o processo de aprendizagem mais significativo desde o início.

A abordagem utilizada envolveu a apresentação de informações que ativassem conhecimentos prévios, estimulando a curiosidade e a predisposição para a exploração do tema. O professor assume uma postura mediadora, conduzindo a turma com perguntas reflexivas e situações-problema que instigavam o pensamento crítico. Essa construção inicial do cenário de aprendizagem é fundamental para gerar envolvimento com a proposta.

Neste sentido, à medida que os alunos demonstravam interesse e compreensão sobre o contexto apresentado, foram gradualmente introduzidos os objetivos da aula, delimitando o escopo da atividade. Esse direcionamento não apenas traz clareza às expectativas da tarefa, como também contribuiu para o planejamento mental das ações futuras. Neste contexto, o momento conectar não se limitou a uma simples introdução, mas assumiu papel fundamental na preparação para a ação.

Assim, a preparação intencional, baseada em estímulos cognitivos e afetivos, criou as condições necessárias para que os estudantes transitassem para a etapa seguinte da aula com um propósito claro e motivação adequada. Com isso, estabeleceu-se uma base sólida para o momento construir, no qual os alunos aplicariam ativamente os conceitos introduzidos nesta primeira fase.

4.2.2 Construir

No momento construir, os estudantes são convidados a participar de forma ativa da experiência de aprendizagem, colocando em prática os conhecimentos mobilizados anteriormente. Essa etapa foi pautada na realização de atividades práticas com o uso de tecnologias digitais, o que permitiu o desenvolvimento de habilidades técnicas, cognitivas e colaborativas. A proposta envolveu a execução de tarefas desafiadoras, planejadas de forma a estimular o raciocínio lógico, a criatividade e a resolução de problemas.

Durante a realização das atividades, os alunos exploraram diferentes estratégias para alcançar os objetivos definidos. Essa exploração foi orientada por um conjunto de instruções e desafios progressivos, permitindo a autonomia na tomada de decisões. Neste contexto, a construção do conhecimento ocorreu por meio da

interação com os materiais e com os colegas, promovendo a cooperação e a troca de saberes em um ambiente de aprendizagem dinâmico e investigativo.

Nesse cenário, o papel do professor foi o de facilitador do processo, oferecendo suporte técnico, tirando dúvidas pontuais e incentivando a perseverança diante dos obstáculos. A mediação docente valorizou a experimentação, o erro como parte do processo e a reconfiguração das estratégias adotadas, contribuindo para a construção de um ambiente pedagógico centrado no estudante. A prática, nesse sentido, foi entendida como meio de aprendizagem, não como fim em si mesma.

Desse modo, ao concluir as tarefas propostas, os estudantes produzem soluções para os desafios e acumulam experiências que servem como objeto de reflexão na etapa seguinte. Assim, o momento construir não se encerra em si, mas abre espaço para a análise crítica do percurso realizado, conduzindo naturalmente à fase analisar.

4.2.3 Analisar

Esta etapa analisar tem como finalidade promover a reflexão crítica sobre a experiência vivenciada na fase anterior. Por meio de questionamentos direcionados, os estudantes devem ser convidados a observar, descrever e interpretar as decisões tomadas, os procedimentos executados e os resultados obtidos. Esse momento possibilita a retomada consciente dos passos realizados, favorecendo a compreensão da proposta do desafio.

Neste sentido, a discussão, onde os alunos avaliam a coerência das estratégias adotadas, reflete sobre os acertos e as dificuldades enfrentadas. Esse processo de autoavaliação permite compreender melhor a lógica da atividade e os efeitos das escolhas feitas. O momento foi caracterizado pela escuta ativa, argumentação e troca de ideias entre os participantes.

Outro aspecto relevante é a reflexão voltada à análise dos erros, compreendidos como elementos constitutivos do processo de aprendizagem. Os estudantes são estimulados a revisar suas estratégias, reconhecendo limitações e identificando possibilidades de aprimoramento. Essa abordagem favorece o desenvolvimento de uma postura investigativa e crítica, ampliando a capacidade de

interpretação dos resultados obtidos e contribuindo para o replanejamento consciente de ações futuras.

Concluído essa etapa, os alunos estão aptos a sintetizar e organizar os conhecimentos adquiridos ao longo do desafio. Neste contexto, a consolidação das aprendizagens ocorre por meio de registros reflexivos, que permitiram retomar os principais aspectos do percurso desenvolvido. Esse encaminhamento marca a transição para o próximo momento da proposta pedagógica, o continuar, dedicado à sistematização e à documentação das experiências vividas pelos alunos.

4.2.4 Continuar

Nesse contexto, esta etapa representa um momento de consolidação e expansão da aprendizagem, no qual os alunos são convidados a sistematizar as experiências vivenciadas, registrar suas descobertas e refletir sobre os conhecimentos construídos. Após, enfrentarem desafios práticos e analisarem suas decisões e resultados, os estudantes organizam as informações no diário de bordo, registrando pontos interessantes do desafio, tais como: Pontos positivos e pontos negativos do desafio, os procedimentos realizados para execução do desafio e o que foi fortalece na autonomia e no pensamento científico. Dessa forma, essa etapa também favorece o desenvolvimento da capacidade de comunicar processos e resultados, conectando a prática ao registro reflexivo e contribuindo para produção de uma avaliação que alcança tanto o viés quantitativo quanto qualitativo.

4.3 Avaliação da sequência didática

A avaliação da sequência didática é entendida como processo contínuo e formativo, articulando evidências para retroalimentar o planejamento e a melhoria dos materiais antes de chegarem aos estudantes. Em termos de finalidade, equilibra-se o uso formativo (ajustar o percurso) e somativo (verificar o alcance de objetivos), com foco especial no formativo dada a natureza de construção e validação de uma proposta docente (OECD, 2023). A literatura recente reforça que a qualidade do *feedback* e o alinhamento entre objetivos, atividades e critérios de sucesso são determinantes para a melhoria do ensino e aprendizagem (HATTIE; ZIERER, 2023).

Desta forma, como a pesquisa está direcionada aos professores de Computação do Ensino Médio, o papel docente torna-se central, pois são eles que julgam a pertinência didática, a clareza dos objetivos, a viabilidade dos recursos e a coerência entre tarefas e evidências de aprendizagem. Neste sentido, o desenho de avaliação mostra que a intencionalidade do professor, ao explicitar critérios, mediar evidências e negociar significados, produz ganhos concretos na qualidade do material e na aprendizagem que dele decorre (HATTIE; ZIERER, 2023; OECD, 2023).

Coerente com diretrizes internacionais para tecnologias educacionais e IA, a avaliação também contempla aspectos éticos e de confiança (transparência, segurança e adequação pedagógica), assegurando que a proposta não apenas funcione tecnicamente, mas seja compreensível e justificável em termos educacionais (UNESCO, 2023). Assim, a avaliação com docentes opera como filtro de qualidade pedagógica e responsabilidade, condição prevista nesta pesquisa ao propor validação das sequências por professores de Computação do Ensino Médio.

4.3.1 Métodos de avaliação

Adotou-se uma estratégia métodos mistos, coleta qualitativa (entrevista semiestruturada) e quantitativa (questionário), para ampliar a compreensão interpretativa e a triangulação dos achados. Em pesquisas aplicadas na educação, combinações desse tipo favorecem a compreensão do “como” e “por que” os materiais funcionam, ao mesmo tempo em que geram indicadores mensuráveis para comparação e tomada de decisão (CRESWELL; CRESWELL, 2023).

O viés qualitativo permite acessar percepções, racionalizações e usos situados do professor, elementos difíceis de capturar apenas por escalas. Entrevistas semiestruturadas bem planejadas elevam a validade e confiabilidade dos achados quando ancoradas em roteiro claro, critérios éticos e procedimento analítico sistemático (DO CARMO, 2024). Para análise dos dados, decidiu-se empregar a codificação temática com matriz de categorias alinhada aos objetivos da sequência, como por exemplo, clareza dos objetivos, adequação das tarefas, viabilidade técnica, avaliação por meio do *feedback* dos entrevistados.

Já o viés quantitativo agrega escala e comparabilidade. Neste sentido, questionários com itens fechados em escala tipo *Likert*, campos abertos curtos e

seções por construto (clareza, alinhamento BNCC, viabilidade, engajamento, avaliação) produzem dados consistentes para sínteses e gráficos (NAPE, 2024; BROWN; HALE, 2023). Os resultados dos dois métodos estão integrados em um quadro de convergência/divergência para orientar ajustes nas sequências (CRESWELL; CRESWELL, 2023).

4.3.1.1 Entrevista semiestruturada

Justificativa e potencial o acesso a critérios profissionais que os docentes usam para julgar sequências (coerência interna, carga de trabalho, adequação tecnológica) e evidencia racionalizações pedagógicas por trás de elogios/críticas, dados fundamentais para a conclusão da pesquisa, tais como para refinar objetivos, tarefas, recursos e avaliação (DO CARMO, 2024). Pois, particularmente para esta pesquisa, será útil para explicar o que “funciona” ou “não funciona” na sequência didática.

Neste sentido, considerando que os professores não são da mesma cidade, as entrevistas são *on-line* síncronas, por meio do *Google Meet*⁵, com gravação autorizada e termo de consentimento digital. Para isto, o roteiro de 20 a 30 min conduzirá as entrevistas e ele cota os com blocos: (1) percepção geral da sequência; (2) análise de cada momento (Conectar, Construir, Analisar, Continuar); (3) avaliação dos instrumentos (rubrica/registro); (4) aspectos técnicos do *Open Roberta Lab*; (5) sugestões de melhoria.

4.3.1.2 Questionário

O questionário permite a produção de indicadores comparáveis sobre a clareza dos objetivos, alinhamento BNCC, viabilidade técnica, envolvimento previsto e avaliação/formas de evidência. Neste sentido, a proposta de instrumento tem três seções, sendo: (A) Perfil docente; (B) Julgamento da sequência (objetivos, tarefas, recursos, avaliação, equidade/acessibilidade); (C) Itens abertos breves (perguntas sobre fragilidades e condições para uso). Para isto, a aplicação *on-line* por meio *Google Forms*⁶, com consentimento eletrônico e com o tempo estimado de 8 a 10 min.

⁵ *Google Meet*: <https://meet.google.com/landing>.

⁶ *Google Forms*: <https://docs.google.com/forms/u/0/>.

Assim, a estatística descritiva apresentará os percentuais por categoria e síntese visual com gráficos simples. Já os dados oriundos de itens abertos serão codificados pela temática e mapeados prioritariamente. Neste contexto, a integração dos achados do questionário com as entrevistas será exposta em uma matriz de triangulação para orientar os ajustes finais da sequência.

5 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Este capítulo apresenta e discute os resultados obtidos nesta pesquisa, por meio do questionário e da entrevista com os participantes. Com o objetivo de analisar a validação dos professores sobre a sequências didáticas propostas neste estudo.

5.1 Perfil da amostra

A distribuição da amostra que participou desta pesquisa ressalta um aspecto de heterogeneidade, além dos contextos geográficos que são representados pelas microrregiões amazonenses. Fizeram parte da amostra, professores de diferentes municípios que residem em cidades que são polos em microrregiões distintas. A Figura 57, ilustra as microrregiões que compuseram a amostra desta pesquisa.

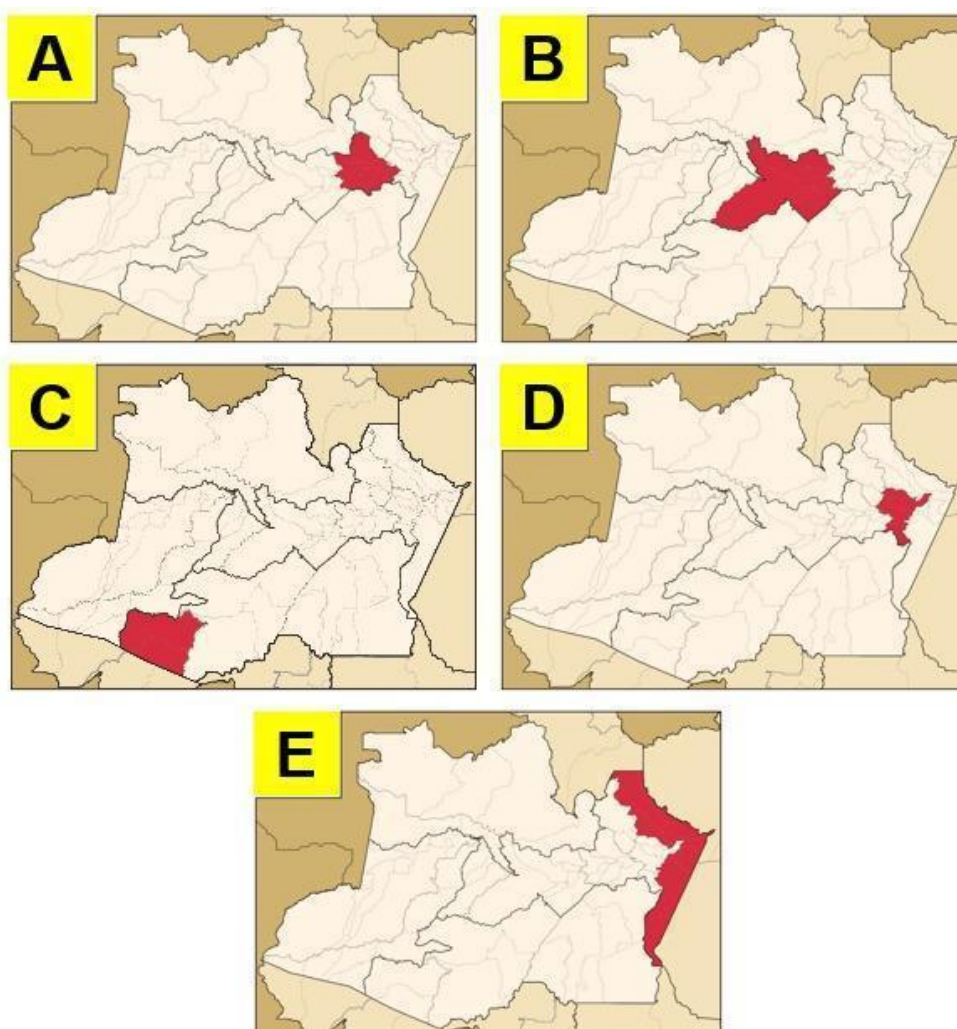


Figura 57 – Microrregiões que compuseram a amostra. Fonte: Elaborada pelo autor.

A Figura 57 (A) refere-se a um participante da capital do estado, que representa a microrregião Manaus (Autazes, Careiro, Careiro da Várzea, Iranduba, Manacapuru, Manaquiri, Manaus); Em (B) refere-se a um participante da cidade de Coari, que

representa a microrregião Coari (Anamã, Anori, Beruri, Caapiranga, Coari, Codajás); Em (C) refere-se a um participante de Boca do Acre, que faz parte da microrregião Boca do Acre (Boca do Acre, Pauini); Em (D) refere-se a um participante da cidade de Itacoatiara, que integra à microrregião Itacoatiara (Itacoatiara, Itapiranga, Nova Olinda do Norte, Silves, Urucurituba); e em (E) a um participante do município de Parintins, que compõe a microrregião Parintins (Barreirinha, Boa Vista do Ramos, Maués, Nhamundá, Parintins, São Sebastião do Uatumã, Urucará).

A heterogeneidade de uma amostra em uma pesquisa científica é fundamental para garantir a validade externa dos resultados, permitindo que as conclusões possam ser generalizadas para diferentes contextos e populações. Quando uma amostra contempla sujeitos com distintas características sociodemográficas, cognitivas ou culturais, o estudo adquire maior representatividade e robustez metodológica. Além disso, a diversidade de perfis favorece a identificação de padrões e variabilidades que seriam invisíveis em grupos homogêneos. Assim, a heterogeneidade contribui para a confiabilidade dos achados e para a construção de conhecimento científico mais inclusivo e abrangente. (GIL, 2019; MARCONI; LAKATOS, 2021)

Dessa forma, à heterogeneidade presente nos territórios brasileiros, a influência de fatores geográficos e socioeconômicos manifesta-se de forma significativa na composição e distribuição da amostra (NOGUEIRA, 2025). Neste sentido, as microrregiões possuem diferenças em aspectos socioeconômicos, culturais e estruturais, o que contribui para a compreensão das variações observadas nos dados. Outro ponto, importante a ser dialogado, está relacionado ao número de alunos matriculados no Ensino Médio no corrente ano. Tendo em vista que esta pesquisa é direcionada a esse público em específico.

Para coleta de dados referente a matrículas de alunos no Ensino Médio, foi utilizado Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) <<https://www.ibge.gov.br/>>, o principal órgão responsável pela produção e disseminação de informações estatísticas e geocientíficas do país, disponibilizando em seu portal dados sobre demografia, economia, território e educação. Dessa forma, no âmbito educacional, o *site* reúne informações provenientes de pesquisas como a Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua (PNAD Contínua), que permite acompanhar indicadores relacionados às matrículas, frequência e escolarização de estudantes no ensino médio. A partir desses levantamentos, o IBGE

divulga dados atualizados sobre o número de jovens matriculados, a taxa de escolarização na faixa etária de 15 a 17 anos e a distribuição por rede de ensino, contribuindo para a análise das condições de acesso e permanência nessa etapa da educação básica, os dados estão atualizados até o ano de 2024. O Quadro 2, representa a Microrregião de Manaus.

Quadro 2 – Microrregião de Manaus. Fonte: Elaborado pelo autor.

Microrregião Manaus	Cidades	Alunos matriculados no Ensino Médio
	Autazes	1.973
	Careiro Castanho	1.709
	Careiro da Várzea	941
	Irlanduba	3.096
	Manacapuru	5.934
	Manaquiri	942
	Manaus	96.807
		Total: 111.402

O Quadro 2, representa a microrregião de Manaus e os respectivos municípios que compõem (Autazes, Careiro, Careiro da Várzea, Irlanduba, Manacapuru, Manaquiri e Manaus), caracteriza-se pela diversidade socioeconômica e geográfica, refletindo as particularidades da região central do Amazonas. Esse território inclui áreas densamente povoadas, como a capital Manaus, e municípios com menor concentração populacional com Manaquiri. No conjunto da microrregião, o número de estudantes matriculados no Ensino Médio no corrente ano totaliza 111.402 alunos. A seguir no Quadro 3, representa a Microrregião Coari.

Quadro 3 – Microrregião de Coari. Fonte: Elaborado pelo autor.

Microrregião Coari	Cidades	Alunos matriculados no Ensino Médio
	Anamã	534
	Anori	715
	Beruri	1.210
	Caapiranga	634
	Coari	3.643
	Codajás	1.125
	Anamã	534
		Total: 7.861

O Quadro 3, também apresenta o número de alunos matriculados no Ensino Médio nos municípios de formam a Microrregião de Coari (Anamã, Anori, Beruri, Caapiranga, Coari e Codajás). Considerando contrastes de urbanização, densidade demográfica e infraestrutura urbana que variam entre microrregiões nos dados

coletados é apresentado o quantitativo de matriculados 7.861 alunos. A seguir no Quadro 4, representa a Microrregião de Boca do Acre.

Quadro 4 – Microrregião de Boca do Acre. Fonte: Elaborado pelo autor.

Microrregião Boca do Acre	Cidades	Alunos matriculados no Ensino Médio
	Boca do Acre	1.569
	Pauini	590
		Total: 2.159

O Quadro 4, expõe os dados da Microrregião de Boca do Acre, formada pelos municípios de Boca do Acre e Pauini, localiza-se no sudoeste do Amazonas, na fronteira com o estado do Acre. Caracteriza-se por extensas áreas de floresta e várzea, com economia baseada na pecuária, agricultura familiar, pesca (ALMEIDA, 2022). No conjunto da microrregião, o número de estudantes matriculados no ensino médio totaliza 2.159 alunos. A seguir no Quadro 4, representa a Microrregião Itacoatiara.

Quadro 5 – Microrregião de Itacoatiara. Fonte: Elaborado pelo autor.

Microrregião Itacoatiara	Cidades	Alunos matriculados no Ensino Médio
	Itacoatiara	5.889
	Itapiranga	506
	Nova Olinda do Norte	1.643
	Silves	631
	Urucurituba	871
		Total: 9.540

O Quadro 5, demonstra a Microrregião de Itacoatiara, composta pelos municípios de Itacoatiara, Itapiranga, Nova Olinda do Norte, Silves e Urucurituba, localiza-se na região centro-leste do estado do Amazonas. Destaca-se por sua relevância econômica e logística, especialmente pelo papel do município de Itacoatiara como importante polo comercial e portuário (SANTOS, 2023). No conjunto da microrregião, o número de estudantes matriculados no ensino médio totaliza 9.540 alunos. A seguir no Quadro 6, representa a Microrregião de Parintins.

Quadro 6 – Microrregião de Parintins. Fonte: Elaborado pelo autor.

Microrregião Parintins	Cidades	Alunos matriculados no Ensino Médio
	Barreirinha	2.219
	Boa Vista do Ramos	1.079
	Maués	3.296
	Nhamundá	977
	Parintins	6.167
	São Sebastião do Uatumã	538
	Urucará	827
		Total: 15.103

O Quadro 6, representa a Microrregião de Parintins, composta pelos municípios de Barreirinha, Boa Vista do Ramos, Maués, Nhamundá, Parintins, São Sebastião do Uatumã e Urucará, situa-se na porção oriental do estado do Amazonas. Neste sentido, a microrregião destaca-se por sua expressiva diversidade cultural, tendo o município de Parintins como importante centro econômico, conhecido nacionalmente pelo Festival Folclórico do Boi-Bumbá (JUSTI, 2024). Tendo nesta microrregião matriculados 15.103 alunos no ensino médio.

Neste sentido, a amostra desta pesquisa é marcada pela heterogeneidade sociogeográfica, refletindo as particularidades das microrregiões amazônicas onde os participantes atuam. Essa diversidade revela realidades educacionais distintas, escolas urbanas mais estruturadas contrastando com contextos rurais e ribeirinhos, que influenciam diretamente o acesso a recursos tecnológicos, à formação continuada e à implementação de práticas inovadoras (PEREIRA, 2024). Tal composição amplia a relevância da pesquisa, pois permite compreender como as diferentes condições de infraestrutura e experiências docentes interferem na apropriação de ferramentas como o *Open Roberta Lab* e no ensino de conceitos de RNA. Assim, a pluralidade das microrregiões não apenas legitima a amostra, como também fortalece a análise sobre a aplicabilidade da sequência didática em múltiplos contextos escolares da Amazônia.

Contudo, essa heterogeneidade também impõe desafios interpretativos e pedagógicos, uma vez que a disparidade entre as condições de trabalho e o acesso a tecnologias educacionais pode gerar diferentes níveis de compreensão entre os docentes. Essa diversidade requer uma leitura crítica dos resultados, reconhecendo que o impacto das sequências didáticas e o domínio dos simuladores virtuais não podem ser generalizados de forma homogênea. Precisa-se reforçar a necessidade de políticas formativas territorialidades e de abordagens pedagógicas que considerem as singularidades de cada microrregião amazônica, suas limitações logísticas, suas potências culturais e suas especificidades sociotécnicas, como elementos centrais para a promoção de uma educação em Computação verdadeiramente inclusiva e contextualizada.

5.1.1 Montagem do perfil docente

Para montagem do perfil docente da amostra, foi aplicado um conjunto de questões por meio de um questionário no *Google Forms*, visando identificar as experiências docentes e avaliar a proposta pedagógica desenvolvida. As questões iniciais tratam da faixa etária, tempo de atuação, qual o nível de ensino o docente atua, experiência com RE, familiaridade com simuladores virtuais e uso de conceitos de IA. As demais questões, abordam a coerência dos conteúdos e objetivos da sequência didática, a clareza dos objetivos de aprendizagem, a adequação e viabilidade das atividades e a acessibilidade dos recursos propostos. Também são investigadas sugestões de aprimoramento e as condições necessárias para a implementação das sequências didáticas no contexto escolar. O Quadro 7 apresenta as questões utilizadas.

Quadro 7 – Questões *Google Forms*. Fonte: Elaborado pelo autor.

Quest.	Descrição das questões
Q1	Questão de faixa etária identifica a idade dos participantes para caracterizar o público.
Q2	A questão sobre tempo de atuação como docente busca identificar a experiência profissional dos participantes.
Q3	A questão sobre nível(is) de ensino de atuação visa identificar em quais etapas da educação o participante trabalha.
Q4	A questão sobre experiência com Robótica Educacional tem como objetivo verificar se o participante possui vivência prática nessa área
Q5	A questão sobre conhecimento prévio de simuladores virtuais para o ensino de robótica busca identificar o nível de familiaridade do participante com essas ferramentas.
Q6	A questão identifica se o participante já trabalhou conceitos de Inteligência Artificial em sala de aula, relacionando essa prática à sua experiência docente.
Q7	A questão verifica se o conteúdo 1 da sequência didática está alinhado aos objetivos propostos, avaliando sua pertinência e coerência pedagógica.
Q8	A questão verifica se o conteúdo 2 da sequência didática está alinhado aos objetivos propostos, avaliando sua pertinência e coerência pedagógica
Q9	A questão verifica se o conteúdo 3 da sequência didática está alinhado aos objetivos propostos, avaliando sua pertinência e coerência pedagógica
Q10	A questão verifica se o conteúdo 4 da sequência didática está alinhado aos objetivos propostos, avaliando sua pertinência e coerência pedagógica
Q11	A questão verifica se o conteúdo 5 da sequência didática está alinhado aos objetivos propostos, avaliando sua pertinência e coerência pedagógica
Q12	A questão avalia a clareza dos objetivos de aprendizagem, verificando se estão formulados de modo compreensível e orientam adequadamente as ações pedagógicas.
Q13	A questão analisa a adequação das atividades propostas, verificando se elas estão coerentes com os objetivos de aprendizagem e favorecem o desenvolvimento dos conhecimentos previstos.
Q14	A questão avalia a viabilidade técnica e os recursos disponíveis, considerando se as ferramentas e materiais propostos são acessíveis e suficientes para a execução das atividades.

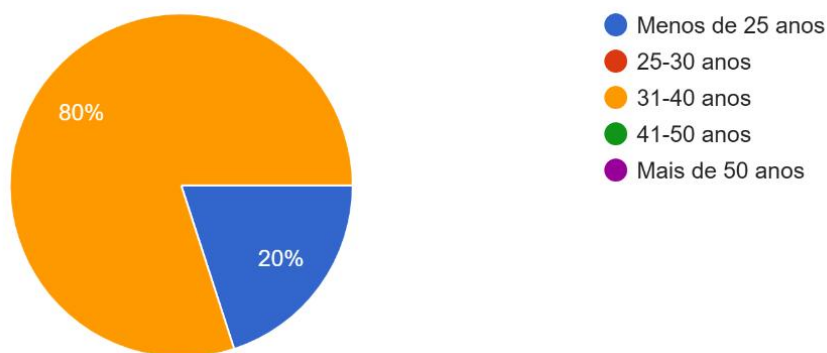
Quest.	Descrição das questões
Q15	A questão analisa a equidade e a acessibilidade, verificando se as atividades e recursos propostos contemplam as necessidades de todos os estudantes, promovendo inclusão e participação igualitária.
Q16	A questão busca identificar sugestões de ajustes ou melhorias que possam aprimorar o material, contribuindo para sua maior clareza, eficácia e aplicabilidade pedagógica.
Q17	A questão investiga quais condições estruturais, formativas e temporais são necessárias para viabilizar a implementação das sequências didáticas na escola.

A composição das questões do questionário aplicado aos docentes apresenta uma abordagem coerente e multifacetada, pois abrange dimensões pessoais, formativas e pedagógicas que influenciam diretamente na análise das sequências didáticas propostas. Aspectos como faixa etária, tempo de atuação e nível de ensino oferecem subsídios para compreender a experiência acumulada e o contexto de aplicação das atividades. Já as perguntas sobre a vivência com RE, familiaridade com simuladores virtuais e uso de conceitos de IA permitem avaliar a adequação técnica e o potencial de assimilação das tecnologias envolvidas. Neste sentido, as vertentes que tratam da coerência dos conteúdos, clareza dos objetivos de aprendizagem, viabilidade das atividades e acessibilidade dos recursos refletem a preocupação em validar a sequência didática quanto à sua relevância pedagógica e aplicabilidade prática, assegurando a consistência entre proposta e contexto escolar.

5.1.2 Resultado da construção do perfil docente

A Q1 até Q6 do questionário foram utilizados para coletar dados com finalidade de caracterizar o perfil dos participantes e compreender aspectos relacionados à sua trajetória profissional. Neste sentido, as questões abordam a faixa etária, o tempo de atuação docente, o nível de ensino em que trabalham, a experiência com RE, o conhecimento prévio sobre simuladores virtuais aplicados ao ensino de robótica e o uso de conceitos de IA em sala de aula. Neste contexto, permitindo traçar um panorama do grupo investigado, contribuindo para a análise das relações entre a formação, a prática pedagógica e o uso de tecnologias educacionais no contexto da pesquisa. O Gráfico 1 apresenta gerado de acordo com Q1, sobre a faixa etária dos participantes da pesquisa.

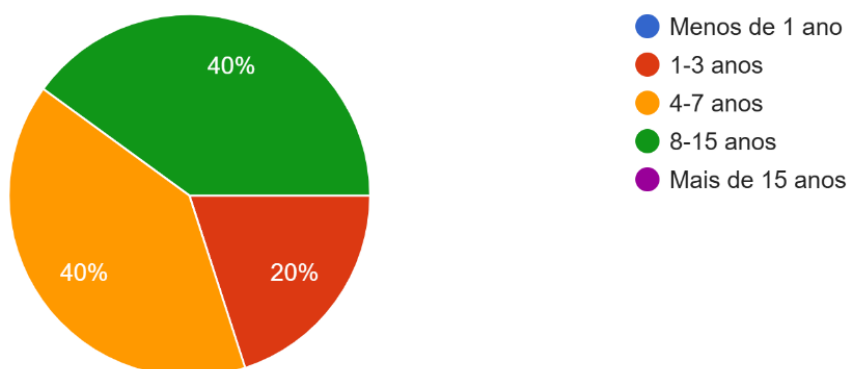
Gráfico 1 - Faixa etária



Fonte: Elaborada pelo autor (2025).

Podemos observar no Gráfico 1 que 80% estão entre 31 e 40 anos e 20% têm menos de 25 anos, as demais faixas 25 a 30 anos, 41 a 50 anos e mais de 50 anos não registraram participantes, indicando uma concentração em um grupo etário específico. O quantitativo da faixa etária de 31 a 40 anos permite observar que os participantes são profissionais como maturidade emocional, capacidade reflexiva e repertório de experiências, o que influencia suas percepções sobre o uso de tecnologias educacionais e metodologias inovadoras. Já os com menos de 25 anos podem representar uma perspectiva mais recente e alinhada às mudanças contemporâneas da formação inicial. Dessa forma, o perfil etário apresentado evidencia uma amostra equilibrada entre maturidade profissional e inserção de novos agentes, contribuindo para uma análise mais ampla e diversificada dos resultados. A seguir o Gráfico 2 apresenta os dados obtidos com Q2.

Gráfico 2 - Tempo de atuação como docente.



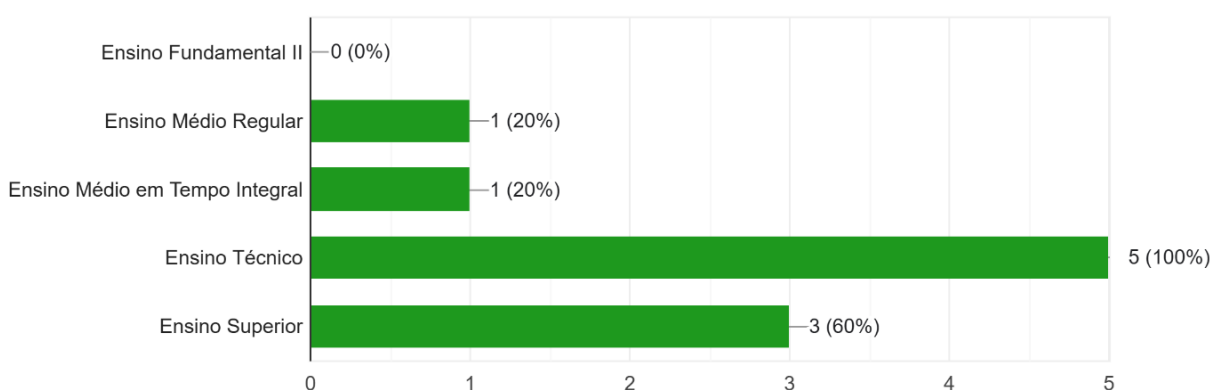
Fonte: Elaborada pelo autor (2025).

Analisando os dados do Gráfico 2, percebe-se 40% dos participantes têm entre 8 e 15 anos, 40% possuem entre 4 e 7 anos de experiência e 20% atuam de 1 a 3 anos na docência. Essa distribuição revela a presença de professores em diferentes estágios de maturidade pedagógica, o que enriquece a análise da pesquisa. Pois, profissionais com maior tempo de docência (8 a 15 anos) tendem a apresentar maior

repertório metodológico e reflexividade crítica sobre as práticas de ensino, contribuindo com uma visão consolidada sobre a aplicabilidade das sequências didáticas. Já aqueles com 4 a 7 anos de experiência representam uma fase de consolidação profissional, mesclando estabilidade docente com abertura a metodologias inovadoras, como o uso do *Open Roberta Lab*. Por outro lado, os docentes com 1 a 3 anos de atuação, em início de carreira, costumam ter maior afinidade com tecnologias digitais, mas ainda estão em processo de construção de identidade pedagógica e de domínio das estratégias didáticas.

Neste sentido, a heterogeneidade de tempo de atuação fortalece a pesquisa, pois permite observar como diferentes perfis de experiência impactam as percepções sobre o uso da RE e da IA na educação básica, promovendo uma análise mais rica e representativa das práticas docentes nos distintos contextos. A seguir, o Gráfico 3 representa os dados coletados na Q3, que enfatizava sobre os níveis de ensino que os participantes atuam atualmente.

Gráfico 3 - Qual(is) nível(is) de ensino o participante atua atualmente.



Fonte: Elaborada pelo autor (2025).

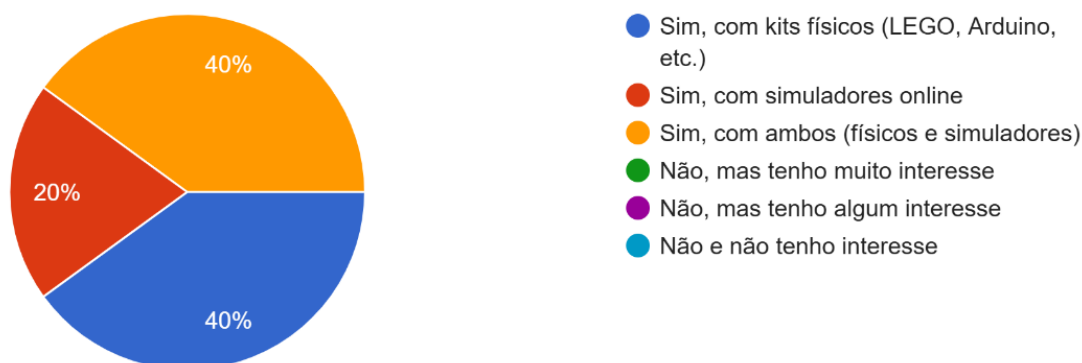
O Gráfico 3 da pesquisa investigou o nível de ensino em que os participantes atuam, permitindo compreender de que forma a atuação dos profissionais se distribuem entre as diferentes etapas da educação básica, técnica e superior, favorecendo uma análise mais detalhada sobre os ambientes de atuação e as demandas específicas de cada nível de ensino. É importante ressaltar que nessa questão os participantes poderiam informar mais de um nível de atuação.

Dessa forma, os resultados apresentados no gráfico indicam que 100% dos respondentes atuam no Ensino Técnico, que 60% que também trabalham no Ensino Superior, e 20% que exercem atividades tanto no Ensino Médio Regular quanto no Ensino Médio em Tempo Integral. Não houve participantes atuando no Ensino

Fundamental II. Os dados evidenciam uma predominância de docentes vinculados ao ensino técnico.

Neste contexto, há participantes que marcaram duas opções de atuação em mais de um nível de ensino, especialmente entre o Ensino Técnico e o Ensino Superior. Essa coincidência de atuação é comum em instituições que oferecem ambos os níveis, sendo uma amostra composta por profissionais com múltiplas experiências educacionais. Dessa forma, amplia a compreensão dos resultados, indicando que os professores possuem experiência sobre diferentes etapas da educação, enriquecendo as interpretações sobre práticas pedagógicas, metodologias e desafios enfrentados na docência e em contextos escolares. A seguir, o Gráfico 4 representa os dados coletados na Q4, que se refere ao nível de familiaridade dos participantes com ferramentas e recursos utilizados nas práticas *maker*, incluindo *kits* físicos como *LEGO* e *Arduino*, bem como simuladores disponíveis em ambiente *online*.

Gráfico 4 - Familiaridade dos participantes com ferramentas e recursos utilizados nas práticas *maker*.



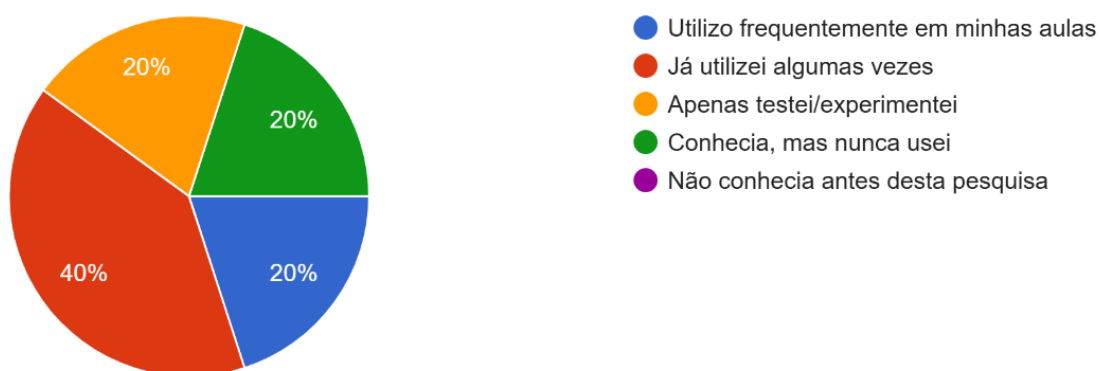
Fonte: Elaborada pelo autor (2025).

O objetivo desta questão consiste em mapear o perfil tecnológico dos participantes quanto à exposição prévia a metodologias *maker* e PC. informação relevante para o planejamento de intervenções pedagógicas que considerem os conhecimentos prévios dos educandos. Neste sentido, ao analisar os dados do Gráfico 4, é possível observar uma distribuição equilibrada entre participantes com experiência em *kits* físicos (40%) e aqueles que combinam recursos tangíveis com simuladores digitais (40%), totalizando 80% da amostra com vivência em materiais concretos. A utilização exclusiva de simuladores *online* foi reportada por 20% dos docentes.

Dessa forma, os participantes com experiência em *kits* físicos e abordagens híbridas, totalizando 80% da amostra. Este dado sugere que a manipulação de objetos

tangíveis permanece como estratégia pedagógica valorizada, possivelmente pela dimensão sensorial e pelo potencial de aprendizagem com os alunos. A presença de participantes que combinam ambas as modalidades revelam uma abordagem integradora, onde recursos físicos e digitais complementam-se na construção de competências ao ensino de RE. A seguir, o Gráfico 5 corresponde a Q5, refere-se à frequência de utilização de ferramentas digitais e simuladores *online* pelos participantes em suas práticas pedagógicas ou atividades *maker*.

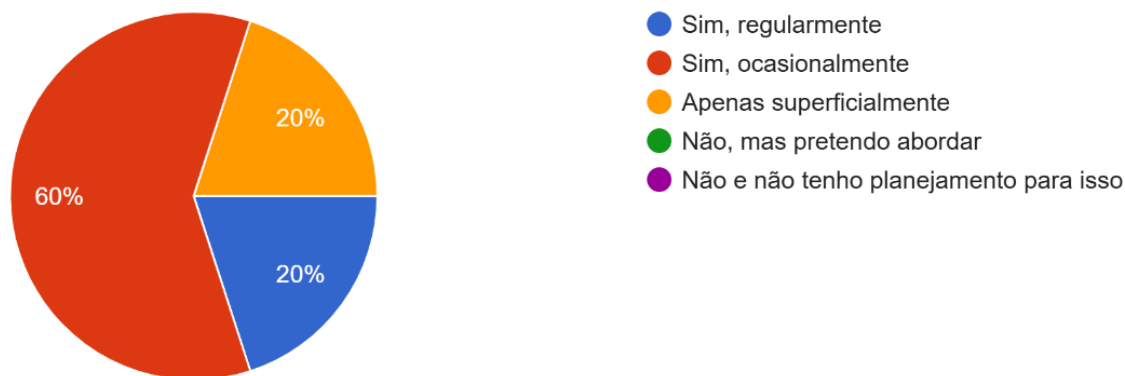
Gráfico 5 - Frequência de utilização de ferramentas digitais e simuladores online.



Fonte: Elaborada pelo autor (2025).

O objetivo dessa questão é mapear o nível de familiaridade e apropriação tecnológica dos respondentes, identificando se as ferramentas são incorporadas regularmente nas aulas, utilizadas esporadicamente, ou permanecem como conhecimento teórico sem aplicação prática. Assim, o Gráfico % apresenta que 60% dos participantes demonstram familiaridade prática 40% uso eventual, 20% uso frequente a adoção permanece fragmentada e incipiente nas práticas pedagógicas cotidianas. O dado mais significativo é que nenhum participante desconheça a ferramenta previamente, demonstrando que o problema central não é de divulgação, mas sim a ausência de mediação adequada, capacitação eficaz e condições materiais que viabilizem a transição do conhecimento teórico para prática da atividade. A seguir, o Gráfico 6 corresponde a Q6 que visa analisar a frequência e a profundidade com que o tema investigado é incorporado nas práticas pedagógicas dos participantes.

Gráfico 6 - Frequência e a profundidade com o tema é incorporado nas práticas pedagógicas.



Fonte: Elaborada pelo autor (2025).

O objetivo da Q6 é de compreender o grau de integração efetiva desse conteúdo no contexto educacional. Observa-se que 60% afirmam realizá-lo ocasionalmente, enquanto 20% o fazem regularmente e outros 20% tratam do assunto apenas de forma superficial. Neste sentido, os resultados indicam que, embora a maioria dos docentes reconheça a relevância da IA e a inclua em suas aulas, essa abordagem ainda ocorre de forma pontual. Já os 20% que o abordam regularmente mostram um grupo mais engajado, que pode inspirar práticas mais consistentes. Assim, os dados reforçam a necessidade de formações que incentivem o uso mais contínuo e intencional da IA na educação.

Dessa forma, análise dos dados revela que os conceitos de IA já estão presentes, em alguma medida, nas práticas pedagógicas dos docentes, mas ainda de forma pouco sistematizada. Nota-se que há um movimento de inserção do tema, contudo, essa abordagem tende a ocorrer de maneira esporádica, sem um planejamento contínuo que assegure sua consolidação no currículo escolar. Tal cenário sugere que, embora os professores reconheçam a relevância da IA no contexto educacional contemporâneo, persistem desafios relacionados à formação docente, à disponibilidade de recursos pedagógicos e à compreensão conceitual necessária para um trabalho mais aprofundado. Há indícios de que o tema é explorado mais como um complemento às aulas do que como um eixo estruturante de aprendizagens significativas. Assim, os dados apontam para a importância de investir em iniciativas formativas e estratégias institucionais que favoreçam o desenvolvimento de práticas consistentes e contextualizadas, capazes de integrar de forma efetiva a IA ao processo educativo.

5.2 Avaliação das sequências didáticas

Para a avaliação das sequências didáticas foram utilizados dois formatos para a o questionário e a entrevista semiestruturada. O questionário foi elaborado e aplicado por meio do *google Forms*, na “Seção B”, o que possibilitou a coleta e a organização automatizada dos dados, facilitando a análise quantitativa das respostas. Já a entrevista semiestruturada foi conduzida com apoio de recursos tecnológicos de gravação utilizando o *Google Meet*, permitindo uma abordagem qualitativa mais aprofundada sobre as percepções dos participantes. A seguir, serão apresentados e discutidos os dados coletados por meio desses dois formatos de avaliação

5.2.1 Questionário

O questionário utilizado na pesquisa foi desenvolvido por meio da plataforma *Google Forms*, escolhida por sua praticidade e acessibilidade. Dessa forma, o recurso tecnológico permitiu criar um instrumento de coleta de dados estruturado, com perguntas objetivas e subjetivas voltadas à obtenção de informações quantitativas e qualitativas. A seguir, no Quadro 8 apresenta as questões utilizadas para analisar as questões e as respectivas respostas.

Quadro 8 – Questões *Google Forms*. Fonte: Elaborado pelo autor.

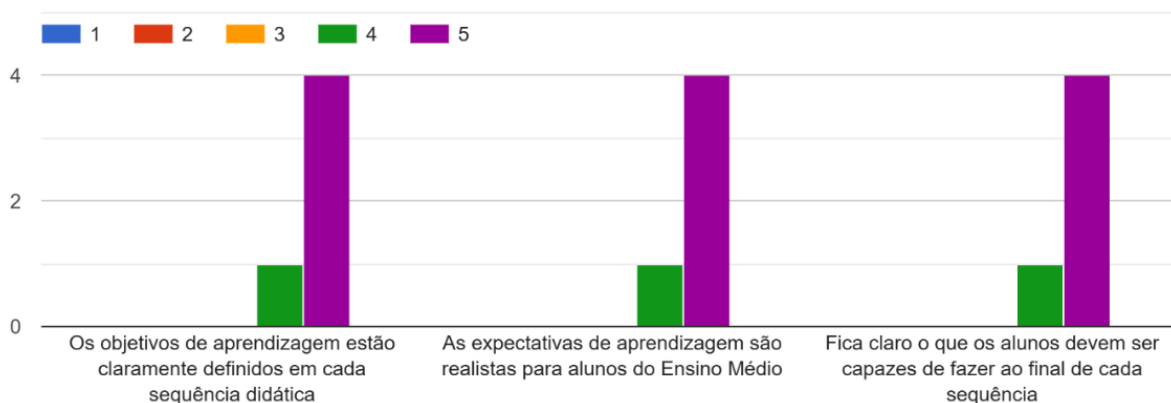
AVALIAÇÃO DAS SEQUÊNCIAS DIDÁTICAS		
Questões	Alternativas	Respostas
O conteúdo 1 da sequência didática "Descobrimo o Open Roberta Lab com Alan Turing" é adequado aos objetivos propostos?	Sim ou Não	100% Sim
O conteúdo 2 da sequência didática "Explorando a IA: O que faz uma rede neural artificial?" é adequado aos objetivos propostos?	Sim ou Não	100% Sim
O conteúdo 3 da sequência didática "Jogo da Distância: O que faz uma máquina pensar?" é adequado aos objetivos propostos?	Sim ou Não	100% Sim
O conteúdo 4 da sequência didática "Entre Linhas e Neurônios: Um Robô que Aprende a Seguir" é adequado aos objetivos propostos?	Sim ou Não	100% Sim
O conteúdo 5 da sequência didática "Robô Autônomo" é adequado aos objetivos propostos?	Sim ou Não	100% Sim

É possível observar no Quadro 8 que cada questão se refere a uma sequência específica, abordando temas como IA, RNAs, RE. Dessa forma, as respostas foram obtidas por meio de um questionário, no qual os participantes deveriam indicar se consideravam o conteúdo adequado (“Sim”) ou não (“Não”). Em todas as cinco questões, o percentual de concordância foi de 100%, revelando unanimidade na percepção de adequação entre os avaliadores.

Neste contexto, principal objetivo dessas questões que vão desde a Q7 até Q11 é verificar se as sequências didáticas desenvolvidas estão alinhadas aos propósitos pedagógicos inicialmente definidos. Essa etapa é fundamental para validar o processo, pois garante que cada proposta contribua de forma coerente para o desenvolvimento das competências previstas, que estão relacionadas à compreensão da IA e ao uso pedagógico da RE. Dessa forma, os resultados apontam para uma aceitação total das sequências didáticas, o que pode indicar um alto nível de coerência entre os conteúdos e os objetivos propostos. No entanto, a unanimidade das respostas também levanta questões sobre a diversidade das percepções dos avaliadores.

As próximas questões, Q12 até a Q15, foi adotada a escala *Likert*, amplamente utilizada em pesquisas quantitativas para avaliar opiniões, atitudes, percepções e comportamentos dos participantes. Essa escala permite capturar a complexidade das opiniões individuais de forma mais precisa do que questões binárias simples, oferecendo uma gradação de respostas que varia de um extremo negativo a um extremo positivo. Dessa forma, a escala foi construída indo desde “1 = Discordo Totalmente, 2 = Discordo Parcialmente, 3 = Nem concordo, nem discordo (Neutro), 4 = Concordo Parcialmente, 5 = Concordo Totalmente”. A seguir, o Gráfico 7 representada a questão Q12, referente a clareza e a coerência pedagógica das sequências didáticas.

Gráfico 7 - Clareza e a coerência pedagógica das sequências didáticas.



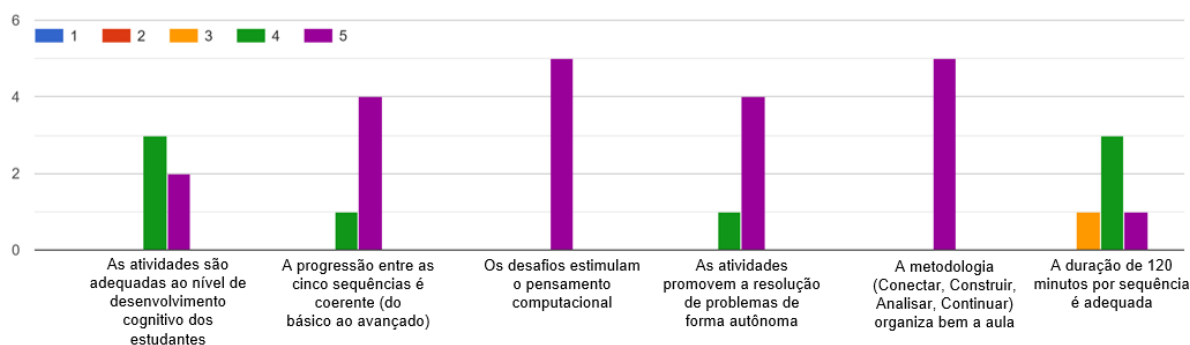
Fonte: Elaborada pelo autor (2025).

Com o objetivo verificar se os objetivos de aprendizagem estavam bem definidos, se as expectativas eram realistas para o público do Ensino Médio e se havia transparência quanto às competências esperadas ao final de cada sequência. Essa dimensão buscou aferir a qualidade do planejamento educacional, considerando a

relação entre metas, estratégias de aprendizagem. Dessa forma os dados do Gráfico 7 indicam uma presença da pontuação máxima (5) em todos os três itens avaliados, com ocorrências de respostas intermediárias (4). Os docentes consideraram que os objetivos estão bem delineados, coerentes com o nível de ensino e suficientemente explícitos para orientar o trabalho docente e a compreensão dos estudantes.

Dessa forma, a homogeneidade nas respostas sugere que o material desenvolvido apresenta consistência pedagógica e transparência na definição das aprendizagens esperadas. Neste contexto, a presença de poucas respostas inferiores pode estar associada a interpretações individuais sobre o grau de detalhamento dos objetivos ou à familiaridade dos avaliadores com o modelo didático adotado. A seguir, o Gráfico 8 representa a Q13 verifica a percepção dos participantes quanto à qualidade e pertinência de diferentes dimensões das sequências didáticas analisadas.

Gráfico 8 - Qualidade e pertinência de diferentes dimensões das sequências didáticas.

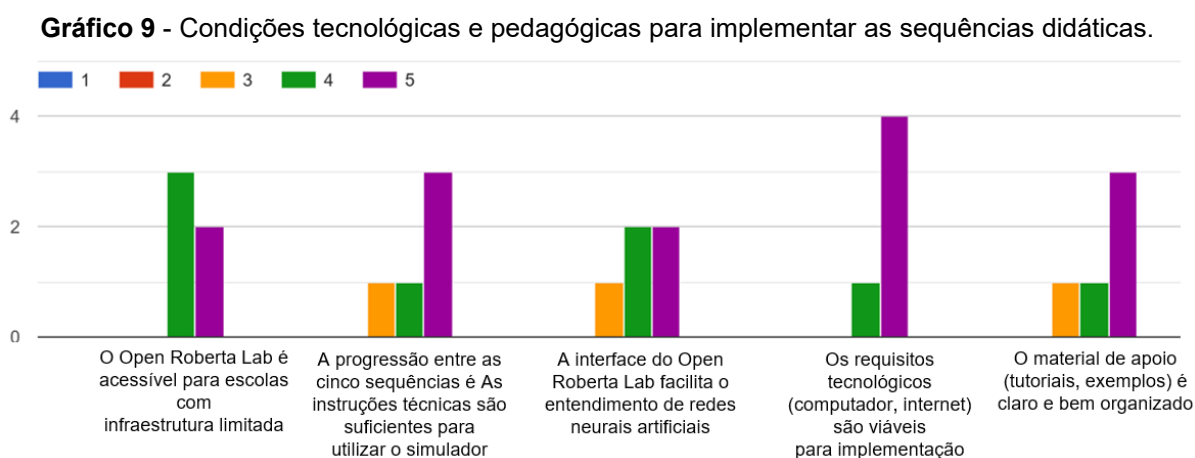


Fonte: Elaborada pelo autor (2025).

A Q13 objetivou identificar a adequação pedagógica das atividades, a coerência na organização das etapas, a capacidade de estimular o PC, o potencial de favorecer a autonomia dos estudantes. Também se pretendeu avaliar a pertinência do tempo destinado a cada sequência, permitindo identificar aspectos estruturais que influenciam a aplicabilidade do material no contexto escolar. Dessa forma, os resultados evidenciam uma tendência de aprovação das cinco primeiras dimensões analisadas, com predominância de respostas no nível mais alto da escala. Esse padrão sugere que os docentes identificaram a consistência na elaboração da sequência didática, principalmente no que se refere à progressão das atividades e ao estímulo ao PC.

Neste contexto, o item referente à duração de 120 minutos apresenta maior dispersão, incluindo avaliações intermediárias e uma avaliação negativa. Essa distribuição sinaliza que o tempo proposto não é percebido de maneira uniforme pelos

participantes. Assim, sugere-se que embora a estrutura geral da sequência seja bem recebida, a carga horária pode representar um desafio operacional quando confrontada com a realidade das escolas, especialmente no que diz respeito à organização dos horários e à capacidade de manter o engajamento dos estudantes. A seguir, o Gráfico 9 representa a Q14 que enfatizou na percepção dos participantes acerca das condições tecnológicas e pedagógicas necessárias para implementar as sequências didáticas com apoio do *Open Roberta Lab*.



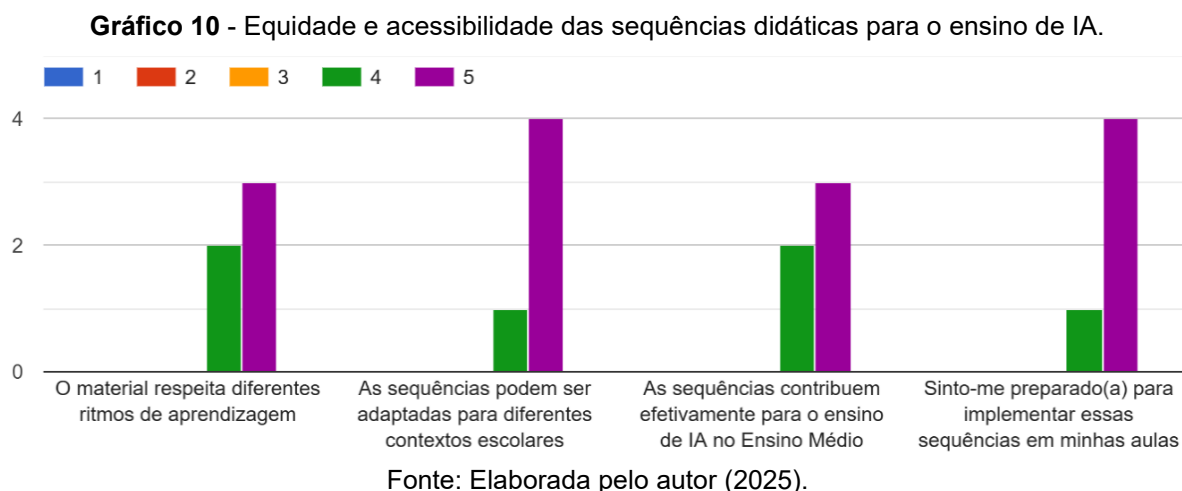
Fonte: Elaborada pelo autor (2025).

Na Q14 avaliou-se a acessibilidade da plataforma, a clareza das instruções técnicas, a funcionalidade da interface para o estudo de RNAs, a viabilidade dos recursos tecnológicos exigidos e a qualidade do material complementar fornecido. O objetivo era compreender se a estrutura técnica oferecida possibilita a adoção das atividades em diferentes contextos escolares.

Dessa forma, os dados evidenciam que o *Open Roberta Lab* é visto pelos participantes como uma ferramenta acessível para diferentes contextos escolares, embora haja divergências decorrentes das condições tecnológicas de cada instituição. A dispersão das respostas no item que envolve a progressão das sequências e a clareza das instruções indica que parte dos participantes considera o material técnico insuficiente para orientar o uso inicial do simulador, apontando para a necessidade de aprimoramento das orientações fornecidas.

Neste contexto, os dados indicam que o simulador apresenta boa aceitação geral quanto aos critérios avaliados, mas também ressaltam a importância de ajustes contínuos nos materiais didáticos, na progressão pedagógica e na interface, para melhor atender à variedade de contextos, vale ressaltar que a fala do Participante 1 sobre os materiais didáticos “Não conseguiu ver os vídeos” pode ter ocasionado na

escolha “3 = Nem concordo, nem discordo (Neutro)”. Dando continuidade, o Gráfico 10 representa a Q15, que buscava avaliar aspectos de equidade e acessibilidade das sequências didáticas produzidas para o ensino de IA no Ensino Médio.



A Q15 visava a adaptação a variados contextos escolares, contribuição efetiva para o entendimento de IA e o grau de preparo dos docentes para a implementação das propostas em suas aulas. Desta forma, a análise dos dados do Gráfico 10, indicam a percepção positiva dos docentes sobre o potencial das sequências didáticas em promover equidade e acessibilidade no ensino de IA. Sendo identificado nas respostas, com a escolha que sugere que os avaliadores reconhecem que o material consegue dialogar com diferentes ritmos de aprendizagem e se ajustar a variados contextos escolares. Indicando que a proposta foi concebida de modo a contemplar a diversidade presente no ambiente educacional, favorecendo sua aplicabilidade em realidades distintas. Neste sentido, a concordância sobre a contribuição das sequências para o ensino de IA no Ensino Médio alinhadas com equidade/acessibilidade reforça a adequação pedagógica do conteúdo e sua articulação com demandas contemporâneas da formação científica.

Em seguida temos Q16 e Q17, ambas questões abertas que tinham o intuito de identificar pontos mais específicos sobre ajustes e melhorias nas sequências didáticas. Além das condições estruturais, formativas e temporais necessárias para a implementação das sequências didáticas no contexto escolar. O Quadro 9, apresenta as respostas da Q16, sobre ajustes e melhorias para o material.

Quadro 9 – Respostas da Q16 sobre ajustes e melhorias. Fonte: Elaborado pelo autor.

ID	Respostas
Participante 1	<i>“O material apresenta boa proposta pedagógica, mas pode ser aprimorado com maior detalhamento conceitual e prático, especialmente considerando que o</i>

ID	Respostas
	<i>público-alvo são professores que, em sua maioria, não são da área de computação. Assim, todos os conceitos, sequências, explicações sobre o simulador e os desafios precisam ser apresentados de forma clara e passo a passo, com exemplos que facilitem tanto o aprendizado do docente quanto sua aplicação em sala de aula. O conteúdo, embora interessante, ainda está muito genérico em algumas partes, exigindo mais profundidade, clareza e transições bem definidas entre teoria e prática. Além disso, seria altamente recomendável criar vídeos curtos explicando a interface do simulador, demonstrando a resolução dos desafios e disponibilizar os links desses vídeos diretamente no material, para apoiar a compreensão dos professores e tornar o processo de aprendizagem mais dinâmico e acessível.”</i>
Participante 2	<i>“O material é bem completo, caso tenha a necessidade de mudanças acho que seriam apenas mudanças pontuais já na execução do material, levando em conta onde e como será implementado.”</i>
Participante 3	<i>“Ter vídeos aulas para acompanhar as sequências.”</i>
Participante 4	<i>“Inserir critérios de avaliação formativa mais explícitos (por exemplo, rubricas de desempenho ou níveis de aprendizagem); incluir orientações diferenciadas para alunos com menor familiaridade digital; complementar o material do aluno com imagens e exemplos visuais do Open Roberta; criar uma atividade integradora final, onde o estudante reúna todos os conhecimentos das 5 aulas num único projeto autônomo.”</i>
Participante 5	<i>“Seria interessante incluir orientações diferenciadas para turmas com menor familiaridade tecnológica, como versões simplificadas dos desafios. Também seria importante adicionar roteiros de mediação para o professor, com exemplos de perguntas orientadoras durante a fase “Analisar”. Dependendo do contexto, inserir opções de atividades offline (em papel ou kits simples) para escolas com conectividade limitada. Ampliar a exploração conceitual das redes neurais com diagramas visuais e analogias mais acessíveis. Criar um guia rápido de resolução de problemas técnicos no Open Roberta Lab.”</i>

É possível observar no Quadro 9, que as respostas abertas da Q16 indicam uma percepção bastante construtiva por parte dos participantes, com foco em aperfeiçoar a clareza, acessibilidade e aplicabilidade prática do material didático. Nota-se que os participantes valorizam a proposta pedagógica, mas identificam a necessidade de detalhamento conceitual mais profundo e de orientações passo a passo, especialmente considerando que muitos professores não são da área de Computação. Essa observação é relevante, pois destaca a importância da mediação pedagógica e da linguagem acessível na transposição de conceitos técnicos para o contexto educacional.

De forma complementar, outras respostas reforçam a importância de adequar o material à diversidade de contextos escolares e perfis de alunos, especialmente no que se refere à familiaridade digital e às condições de infraestrutura tecnológica. A recomendação de incluir versões simplificadas de atividades, roteiros de mediação e opções *offline* reflete uma preocupação com a inclusão digital e a equidade educacional, aspectos essenciais para a efetividade da proposta na realidade

amazônica. As menções a critérios de avaliação formativa e à exploração visual de conceitos complexos, como RNAs, indicam também uma busca por coerência pedagógica e maior densidade epistemológica. Neste sentido, observa-se que as respostas demonstram que o material é bem avaliado em seu potencial formativo, mas requer ajustes que promovam clareza didática, suporte multimodal e sensibilidade contextual para alcançar plenamente seus objetivos educacionais. A seguir, o Quadro 10, apresenta as respostas de Q17, que enfatiza sobre aspectos relacionados a recursos, formação, tempo para implementar as sequências didáticas na realidade dos participantes.

Quadro 10 – Respostas da Q17 sobre recursos, formação e tempo. Fonte: Elaborado pelo autor.

ID	Respostas
Participante 1	<i>“Para implementar as sequências, a escola precisa dispor de computadores com internet, além de formação básica para os professores, que provavelmente não são da área de computação.”</i>
Participante 2	<i>“A escola que trabalho tem um laboratório de informática com mais de 90% dos computadores em uso e todos com acesso a internet, então provavelmente uma formação para professores seria a condição necessária.”</i>
Participante 3	<i>“A sequência está muito bem descrita e de fácil entendimento, no meu caso já trabalho com ferramentas similares e ajudaria muito os alunos a entender melhor os objetivos propostos.”</i>
Participante 4	<i>“Kits de robótica educacional (LEGO EV3, Arduino com sensores ou simuladores equivalentes).”</i>
Participante 5	<i>“Tempo pedagógico ampliado ou blocos de aula integrados (mínimo de 2 horas consecutivas) para realizar as etapas práticas sem interrupções. Suporte técnico ou monitoria estudantil para auxiliar na configuração dos simuladores e resolução de falhas.”</i>

As respostas obtidas na Q17 indicam uma compreensão aprofundada dos requisitos estruturais, formativos e organizacionais necessários para a implementação efetiva das sequências didáticas nas escolas. Os participantes reconhecem que, além da disponibilidade de computadores com acesso à *internet*, é imprescindível garantir formação básica para os professores, sobretudo para aqueles que não possuem formação específica em Computação. Essa constatação reforça a importância de programas de capacitação docente continuada, capazes de promover autonomia pedagógica e domínio técnico sobre os simuladores e recursos digitais propostos. Ademais, a menção à necessidade de *kits* de robótica educacional (como LEGO EV3 e Arduino) evidencia o desejo de ampliar as possibilidades de aprendizagem prática e experimental, articulando o ensino de IA e RE com abordagens mão na massa e exploratórias.

Outro aspecto relevante nas respostas diz respeito às condições temporais e de suporte para a execução das atividades. A solicitação por tempo pedagógico ampliado, com blocos de pelo menos duas horas, e a presença de monitoria estudantil ou suporte técnico apontam para a necessidade de ajustes na organização curricular e logística escolar, a fim de assegurar o andamento fluido das etapas práticas. Essa perspectiva demonstra que a viabilidade da sequência não depende apenas da infraestrutura física, mas também da gestão do tempo pedagógico e da colaboração institucional. Neste sentido, os participantes percebem a proposta como exequível e didaticamente relevante, desde que acompanhada por formação adequada, suporte técnico-pedagógico e condições materiais compatíveis com as demandas de ensino da Computação na Educação Básica.

5.2.2 Entrevista

Outro método utilizado para coletas de dados, foi por meio de entrevista semiestruturada, caracterizadas pela utilização de um roteiro previamente elaborado que orienta a condução das perguntas de acordo com os tópicos definidos. Esse formato permite ao pesquisador seguir um guia de entrevista sem restringir a interação com os participantes, possibilitando a exploração de respostas mais amplas e a inclusão de informações relevantes que possam surgir durante o diálogo (SILVA, 2024). Dessa forma, a entrevista semiestruturada favorece a coleta de dados qualitativos de maneira flexível, preservando a coerência metodológica e garantindo que o conteúdo obtido esteja alinhado aos objetivos da pesquisa. A seguir, no Quadro 11, descreve as questões do roteiro da entrevista semiestruturadas.

Quadro 11 – Questões do roteiro. Fonte: Elaborado pelo autor.

Quest.	Questões do Roteiro
Q1	Qual é sua impressão geral sobre as sequências didáticas apresentadas para o ensino de redes neurais com o Open Roberta Lab?
Q2	Você considera que as sequências possuem coerência interna? Como percebe a organização dos conteúdos e etapas?
Q3	No momento conectar, você considera que as atividades motivam e contextualizam adequadamente o conteúdo para os alunos e professores?
Q4	Durante o momento construir, as atividades são suficientes para que o aluno consiga experimentar e construir o conhecimento esperado?
Q5	No momento analisar, as propostas promovem reflexão e compreensão crítica dos conceitos trabalhados?
Q6	Para o momento continuar, as atividades propostas são claras e estimulam a continuidade do aprendizado fora da aula?

Quest.	Questões do Roteiro
Q7	Você considera que a rubrica de avaliação apresentada é clara e eficaz para mensurar o desempenho dos alunos nas competências propostas?
Q8	Os instrumentos de registro como diário de bordo são adequados para acompanhar o desenvolvimento dos alunos?
Q9	Na sua opinião, o Open Roberta Lab é acessível para escolas com infraestrutura tecnológica limitada?
Q10	As instruções e suporte disponíveis no material são suficientes para que professores com pouca experiência possam aplicar as sequências?
Q11	Quais aspectos das sequências você destacaria como pontos fortes?
Q12	Quais fragilidades ou limitações você identificou no material?

A composição das questões do roteiro das entrevistas aplicadas com os docentes foi estruturada com o objetivo de obter uma avaliação qualitativa e aprofundada das sequências didáticas propostas. Dessa forma, realizou-se a entrevista de forma síncrona por meio da plataforma *Google Meet*, com duração estimada entre 20 e 30 minutos, com o aceite termo de consentimento livre e esclarecido TCLE prévio para gravação. Dessa forma, foram organizados em blocos temáticos, cada um voltado para aspectos específicos da investigação, como “percepção geral da sequência didática” que busca compreender ponto de vista geral do docente em relação as sequências didáticas e sobre sua coerência e a organização. O segundo bloco concentra-se na análise detalhada das etapas Conectar, Construir, Analisar e Continuar buscando compreender a efetividade pedagógica das atividades em cada momento. O terceiro bloco examina os instrumentos avaliativos, como a rubrica e o diário de bordo, investigando sua clareza e aplicabilidade na prática docente. O quarto bloco está relacionado os aspectos técnicos do simulador *Open Roberta Lab*, considerando sua acessibilidade e adequação ao contexto escolar. Por último, o quinto bloco é destinado à coleta de sugestões de melhoria, permitindo identificar tanto os pontos fortes quanto as limitações percebidas pelos participantes. A Figura 58, apresenta registros, devidamente tratados para o anonimato, da realização das entrevistas com os docentes participantes da pesquisa.

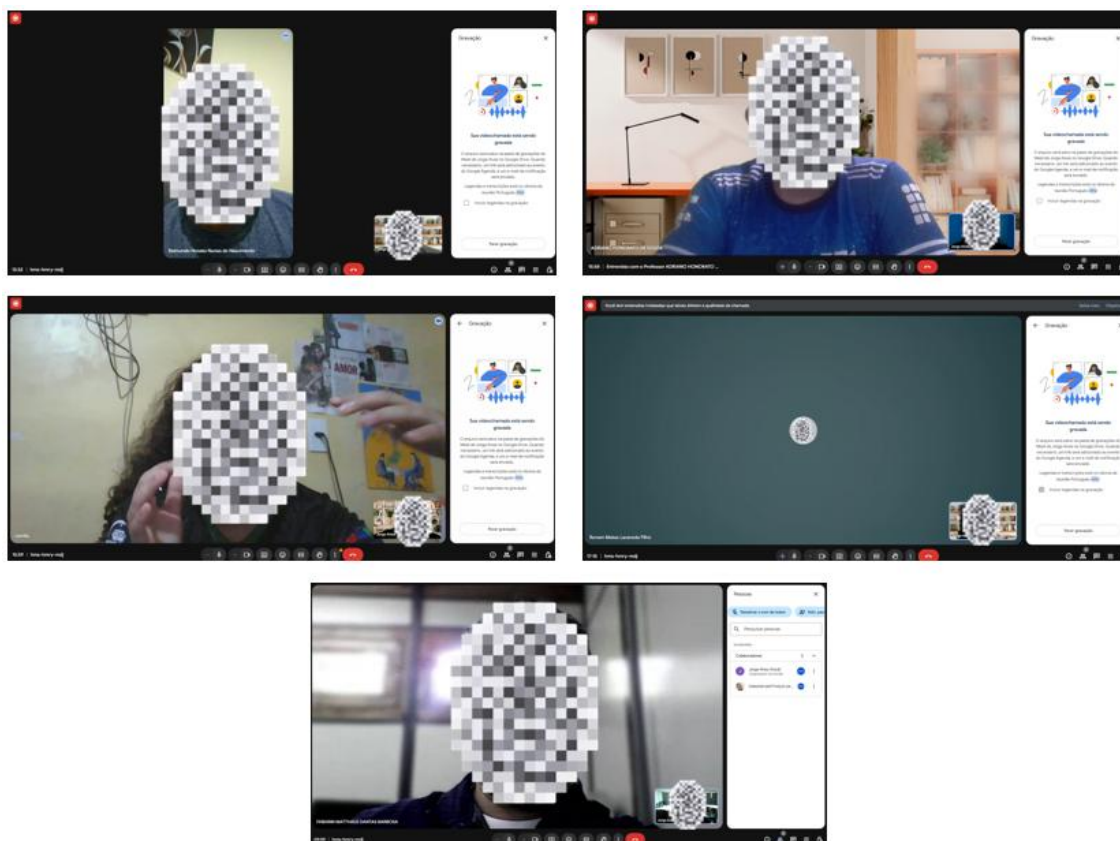


Figura 58 – Registos da realização das entrevistas. Fonte: Elaborada pelo autor.

As entrevistas realizadas permitiram obter percepções qualitativas acerca da aplicabilidade, clareza e pertinência pedagógica das sequências didáticas desenvolvidas. A diversidade de perfis dos docentes participantes favoreceu uma análise crítica e plural sobre o material, evidenciando tanto seus pontos fortes quanto aspectos passíveis de aprimoramento. O registro visual dos encontros na Figura 56 demonstra o comprometimento dos professores com o processo avaliativo, ao mesmo tempo em que reforça a postura ética adotada na pesquisa, assegurando o anonimato e a confidencialidade das informações. Essa etapa qualitativa complementa os dados quantitativos do questionário, permitindo uma interpretação mais profunda sobre as práticas docentes e a viabilidade da proposta em diferentes contextos escolares. Tendo em vista, que a entrevista semiestruturada constitui um importante instrumento nas pesquisas qualitativas, pois possibilita a emergência de sentidos, significados e percepções subjetivas que ampliam a compreensão dos fenômenos educacionais. (MINAYO, 2017).

5.2.2.1 Bloco percepção geral das sequências didáticas

Este bloco tem como propósito identificar a visão inicial dos docentes sobre as propostas destinadas ao ensino de Redes Neurais Explicáveis por meio do simulador

Open Roberta Lab. O conjunto de questões que o integra busca compreender a percepção dos professores quanto à estrutura, coerência interna e organização das etapas que compõem as sequências didáticas. A análise desse bloco permite verificar se os participantes reconhecem a consistência pedagógica e a clareza metodológica do material, elementos fundamentais para avaliar a qualidade e aplicabilidade no contexto do Ensino Médio. Dessa forma, o bloco contribui para uma compreensão abrangente sobre a aceitação e a relevância das propostas educacionais. A seguir, no Quadro 12, descreve a questão Q1 do roteiro da entrevista semiestruturadas, que aborda a impressão geral dos participantes sobre as sequências didáticas.

Quadro 12 – Questão do roteiro Q1. Fonte: Elaborado pelo autor.

ID	Respostas
Participante 1	<i>“Cada sequência se conecta com a anterior [...]”, “Demonstra progressão do básico ao avançado [...]”, “Procedimentos bem elaborados [...]”, “Sequência 1 muito básica para ensino médio técnico [...]”</i>
Participante 2	<i>“Bem prático e sequencial [...]”, “Facilita reaplicação por alunos e professores [...]”, “Material bem estruturado e organizado [...]”, “Clareza nas informações [...]”, “Sequência didática bem prática [...]”</i>
Participante 3	<i>“Sequência considerada bem planejada e adequada ao ensino médio, com organização geral coerente entre as etapas [...]”, “Coerência interna bem estruturada, ainda que com necessidade de transições mais explícitas entre ideias.”</i>
Participante 4	<i>“Conteúdo sucinto e direto ao ponto, com ambientação histórica inicial e progressão que adiciona elementos ao longo das aulas.”, “Organização bem planejadas por blocos que facilita o acompanhamento.”</i>
Participante 5	<i>“Sequência didática bem estruturada, com metodologia clara e objetiva alinhada aos objetivos propostos.”, “Coerência interna entre conteúdos e etapas.”</i>

As repostas obtidas na Q12 indicam que há coerência interna e organização geral das sequências didáticas analisadas. Observa-se um consenso em torno da percepção de progressão lógica e gradual dos conteúdos, o que demonstra que o material promove uma transição adequada do nível introdutório para conceitos mais complexos. Observa-se, ainda, a compreensão da clareza metodológica e da objetividade das propostas, destacando-se a praticidade e a facilidade de aplicação tanto para docentes quanto para estudantes. Dessa forma, a organização por blocos e a estrutura sequencial são apontadas como elementos que favorecem o acompanhamento e a reutilização do material em diferentes contextos educacionais.

Destacam-se, observações sinalizam aspectos que podem ser aperfeiçoados como a do participante 1 *“Sequência 1 muito básica para ensino médio técnico [...]”*, a percepção de que a primeira sequência se mostra demasiadamente simples para o nível técnico do ensino médio e que as transições entre as ideias poderiam ser mais

explícitas. Apesar de que, a fala do participante ocorre porque seus alunos já têm conhecimento sobre lógica de programação, não sendo necessária no seu contexto escolar. A seguir o Quadro 13 representa a Q2 que aborda sobre a coerência interna e a organização dos conteúdos.

Quadro 13 – Questão do roteiro Q2. Fonte: Elaborado pelo autor.

ID	Respostas
Participante 1	<i>“Bem específico e detalhado [...]”, “Explica cada etapa do que será desenvolvido [...]”, “Divisão clara entre material do professor mais aprofundado e do aluno mais aberto [...]”, “Motivação e contextualização adequadas [...]”, “Material específico para professor e aluno [...]”.</i>
Participante 2	<i>“Bem detalhado e claro [...]”, “Os objetivos definidos bem definidos [...]”, “[...] Instruções explicativas de como conduzir cada etapa [...]”, “Então, dá para perceber que, inclusive, ela é bem prática [...]”, “[...] mostra o que o professor deve fazer em cada momento [...]”</i>
Participante 3	<i>“Material em PDF serve de norte para condução das aulas quando complementado por tutoriais em vídeo[...]”, “Sugestão de melhor chaveamento entre ideias e etapas[...]”, “Estrutura faz sentido entre as sequências do material[...].”</i>
Participante 4	<i>“Tutoriais em vídeo integram o material e esclarecem a construção dos códigos [...]”, “Não sei se para adolescentes ficaria tão claro. Entende? Logo, por exemplo, do jeito que está sendo colocado lá, principalmente no material da parte do professor. E acho que não faria tão sentido para os adolescentes.”</i>
Participante 5	<i>“Sim, eu considero sim, não, tá [...] é [...] aí tá tranquilo. Tá, tá ok.”</i>

É possível observar no Quadro 13, que as respostas da Q2 demonstram uma percepção geral de que o material didático apresenta boa organização e clareza nas orientações. Foram ressaltados aspectos como o detalhamento das etapas, a definição dos objetivos e a divisão entre os materiais destinados ao professor e ao aluno. Dessa forma, a estrutura das sequências didáticas é vista como um fator que contribui para a compreensão dos procedimentos e para o planejamento das aulas, favorecendo o uso pedagógico do material em diferentes contextos escolares.

Neste contexto, os recursos complementares, como de tutoriais em vídeos foi avaliada de maneira positiva, pela maioria dos participantes, sendo reconhecida como um suporte que ampliam a compreensão sobre a construção de códigos e até mesmo a definição da RNAs. Ainda assim, foram levantadas observações sobre a necessidade de aperfeiçoar o encadeamento entre as ideias e as etapas, indicando que a transição entre os conteúdos pode ser aprimorada para garantir maior fluidez.

No entanto, um dos participantes expressou dúvidas quanto à adequação do material ao público adolescente, apontando que determinadas explicações, especialmente no conteúdo voltado ao professor, podem não ser suficientemente acessíveis a esse grupo. Dessa forma, embora o material seja percebido como

detalhado e metodologicamente consistente, a análise sugere que sua efetividade depende do ajuste da linguagem e do equilíbrio entre aprofundamento conceitual e clareza comunicativa.

5.2.2.2 Análise da estrutura metodológica das sequências didáticas

A estrutura metodológica de quatro momentos pedagógicos (Conectar, Construir, Analisar e Continuar) representa uma estrutura sistemática para o planejamento e execução de sequências didáticas. Dessa forma, cada momento possui objetivos específicos e características que melhoram para a progressão do aprendizado. A seguir o Quadro 14, representando a Q3 sobre o momento conectar.

Quadro 14 – Questão do roteiro Q3. Fonte: Elaborado pelo autor.

ID	Respostas
Participante 1	<i>“Atividades motivam e contextualizam adequadamente [...]”, “Dá para ter noção do que será feito e desenvolvido [...]”, “Bem interessante tanto para aluno quanto para professor [...]”, “Divisão clara de abordagens [...]”</i>
Participante 2	<i>“Facilita acompanhar como o aluno está construindo conhecimento [...]”, “Estrutura interessante e bem sequencial [...]”, “Metodologia Conectar-Construir-Analisar-Continuar é didaticamente coerente [...]”</i>
Participante 3	<i>“[...] contextualiza o que virá e favorece conversa entre professor e alunos[...]”, “Eu achei muito bacana essa forma que você separou os blocos [...]”, “E o conectar eu gostei bastante também [...]”</i>
Participante 4	<i>“Conectar motiva e contextualiza o conteúdo para alunos e professores quando a passagem para a prática é bem-sinalizada [...]”, “Para conectar tanto o aluno e o professor no conteúdo [...]”, “Eu percebo que algumas aulas, elas meio que ficam muito genéricas [...]”, “Nessa aula, você como professor tem que ensinar isso e aquilo, fazer aquilo, mas não diz como [...]”.</i>
Participante 5	<i>“Sim, sim.”</i>

As repostas obtidas na Q14 indicam um consenso quanto ao momento conectar, que permite compreender o que será desenvolvido, e à divisão das abordagens destinadas a professores e alunos. As observações obtidas indicam, que contribui para aproximar o professor e o aluno na temática, favorecendo o diálogo e a contextualização das atividades. Esse aspecto é mencionado como um ponto que reforça a integração entre as etapas da sequência e auxilia na transição entre a teoria e a prática. Neste contexto, há indícios de que a estrutura em blocos é reconhecida como fator organizador do fluxo de atividades, o que permite acompanhar com maior clareza o desenvolvimento dos alunos. Essa percepção sugere que o material oferece referências didáticas claras e orientações que dão suporte à condução das aulas.

Por outro lado, um dos docentes aponta que certas aulas são apresentadas de forma genérica, sem orientações suficientes sobre como o professor deve conduzir ações específicas. Embora o material apresente coerência e contextualização, o relato indica que, em alguns casos, as orientações não oferecem detalhamento procedimental suficiente para subsidiar o planejamento docente. No entanto, essas observações foram feitas pelo fato de um dos docentes não terem acessado os vídeos tutoriais, que ocasionou dúvidas referente ao material de apoio. A seguir no Quadro 15, representando a Q4 referente ao momento construir.

Quadro 15 – Questão do roteiro Q4. Fonte: Elaborado pelo autor.

ID	Respostas
Participante 1	<i>“Sim. Eu achei até interessante porque eles vão desenvolvendo o pensamento deles nessa questão desde a etapa anterior para poder fazer essa parte prática.”</i>
Participante 2	<i>“Sim. O construir, ele é sempre quando tem desafios, né?”, “Sim. Acho que eles são coerentes com a proposta do conectar”, “acho que eles são coerentes e que eles atingem em real a proposta da aula”</i>
Participante 3	<i>“Sim. Exatamente”, “Sim. Inclusive, não tem só um desafio. Tem mais de um desafio dentro do momento de construir”, “Então, achei bem interessante essa parte[...].”</i>
Participante 4	<i>“Também eu avaliei como um ponto positivo [...].”, “De acordo com o que tá planejado, a minha resposta é sim.”.</i>
Participante 5	<i>“Cara, assim... Eu acredito que sim, consiga”, “Mas, de novo, vai tudo depender do nível do aluno.”</i>

As repostas obtidas na Q4 indicam que os docentes, em sua maioria, reconheceram coerência no momento construir. Os relatos destacam que as atividades propostas permitem a continuidade do raciocínio dos alunos e favorecem a aplicação prática dos conteúdos trabalhados anteriormente. Os docentes relataram que desafios práticos constituem traço recorrente desta etapa. Segundo os relatos, esses desafios estão distribuídos de forma organizada e integram a metodologia, contribuindo para a execução das ações previstas. Registrou-se a presença de múltiplos desafios, indicando alinhamento com o planejamento descrito para as demais etapas.

Por outro lado, o participante 5 indica que a execução das atividades varia conforme o nível de conhecimento da turma, de modo que o grau de dificuldade não é uniforme entre diferentes perfis de estudantes. O relato sugere que o material, embora estruturado de forma consistente, demanda adaptações ao contexto escolar. De modo geral, os dados indicam que os participantes perceberam a etapa “construir” como organizada e articulada, com registros pontuais sobre sua adequação a

diferentes realidades escolares. A seguir no Quadro 16 representa Q5 refere-se sobre o momento analisar.

Quadro 16 – Questão do roteiro Q4. Fonte: Elaborado pelo autor.

ID	Respostas
Participante 1	<i>“Sim. Para eles terem essa noção, não só fazer por fazer.” “[...] eles também terem esse momento de que por que estão fazendo essa aula? [...]”</i>
Participante 2	<i>“Sim, eu achei bacana”, “Cada final de aula, várias perguntas sobre o momento chave das aulas”, “Eu achei que estão coerentes também.”.</i>
Participante 3	<i>“Essa parte eu olhei bem. Inclusive, a parte que é depois de construir, todas as questões estão bem estruturadas para a parte de análise da construção do que a pessoa construiu.”.</i>
Participante 4	<i>“As propostas promovem reflexão e compreensão crítica.”.</i>
Participante 5	<i>“A parte de analisar é uma parte boa. Tem alguns lá que eu até sugeri outros, mais genéricos.”, “Por exemplo assim, beleza, tu viu todo esse código aí, o que é que tu entendeu? Algo assim.”.</i>

É possível observar no Quadro 16, que as respostas indicam uma percepção consistente sobre o momento analisar nas sequências didáticas. Os docentes destacam que essa etapa não se limita à execução, pois contribui para a compreensão do propósito das atividades. As falas indicam que o processo de análise incentiva os estudantes a refletirem sobre o que foi desenvolvido, favorecendo a compreensão não apenas do “*como fazer*”, mas também do “*por que fazer*”. Esses registros sugerem alinhamento entre os objetivos pedagógicos e a promoção de uma aprendizagem mais consciente e significativa.

Dessa forma, os participantes relataram que os questionamentos do momento analisar, apresenta organização clara e alinhamento com as etapas anteriores, especialmente com o momento construir. Neste contexto, as falas evidenciam que as perguntas de encerramento o momento analisar funcionam como dispositivos de síntese, favorecendo a consolidação das aprendizagens e a reflexão crítica sobre o processo de construção.

Todavia, houve um registro sugerindo aprimorar a formulação de algumas perguntas para ampliar seu escopo e torná-las mais adaptáveis a diferentes contextos escolares. Embora a estrutura geral seja considerada adequada, permanece espaço para ajustes que aprofundem as reflexões propostas. No conjunto, os depoimentos caracterizam o momento analisar como uma etapa bem planejada, promovendo reflexão e compreensão crítica, em coerência com a lógica didática da sequência. A seguir no Quadro 17 representa a Q6 sobre o momento continuar.

Quadro 17 – Questão do roteiro Q6. Fonte: Elaborado pelo autor.

ID	Respostas
Participante 1	<i>“Sim. No caso, a gente está falando deste o diário de bordo, as atividades claras e estimulam continuidade do estudo.”</i>
Participante 2	<i>“Está dentro da consistência do trabalho dessa etapa de continuar.”</i>
Participante 3	<i>“Sim. Como eu disse, né? Eu só não usaria a um, mas as outras, né? Todas as outras eu poderia usar muito bem nas aulas, seria um material de apoio, assim, muito bom, não só no primeiro, mas no segundo ou no terceiro ano, qualquer um dos exames eu teria possibilidade de aplicar eles.”</i>
Participante 4	<i>“Levar em consideração o nível de conhecimento que o aluno possa ter em informática, por exemplo, em informática básica [...]”, “[...] evado em consideração esse contexto do aluno”, “Eu só achei, assim, que deveria ser explorado um pouco mais [...]”.</i>
Participante 5	<i>“Sim, eu acho que o diário de bordo, ele é uma ação efetiva, entretanto, ele tem que ter um feedback imediato.”, “Eu acho que assim, que não é bom só ter ele lá no finalzinho, não. Ele tem que ser uma aprendizagem contínua.”</i>

As respostas à Q6 da entrevista evidenciam uma percepção amplamente positiva sobre a coerência e aplicabilidade das sequências didáticas, com destaque para o diário de bordo como instrumento pedagógico significativo. Os participantes reconhecem que as atividades estão bem estruturadas e alinhadas ao processo contínuo de aprendizagem, estimulando a reflexão e a autonomia dos estudantes.

Contudo, alguns docentes sugerem ajustes pontuais, como o reforço do *feedback* imediato e a consideração do nível de conhecimento prévio dos alunos em informática, o que demonstra uma preocupação legítima com a equidade no processo de ensino-aprendizagem. As falas também reforçam que o material possui potencial de adaptação a diferentes anos do ensino médio, ampliando sua aplicabilidade. Assim, a análise dos relatos confirma que a proposta é consistente, mas requer aperfeiçoamentos formativos e metodológicos que garantam maior fluidez entre teoria e prática e fortaleçam o caráter processual da avaliação docente e discente.

5.2.2.3 Instrumentos de avaliação (rubrica e registro)

Este bloco de questões aborda a avaliação por meio da análise da rubrica e dos instrumentos de registro, buscando verificar sua clareza, coerência e utilidade para acompanhar a aprendizagem. As questões investigam se a rubrica apresenta critérios objetivos e compreensíveis para avaliar as competências propostas e se ferramentas como o diário de bordo oferecem condições adequadas para monitorar o desenvolvimento dos alunos ao longo das atividades. A seguir no Quadro 18 representa a Q7 sobre rubrica de avaliação.

Quadro 18 – Questão do roteiro Q7. Fonte: Elaborado pelo autor.

ID	Respostas
Participante 1	<i>“Bem interessante e necessária, detalha quais conceitos os alunos conseguiram assimilar”, “[...] verifica se houve entendimento do conteúdo trabalhado [...]”</i>
Participante 2	<i>“rubrica é parcialmente eficaz depende do contexto escolar”</i>
Participante 3	<i>“mas eu acho que a avaliação pode ser de várias formas [...]”, “pode ter também a avaliação qualitativa, nesse meio aí o professor avaliando se o aluno está focado naquilo [...]”</i>
Participante 4	<i>“[...]diário de bordo considerado válido, podendo ser combinado com questões escritas e visto/rubrica.”</i>
Participante 5	<i>“[...] poderia ter sido acrescentado também um projeto final, vamos dizer assim [...]”.</i>

As repostas obtidas na Q7, relatam percepções diversas sobre os instrumentos de avaliação das sequências didáticas. Parte dos docentes aponta que o diário de bordo e as rubricas evidenciam conceitos assimilados e o entendimento do conteúdo, gerando informações úteis sobre o processo de aprendizagem. No conjunto, esses instrumentos são reconhecidos como meios de acompanhamento do desempenho dos estudantes.

Dessa forma, algumas respostas mostram ressalvas; um participante menciona que a rubrica pode ser apenas parcialmente eficaz, dependendo do contexto escolar, o que sugere que sua aplicabilidade não é percebida da mesma forma em diferentes realidades. Há também menções à necessidade de considerar formas diversas de avaliação, incluindo observações qualitativas sobre engajamento e foco dos alunos. Essas contribuições reforçam que, para alguns docentes, a avaliação não deve ser limitada a registros escritos.

Neste contexto, as respostas sugerem complementar as estratégias de avaliação com um projeto final. Há também sugestões como uma avaliação qualitativa sendo uma alternativa a somar ao conjunto de avaliação. No conjunto, as falas reúnem perspectivas distintas sobre os métodos empregados e indicam abertura para ampliar e diversificar as formas de coleta de evidências de aprendizagem. A seguir no Quadro 19 representa a Q8 sobre o diário de bordo.

Quadro 19 – Questão do roteiro Q8. Fonte: Elaborado pelo autor.

ID	Respostas
Participante 1	<i>“Eu não costumo usar muita essa parte[...]”, “Com turmas grandes fica difícil controlar se estão anotando[...]”, “ Alguns teriam facilidade com o diário de bordo, mas para o professor é complicado[...]”</i>

Participante 2	<i>“Eu gosto do diário de bordo. Mas eu trabalho mais com avaliações, provas e questões.”, “gosto também de atividades no final da aula.”, “Em algumas disciplinas funciona, em outras não.”</i>
Participante 3	<i>“Sim, é adequado para acompanhar o desenvolvimento[...],”super viável e replicável na prática docente.”, “Fácil de usar tanto para aluno quanto para professor.”</i>
Participante 4	<i>“Acompanha bem o desenvolvimento do aluno.”, “ Avalio como positivo”, “Avalio como positivo, mas é uma realidade difícil”</i>
Participante 5	<i>“Na literatura, o diário funciona bem. Provavelmente funcionará aqui também”, “Mas será mais efetivo se houver feedback”, “O professor pode mudar a metodologia se perceber dificuldade.”</i>

As repostas obtidas na Q8, indicam que os docentes apresentam percepções distintas sobre o diário de bordo como instrumento de acompanhamento. Parte relata dificuldades de aplicação em turmas grandes, pois o controle das anotações e o nível de monitoramento exigido tornam-se complexos para a rotina escolar. Embora alguns alunos se adaptem bem à prática, os respondentes destacam limites operacionais para o professor.

Neste contexto, alguns dos participantes relatam utilizar ou considerar adequado o diário de bordo como ferramenta para acompanhar o desenvolvimento dos estudantes e viável na prática docente. Mesmo entre docentes, indica-se que a eficácia varia conforme a disciplina e o contexto, o que sugere funcionalidade desigual em diferentes situações de ensino.

Dessa forma, alguns docentes mencionam elementos que podem favorecer o uso do diário de bordo, como a oferta de *feedback* ao estudante e a possibilidade de adaptar a metodologia quando surgem dificuldades. Essas observações indicam que, para parte concordam com que a efetividade do recurso depende de um acompanhamento contínuo do professor e de ajustes pedagógicos ao longo do processo, reforçando que seu funcionamento está relacionado às condições de uso e não apenas ao instrumento em si.

5.2.2.4 Aspectos técnicos do simulador *Open Roberta Lab*

Este bloco concentra-se questões que investigam os aspectos técnicos do simulador *Open Roberta Lab*, examinando sua acessibilidade e o suporte oferecido para a implementação das sequências didáticas. As questões buscam identificar se a ferramenta pode ser utilizada em escolas com infraestrutura tecnológica limitada, considerando requisitos como conexão à internet, disponibilidade de dispositivos e

estabilidade do ambiente virtual. A seguir no Quadro 20 representa a Q9 sobre *Open Roberta Lab* ser acessível.

Quadro 20 – Questão do roteiro Q9. Fonte: Elaborado pelo autor.

ID	Respostas
Participante 1	<i>“É acessível se houver internet de qualidade”, “No início eu não gostei muito dele, mas é questão de adaptação[...]”, “Para ensinar redes neurais, com essa trilha de aprendizagem, o aluno consegue aprender[...]”, “Não exige hardware de alto desempenho.”</i>
Participante 2	<i>“Acredito que sim, é acessível[...]”, “Mas depende da limitação precisa pelo menos de laboratório simples e acesso à internet[...]”</i>
Participante 3	<i>“Tranquilo para escolas com pouca infraestrutura[...]”, “Open Roberta Lab é acessível”</i>
Participante 4	<i>“Acho que é um bom substituto quando a escola não tem kit físico.”, “O visual não atrai muito os alunos, mas o simulador funciona”, “O Open Roberta tem esse poder de substituir técnicas mais caras”.</i>
Participante 5	<i>“No IF não teria dificuldade nenhuma de ser aplicado”, “A ferramenta é de fácil acesso.”, “Mesmo em laboratórios com pouca infraestrutura, acredito que não teria dificuldade, mas sabemos que a realidade das escolas é difícil”.</i>

As repostas obtidas na Q9, os docentes, em geral consideram o *Open Roberta Lab* uma ferramenta acessível, principalmente por não exigir computadores de alto desempenho e funcionar em ambientes com infraestrutura reduzida. Entretanto, destacam que o acesso à internet é um requisito fundamental e pode se tornar um fator limitante em determinadas instituições. Mesmo assim, há comentários de que, uma vez garantidas as condições mínimas, os estudantes conseguem acompanhar os conteúdos das sequências didáticas.

Outro ponto mencionado está relacionado à adaptação e ao uso cotidiano da plataforma, embora o primeiro contato possa gerar certa resistência, trata-se de um processo que tende a se estabilizar com o tempo. Também são citadas percepções relacionadas ao visual do ambiente, considerado pouco atrativo por alguns, mas isso não é apontado como um impedimento para sua utilização, já que o simulador é avaliado como funcional e capaz de substituir recursos físicos mais caros quando esses não estão disponíveis.

Neste sentido, os dados indicam que a viabilidade do *Open Roberta Lab* varia conforme o contexto escolar. Enquanto alguns afirmam que a ferramenta seria facilmente aplicável em instituições com laboratórios estruturados, outros lembram que muitas escolas enfrentam dificuldades de infraestrutura que podem impactar sua adoção. Ainda assim, a plataforma é compreendida como de fácil acesso e potencialmente adequada mesmo para ambientes com recursos limitados, desde que

se respeitem as condições reais de cada instituição. A seguir no Quadro 21 corresponde a Q10 sobre instruções para o material didático.

Quadro 21 – Questão do roteiro Q10. Fonte: Elaborado pelo autor.

ID	Respostas
Participante 1	<i>“Se tem vídeo, metade dos problemas está resolvida”, “Seria bom ter respostas de exercícios para o professor”, “Falta explicar conceitos de IA pesos, função de ativação, porquê das operações.”, “Seria bom ter vídeos introdutórios sobre o simulador”.</i>
Participante 2	<i>“Sim, é suficiente.”, “Só acho que poderia ter mais ilustrações”, “Os prints e textos ajudam, mas seria bom ilustrar mais para docentes com pouca experiência.”</i>
Participante 3	<i>“Sim, o material do professor está bem detalhado e explicativo.” Mostra o que ele deve fazer e dizer em cada etapa.”, “Sugiro adicionar referências bibliográficas mais formais: livros e artigos”.</i>
Participante 4	<i>“Eu acho que sim, ele é bem explicativo”, “É bem completo”, “Professores com pouca experiência conseguiriam aplicar.”.</i>
Participante 5	<i>“não teria dificuldade nenhuma, nem para o professor que estaria à frente dessa sequência didática”.</i>

As repostas obtidas na Q10, indicam que o material do professor oferece informações suficientes para orientar a aplicação da sequência didática. As respostas destacam instruções claras e detalhadas, o que permite que docentes com pouca experiência conduzam as atividades propostas. Dessa forma, algumas sugestões de melhoria são apontadas. Entre elas, destaca-se a inclusão de vídeos explicativos, tanto para apresentação de conceitos fundamentais de IA quanto para introdução ao simulador utilizado. Também são mencionados pedidos por mais ilustrações, gabaritos de exercícios e outros materiais visuais que possam facilitar a compreensão de professores que não possuem familiaridade prévia com o tema. Um dos aspectos que ocasionou a falta de compreensão por parte dos entrevistados foi não terem visto os vídeos tutoriais que constam no material.

Dessa forma, e ressaltada a importância de ampliar o embasamento teórico do material, sugerindo a inclusão de referências bibliográficas mais formais, como livros e artigos acadêmicos. Foram mencionadas lacunas na explicação de conceitos específicos, como pesos e funções de ativação, que poderiam ser detalhados com maior profundidade. Sendo necessária o refinamento das sequências didáticas.

5.2.2.5 Sugestões de melhoria

Este bloco reúne percepções sobre os pontos fortes e as limitações das sequências didáticas, buscando identificar aspectos que contribuem para a eficácia do material e elementos que podem ser aprimorados. As questões orientam os participantes a destacarem qualidades que favorecem a aprendizagem como clareza, organização, coerência ou potencial de engajamento ao mesmo tempo em que incentivam a identificação de fragilidades, sejam elas relacionadas ao conteúdo, à metodologia, à usabilidade ou ao suporte oferecido. A seguir no Quadro 22 corresponde a Q11 sobre pontos fortes nas sequências didáticas.

Quadro 22 – Questão do roteiro Q11. Fonte: Elaborado pelo autor.

ID	Respostas
Participante 1	<i>“O trabalho é muito bom.”, “Acredito que vai ajudar bastante.”, “Está alinhado com a BNCC.”, “O engajamento dos alunos com robótica e programação favorece aprendizagem ativa”.</i>
Participante 2	<i>“O simples fato de pensar em ensinar robótica educacional já é um ponto positivo.”, “ter pesquisadores preocupados com isso já melhora a educação do estado e do país”, “Avalio como um todo bastante positivo”</i>
Participante 3	<i>“Eu gosto muito do construir, que tem desafios dentro dele”, “Se seguir o passo a passo, dá pra levar uma aula bacana.”, “O conectar e o construir são minhas partes favoritas”.</i>
Participante 4	<i>“O que eu gostei mais foi o passo a passo.”, “O que eu gostei mais foi o passo a passo.”, “Explica como utilizar a ferramenta.”.</i>
Participante 5	<i>“Material lúdico e claro para o aluno.”, “Segue estrutura coerente didaticamente.”, “As etapas (conectar, construir, analisar) tornam o processo claro”, “Mostra como o aluno vai construindo conhecimento”</i>

As respostas na Q11 indicam que os docentes avaliam o material de forma positiva. Entre os pontos mencionados estão o alinhamento com a BNCC Computação, a clareza da proposta e o potencial para apoiar a aprendizagem ativa, especialmente em temas relacionados à robótica e programação. Também resultado a percepção de que o trabalho pode contribuir para o contexto educacional, sendo visto como um recurso capaz de auxiliar professores e alunos.

Os docentes destacam a organização das sequências didáticas. Apontam que o passo a passo facilita a aplicação em sala de aula e oferece orientações claras para o uso da ferramenta. As etapas conectar, construir e analisar são referidas como ótimas estruturantes do processo, tornando compreensíveis os objetivos e o desenvolvimento das atividades.

Neste contexto, algumas falas enfatizam características que favorecem o engajamento dos alunos, como o caráter lúdico do material e a presença de desafios na etapa de construção. Esses elementos são percebidos como facilitadores do

processo de aprendizagem, pois ajudam os estudantes a acompanharem a lógica das atividades e visualizar como o conhecimento é construído ao longo da sequência. A seguir, no Quadro 23 corresponde a Q12 sobre limitações e fragilidades das sequências didáticas.

Quadro 23 – Questão do roteiro Q12. Fonte: Elaborado pelo autor.

ID	Respostas
Participante 1	<i>“Precisam de mais detalhes nos conceitos de IA.”, “Precisa melhorar o engajamento entre conteúdo.”, “Imagens e passos precisam de descrições melhores.”, “Vídeos e tutoriais devem ficar claramente destacados.”.</i>
Participante 2	<i>“Não vejo problema na matéria”, “As limitações são de aplicabilidade: muitas escolas não têm laboratório, internet ou kits.”, “Não seria uma limitação da sequência didática, mas da infraestrutura das escolas”</i>
Participante 3	<i>“Sugiro incorporar elementos mais lúdicos, como QR codes.”, “Poderiam ter imagens mais conectadas ao texto.”, “Para o aluno do ensino médio, seria legal ter links e vídeos.”, “Para o professor, faltam referências bibliográficas formais”.</i>
Participante 4	<i>“Os prints do material do aluno são bons, mas os do professor não são tão legíveis.”, “Talvez colocar mais imagens.”, “Problema principal legibilidade das imagens do professor”</i>
Participante 5	<i>“A primeira sequência didática eu não usaria”, “As demais estão todas bem condizentes.”, “ara escolas estaduais que não trabalham lógica, a sequência didática 1 seria útil, mas para meu contexto não.”</i>

As respostas obtidas na Q12 indicam a necessidade de aprimorar o material, com foco no detalhamento de conceitos, na clareza visual e na integração entre imagens e explicações. Os docentes solicitaram descrições mais completas dos desafios, maior legibilidade nos prints do professor e a presença de vídeos e tutoriais. Também sugeriram inserir *QR codes*, *links* e materiais complementares para facilitar o acesso de estudantes do ensino médio a recursos adicionais.

As observações indicam que parte das limitações percebidas decorre das condições das escolas, e não da sequência didática. Os docentes mencionam falta de laboratório, ausência de internet e inexistência de *kits* educacionais, o que torna a implementação dependente da realidade de cada instituição. Assim, a aplicabilidade varia conforme o contexto, mesmo quando o material é considerado adequado.

Dessa forma, há indicativos que determinadas sequências se ajustam melhor a alguns cenários do que a outros. Um dos docentes afirma não utilizar a primeira sequência em seu contexto, embora considere as demais coerentes. Outro observa que essa primeira sequência pode ser útil em escolas que não trabalham conteúdos de lógica, sugerindo que a adequação depende do perfil dos estudantes e das práticas já estabelecidas em cada instituição.

5.3 Refinamento das sequências didáticas

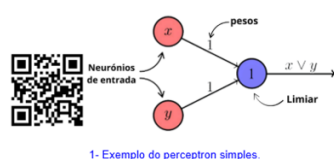
Com base na avaliação feita com os participantes, foi identificado a necessidade do refinamento das sequências didáticas. Essa ação contempla ajustes voltados à ampliação da clareza e da usabilidade dos materiais, sendo: i) a descrição de acesso ao vídeo que foi revisada para fornecer orientações objetivas, permitindo que os estudantes localizem o conteúdo sem dificuldades; ii) a implementação de *QR code*, caso o material seja utilizado de maneira impressa; iii) a inclusão de um conjunto de materiais complementares sobre IA, com o propósito de apoiar a compreensão dos conceitos abordados e fortalecer a articulação entre teoria e prática. Dessa forma, este conjunto de melhorias busca tornar as sequências didáticas mais consistente e favorável ao desenvolvimento das atividades propostas. A Figura 59 representa as modificações feitas nas sequências didáticas 1 e 2.



Figura 59 - Sequência Didática.

A Figura 59 apresenta dois modelos de orientação para acesso a recursos digitais inseridos na sequência didática. No primeiro exemplo "A", correspondendo a primeira adequação, texto em amarelo direciona o estudante a um vídeo biográfico por meio de *link* ou *QR code*, acompanhado da imagem de uma figura histórica Alan Turing e de seu respectivo código de acesso. No segundo exemplo "B", contempla à terceira adequação identificada, o texto em amarelo indica um curso introdutório relacionado ao tema de aprendizagem de máquina como material complementar, igualmente acessível por *link* ou *QR code* disposto ao lado de uma ilustração. Dessa forma, os trechos evidenciam a intenção de facilitar o acesso a conteúdo complementares, organizando instruções diretas que favorecem a consulta em formatos digital e impresso. A figura 60, representa as modificações feitas nas sequências didáticas 2 e 3.

C vocês acham que os cientistas, na década de 1950, tentaram criar um modelo inspirado no funcionamento do cérebro humano? **Caso esteja em um material impresso use o QR code para acessar o conteúdo. Ou link abaixo das figuras, sobre o perceptron simples.**



D sonoras que retornam ao sensor, permitindo que ele perceba a distância até os obstáculos. Assim, tanto os morcegos quanto os robôs usam ondas sonoras refletidas para tomar decisões e agir de forma segura e autônoma. **Caso esteja em um material impresso use o QR code para acessar o conteúdo. Ou link abaixo das figuras.**

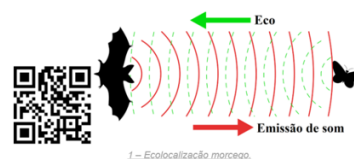


Figura 60 - Atualização da Sequência Didática.

A Figura 60, apresenta trechos que ilustram instruções destinadas a orientar o acesso a conteúdo complementar por meio de *QR codes* ou links dispostos abaixo das figuras. No primeiro exemplo “C”, contempla a terceira adequação, o texto em amarelo conduz o docente a informações sobre o *perceptron* simples necessário para docente compreender como lecionar didaticamente a temática de RNAs. No segundo caso “D”, corresponde ao primeiro e o segundo adequação, o texto em amarelo direciona o conteúdo relacionados ao processo de ecolocalização, acompanhado de imagem explicativa e *QR code* correspondente. Dessa forma, os exemplos evidenciam a padronização das instruções para facilitar a consulta em versões digital ou impressa da sequência didática, mantendo coerência na apresentação dos recursos de apoio. A seguir, a Figura 61 apresenta as modificações feitas nas sequências didáticas 4 e 5.

E destacando que eles representam uma versão mais avançada e aplicada do robô seguidor de linha. **Caso esteja em um material impresso use o QR code para acessar o conteúdo. Ou link abaixo das figuras.**



F Incentive-os a explorar a rede neural do robô, explicando de maneira simples como os pesos influenciam as decisões de desvio. **Caso esteja em um material impresso, acesse pelo QR code ou pelo link abaixo na figura.**



Figura 61 - Sequência Didática 4 e 5.

A Figura 61, o primeiro caso “E”, contempla a primeira e a segunda adequação, o texto em amarelo direciona para um vídeo de veículos automatizados com *link* e *QR code*, necessário para contextualização do robô seguidor linha. No segundo caso “F”, corresponde a primeira e a segunda adequação, o texto em amarelo direciona o docente ao conteúdo associado ao desafio de programação, novamente articulado à imagem e ao *QR code* e o *link*. Dessa forma, a estrutura evidencia a intenção de uniformizar as indicações de navegação, garantindo clareza na utilização dos recursos em formatos digital ou impresso.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS, LIMITAÇÕES E PERSPECTIVAS FUTURAS

Este capítulo reúne as conclusões, limitações e perspectivas futuras da pesquisa, destacando as contribuições das sequências didáticas para o ensino de IA e RE conforme a BNCC Computação.

6.1 Considerações Finais

O presente trabalho teve como propósito investigar a potencialidade pedagógica do simulador *Open Roberta Lab* na construção de sequências didáticas voltadas ao ensino de conceitos de IA, com ênfase nas Redes Neurais Explicáveis (XNNs), por meio da RE no contexto da Educação Básica. A pesquisa demonstrou que é possível integrar a RE a abordagens de IA de forma acessível, criativa e alinhada à BNCC Computação (BRASIL, 2022). As análises quantitativas e qualitativas evidenciaram a coerência pedagógica das sequências, a clareza dos objetivos de aprendizagem e a viabilidade de aplicação em diferentes contextos escolares. O uso pedagógico das tecnologias digitais deve estar pautado em princípios construcionistas e de protagonismo do aluno, perspectiva que norteou a proposta desenvolvida nesta pesquisa (VALENTE, 2019).

A participação de professores de distintas microrregiões amazônicas foi fundamental para consolidar uma visão plural sobre o uso de tecnologias educacionais emergentes. Essa diversidade enriqueceu o processo avaliativo e revelou que o material elaborado apresenta potencial de adaptação às condições de infraestrutura e formação docente da região. Vale ressaltar que as entrevistas e questionários aplicados confirmaram que o *Open Roberta Lab* se destaca como uma ferramenta inclusiva, intuitiva e interdisciplinar, possibilitando ao professor assumir o papel de mediador ativo e ao aluno o protagonismo no processo de construção do conhecimento.

O processo de elaboração, avaliação e refinamento das sequências didáticas permitiu compreender como as práticas de ensino de Computação podem ser fortalecidas pela integração entre tecnologia, metodologia ativa e contexto sociocultural amazônico. Essa abordagem interdisciplinar possibilitou um diálogo entre os conceitos de IA e as realidades locais, valorizando a formação de estudantes críticos e criativos. Neste sentido, o *Open Roberta Lab* mostrou-se um recurso

interessante nesse processo, ao permitir simulações acessíveis e experiências práticas, mesmo em ambientes com limitações tecnológicas, o que reforça seu potencial como ferramenta pedagógica inclusiva e democratizadora.

Outro ponto importante, o estudo evidenciou a relevância da formação docente como fator determinante para o sucesso da implementação de práticas inovadoras. Os resultados indicam que, quando os professores são convidados a refletir e experimentar novas formas de ensino mediadas por tecnologia, ocorre uma ampliação de sua autonomia pedagógica e de seu repertório metodológico. Essa constatação reforça o papel do educador como agente de transformação, capaz de articular saberes técnicos e pedagógicos na promoção de aprendizagens significativas e contextualizadas (FERREIRA et al., 2024).

Outro destaque refere-se à contribuição do estudo para o fortalecimento da Educação em Computação no âmbito da formação inicial de professores. O desenvolvimento das sequências didáticas estimulou o diálogo entre teoria e prática, oportunizando experiências formativas que favorecem tanto o domínio conceitual quanto o desenvolvimento de competências profissionais voltadas ao uso crítico e ético das tecnologias digitais. As práticas pedagógicas inovadoras devem integrar teoria e prática de forma contextualizada, valorizando o protagonismo docente e a aprendizagem significativa (SANTOS, 2024), princípio que orientou as decisões pedagógicas durante todo o percurso investigativo.

Desta forma, as evidências encontradas reforçam a relevância do trabalho desenvolvido para a área da Educação em Computação, especialmente por oferecer subsídios teórico-metodológicos que podem ser replicados e aprimorados em futuras iniciativas de formação docente. A pesquisa contribui ainda para o fortalecimento de uma cultura de inovação educacional na Amazônia, capaz de aproximar professores e estudantes da realidade tecnológica contemporânea, sem desconsiderar suas especificidades regionais e culturais. Dessa forma, este estudo reafirma o compromisso com uma educação transformadora, crítica e inclusiva, sustentada pelo uso ético e criativo das tecnologias digitais.

6.2 Limitações do Estudo

Durante o desenvolvimento desta pesquisa, algumas limitações foram identificadas e merecem destaque para a consolidação de novas investigações na área. A primeira diz respeito à infraestrutura tecnológica das escolas participantes, que ainda apresenta desigualdades significativas no acesso à *internet* e a equipamentos adequados, dificultando a plena execução de todas as etapas propostas. Essa realidade, amplamente observada nas escolas da região amazônica, reflete as barreiras logísticas e de conectividade que afetam diretamente a inserção de tecnologias educacionais inovadoras. No caso deste estudo, a limitação se manifestou especialmente no uso do simulador *Open Roberta Lab*, que demanda recursos computacionais mínimos e conectividade estável para seu pleno funcionamento.

Outra limitação relevante refere-se à dimensão e composição da amostra, formada por um grupo reduzido de professores vinculados à microrregião de Itacoatiara. Essa delimitação, embora estratégica para a análise do contexto local, limita a generalização dos resultados para outras regiões do país. Entretanto, a escolha metodológica de concentrar-se em uma amostra contextualizada possibilitou uma leitura mais profunda e sensível às especificidades amazônicas, oferecendo um retrato fiel das condições formativas e das práticas pedagógicas da região. Essa decisão também assegurou maior controle sobre as variáveis contextuais, algo essencial em pesquisas que investigam o uso de tecnologias emergentes em realidades educacionais desiguais.

Outro aspecto importante a ser considerado diz respeito ao escopo da validação das sequências didáticas. É fundamental esclarecer que os professores participantes não realizaram a aplicação prática das atividades com seus alunos; sua participação limitou-se à análise e validação teórico-metodológica do material proposto. Tal fato restringe a compreensão do impacto pedagógico direto das sequências, uma vez que não foi possível observar as interações em sala de aula, o engajamento discente ou o desenvolvimento efetivo de competências relacionadas à Computação e à IA. Estudos futuros que envolvam a implementação prática do material poderão oferecer uma visão mais ampla sobre sua eficácia didática e seu potencial de adaptação a diferentes contextos escolares.

Outro fator, o tempo destinado ao processo de avaliação e validação mostrou-se desafiador para promover um acompanhamento mais aprofundado das percepções docentes ao longo das etapas de refinamento do material. Um período mais extenso de interação com os avaliadores poderia ter proporcionado ajustes mais precisos e um retorno mais detalhado sobre o uso do simulador e a clareza das instruções contidas nas sequências. A limitação temporal também restringiu a possibilidade de triangulação entre dados quantitativos e qualitativos, o que seria relevante para consolidar a análise interpretativa dos resultados obtidos.

Ainda, constatou-se que a ausência de formação específica em IA e RE entre parte dos docentes ainda representa um obstáculo para o avanço dessas temáticas na educação básica. Embora tenha havido grande interesse, alguns participantes demonstraram dificuldades em compreender os conceitos mais abstratos e técnicos da IA, o que reforça a necessidade de programas formativos continuados, contextualizados e alinhados às realidades locais. Assim, toda investigação qualitativa deve reconhecer suas limitações de alcance e tempo, sem comprometer a relevância interpretativa dos achados (MINAYO, 2017). Apesar dessas restrições, esta pesquisa cumpriu seu propósito ao validar a proposta metodológica, identificar lacunas formativas e abrir caminhos para aprimoramentos futuros, reafirmando o compromisso com uma prática pedagógica inovadora, ética e situada no contexto amazônico.

6.3 Perspectivas Futuras

Como desdobramento desta pesquisa, propõe-se a ampliação da aplicação das sequências didáticas em diferentes contextos e níveis de ensino, especialmente no Ensino Fundamental II e no Ensino Médio, de modo a investigar o desenvolvimento progressivo das competências de Computação previstas na BNCC (BRASIL, 2022). A replicação em novos ambientes escolares permitirá observar a adaptação das atividades a distintas realidades pedagógicas, avaliando sua efetividade e o engajamento discente diante de temas como IA e RE. Tal ampliação contribuirá para o fortalecimento de práticas pedagógicas inovadoras e contextualizadas, especialmente nas escolas públicas da região amazônica, onde o acesso à tecnologia ainda se configura como um desafio constante. Ressalta-se nos Quadros 24, 25, 26 e 27 as habilidades do 6º ao 9º ano da BNCC Computação relacionadas à RE e IA. A seguir, no Quadro 24, constam as habilidades do 6º ano.

Quadro 24 – Habilidades do 6º ano. Fonte: Elaborado pelo autor.

Código	Descrição	IA	RE
EF06CO02	Elaborar algoritmos que envolvam instruções sequenciais, de repetição e de seleção usando uma linguagem de programação.		X
EF06CO03	Descrever com precisão a solução de um problema, construindo o programa que implementa a solução descrita.		X
EF06CO04	Construir soluções de problemas usando a técnica de decomposição e automatizar tais soluções usando uma linguagem de programação.		X
EF06CO06	Comparar diferentes casos de um mesmo problema, identificando semelhanças e diferenças, criando um algoritmo genérico com uso de variáveis.		X

As habilidades EF06CO02, EF06CO03, EF06CO04 e EF06CO06 do eixo Pensamento Computacional da BNCC Computação evidenciam uma forte relação com os fundamentos da RE, uma vez que todas envolvem o desenvolvimento de algoritmos e processos lógicos aplicados à resolução de problemas. A RE constitui um ambiente ideal para o exercício dessas habilidades, pois permite ao aluno programar, testar e corrigir instruções em um contexto prático e tangível. A construção e programação de robôs possibilitam a vivência direta de conceitos como sequência de comandos, estruturas de repetição, seleção e uso de variáveis, o que reforça o raciocínio lógico e o PC. Dessa forma, as atividades com robótica favorecem o aprendizado ativo e experimental, promovendo a autonomia e a criatividade na elaboração de soluções automatizadas para desafios do cotidiano escolar. A seguir, no Quadro 25, constam as habilidades do 7º ano.

Quadro 25 – Habilidades do 7º ano. Fonte: Elaborado pelo autor.

Código	Descrição	IA	RE
EF07CO01	Criar soluções de problemas usando registros e matrizes unidimensionais para automatização em linguagem de programação.		X
EF07CO02	Descrever com precisão soluções de problemas, construindo programas com estruturas de dados adequadas.		X
EF07CO04	Criar soluções que envolvam entrada, saída e processamento de dados, organizando em tabelas e listas.		X
EF07CO05	Testar e comparar algoritmos para resolver problemas semelhantes, avaliando eficiência.		X

As habilidades EF07CO01, EF07CO02, EF07CO04 e EF07CO05, todas pertencentes ao eixo PC da BNCC Computação, apresentam estreita relação com a RE, pois envolvem a criação e otimização de soluções algorítmicas aplicadas à automação de processos. Na RE, o estudante é desafiado a desenvolver programas que controlam sensores, motores e atuadores, aplicando estruturas de dados, listas e registros para organizar informações do ambiente físico. A etapa de testes e comparações entre algoritmos, prevista em EF07CO05, ocorre de forma prática na

robótica, quando o aluno avalia a eficiência de um código em situações reais de movimento e resposta do robô. Assim, a RE torna-se um meio concreto e motivador para a consolidação do raciocínio lógico, da análise de desempenho e da aplicação de conceitos computacionais em contextos experimentais e colaborativos. A seguir, no Quadro 26, constam as habilidades do 8º ano.

Quadro 26 – Habilidades do 8º ano. Fonte: Elaborado pelo autor.

Código	Descrição	IA	RE
EF08CO01	Construir soluções de problemas usando a técnica de recursão e automatizar tais soluções em linguagem de programação.	X	
EF08CO02	Criar programas que façam uso de estruturas de repetição aninhadas.		X
EF08CO04	Implementar simulações computacionais para representar fenômenos ou situações.	X	
EF08CO05	Comparar soluções computacionais considerando eficiência, clareza e aplicabilidade.	X	

As habilidades EF08CO01, EF08CO02, EF08CO04 e EF08CO05, pertencentes ao eixo PC, apresentam conexões complementares com a RE e a IA. As habilidades EF08CO01, EF08CO02 e EF08CO05 se relacionam à RE, pois envolvem a criação de algoritmos complexos, o uso de estruturas de repetição aninhadas e a análise da eficiência de diferentes soluções, aspectos essenciais no controle de robôs e na automação de tarefas. Já a habilidade EF08CO04 aproxima-se do campo da IA ao propor a implementação de simulações computacionais, o que permite representar fenômenos e situações com base em dados e regras lógicas. Na prática pedagógica, o uso de simuladores como o *Open Roberta Lab* possibilita ao aluno compreender princípios básicos de automação, tomada de decisão e modelagem computacional, promovendo aprendizagens que integram lógica, criatividade e experimentação tecnológica. A seguir, no Quadro 27, constam as habilidades do 9º ano.

Quadro 27 – Habilidades do 9º ano. Fonte: Elaborado pelo autor.

Código	Descrição	IA	RE
EF09CO01	Resolver problemas usando estruturas de dados mais complexas, como matrizes bidimensionais.		X
EF09CO02	Criar programas que usem modularização (funções ou procedimentos) para organizar soluções.		X
EF09CO03	Usar autômatos para descrever comportamentos e automatizá-los com programação baseada em eventos (aplicável em robótica).		X
EF09CO04	Analisar a eficiência de algoritmos considerando tempo de execução e uso de memória.	X	

As habilidades EF09CO01, EF09CO02, EF09CO03 e EF09CO04, eixo PC, demonstram uma articulação clara entre os fundamentos da RE e os princípios da IA. As três primeiras (EF09CO01, EF09CO02 e EF09CO03) relacionam-se diretamente à

RE, pois envolvem a aplicação de estruturas de dados complexas, modularização de programas e o uso de autômatos e programação baseada em eventos, que são elementos fundamentais para o desenvolvimento de robôs capazes de executar ações autônomas em resposta a estímulos. Essas práticas favorecem o raciocínio lógico e o pensamento algorítmico, permitindo ao aluno compreender como decisões e comportamentos podem ser traduzidos em código. Já a habilidade EF09CO04, por propor a análise de eficiência de algoritmos, aproxima-se da IA ao incentivar a reflexão sobre o desempenho computacional, o uso de memória e o tempo de execução, aspectos fundamentais para o desenvolvimento de sistemas inteligentes e otimizados. Assim, as atividades integradas de robótica e programação promovem uma formação sólida e crítica, preparando os estudantes para compreender e criar soluções automatizadas com base em princípios de eficiência e inteligência computacional.

Outra perspectiva futura importante é a adaptação das sequências didáticas para versões híbridas ou desplugadas, o que possibilitará sua utilização em escolas com infraestrutura tecnológica limitada ou em comunidades ribeirinhas e rurais. Essa abordagem busca garantir a inclusão de diferentes públicos no processo de ensino e aprendizagem da Computação, respeitando as condições locais e ampliando o alcance social do projeto. A adoção de materiais de baixo custo, a utilização de recursos recicláveis e a integração de práticas de cultura *maker* podem representar caminhos viáveis para essa expansão, fortalecendo a educação científica e digital de forma sustentável.

Neste sentido, entre as perspectivas futuras, destaca-se a consolidação dos resultados obtidos por meio de produções acadêmicas já realizadas durante o desenvolvimento da pesquisa. Ao longo do estudo, foram publicados dois trabalhos complementares que reforçam a relevância científica e educacional desta investigação. O primeiro, um artigo publicado na Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação <<https://doi.org/10.51891/rease.v11i8.20681>>, apresenta uma revisão da literatura sobre RE e IA, além de uma análise sobre o simulador *Open Roberta Lab*, discutindo tendências, desafios e potencialidades dessas tecnologias no contexto da Educação Básica. Essa produção teórica contribuiu para embasar as escolhas metodológicas do presente trabalho. A capa do artigo encontra-se disponível no Anexo A.

O segundo trabalho refere-se a um resumo sobre a metodologia da pesquisa, apresentado em formato de *banner* no Simpósio Amazônico de Computação e Inovação (SACI 2025) promovido pelo curso de Licenciatura em Computação do Centro de Estudos Superiores de Itacoatiara. Essa participação possibilitou socializar os resultados parciais do estudo com a comunidade acadêmica da Universidade do Estado do Amazonas e fortalecer o diálogo entre pesquisadores e docentes sobre práticas pedagógicas inovadoras mediadas pela RE e IA. A Figura 59 apresenta os registros da apresentação do resumo em formato de *banner* no SACI 2025. O *banner* está disponível no Anexo B e no Anexo C o certificado de aceite e apresentação.



Figura 62 – Registos da apresentação do banner no SACI 2025. Fonte: Elaborada pelo autor.

Dando continuidade a esse movimento de divulgação científica, propõe-se como desdobramento futuro a publicação integral desta monografia em formato de capítulo de livro ou livro autoral, como forma de ampliar o alcance e a aplicabilidade dos resultados, estimulando a adoção das sequências didáticas em diferentes realidades escolares. Essa disseminação permitirá alcançar um público mais amplo e fortalecer a visibilidade da pesquisa dentro da comunidade acadêmica e educacional. Pois, a análise e sistematização de dados qualitativos devem servir como base para a construção de novos conhecimentos e para o aprimoramento contínuo de práticas pedagógicas (MINAYO, 2017). Assim, este estudo se consolida como um marco inicial no fortalecimento de uma educação inovadora, inclusiva e culturalmente situada, que integra educação, tecnologia e identidade amazônica como eixos transformadores do processo educativo.

Ainda sobre perspectivas futuras, pretende-se a inclusão e construção de um processo articulado com os sistemas municipais e estaduais de ensino, com o propósito de ampliar a disseminação e a aplicação dos resultados da pesquisa. Prevê-se a circulação dos materiais didáticos produzidos em espaços formais de deliberação, como conselhos, equipes técnicas e grupos de planejamento das Secretarias de Educação, de modo a favorecer o diálogo institucional. Dessa forma, a iniciativa pode abrir espaço para a análise de possibilidades de incorporação de propostas pedagógicas em programas institucionais, projetos pedagógicos e ações de formação docente (GRAF, *et al*, 2025). Neste contexto a articulação, delineia-se a expectativa de que os achados do estudo possam subsidiar o desenvolvimento de políticas públicas e fortalecer práticas educacionais no Ensino Médio.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Omar Neto Pio de. **Entre rios e floresta: do povoado de Terruã à cidade de Pauini-AM**. 2022. 159 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Amazonas, Manaus (AM), 2022.

AMARAL, Hudson Nunes; GASPAROTTO, Angelita Moutin Segoria. inteligência artificial: o uso da robótica indústria 4.0. **Revista Interface Tecnológica**, v. 18, n. 1, p. 474-486, 2021.

AQUINO, Yasmin Fortes Lopes. **O uso de tecnologias digitais como suporte à construção de práticas pedagógicas**. 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Práticas Pedagógicas) — Instituto Federal do Espírito Santo (IFES), Espírito Santo, 2024.

ASSIS, Wayne Santos de. **Utilização de recursos multimídia no ensino de concreto armado e protendido**. 2002. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

BAFFA, Augusto. *Teste de Turing*. Disponível em: https://www.augustobaffa.pro.br/wiki/Arquivo:Teste_de_turing.png. Acesso em: 27 jun. 2025.

BARBOSA, Lucia Martins; PORTES, Luiza Alves Ferreira. A inteligência artificial. **Revista Tecnologia Educacional [on line]**, Rio de Janeiro, n. 236, p. 16-27, 2023.

BARROS, Beatriz Vitória Castilho de; SILVA, Bruno dos Santos. **Inteligência artificial e seu impacto na educação. 2024**. Trabalho de Conclusão de Curso (Ensino Médio com Habilitação Profissional de Técnico em Informática para Internet) - Escola Técnica Estadual Professor Adhemar Batista Heméritas, São Paulo, 2024.

BEAR, Mark F.; CONNORS, Barry W.; PARADISO, Michael A. **Neurociências: desvendando o sistema nervoso**. Artmed editora, 2017.

BESERRA, Anderson Alves. EDUCAÇÃO DIGITAL NA EDUCAÇÃO 4.0: FORMAÇÃO DE PROFESSORES E DESAFIOS SOCIAIS. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, v. 10, n. 11, p. 2140-2163, 2024.

BRASIL, B. N. C. C. Computação-Complemento à BNCC. **DF: MEC**, 2022.

BRASIL, P. B. I. A. IA para o Bem de Todos. **DF: MCTI**, 2024.

BROWN, C.; HALE, D. **The Design and Use of Questionnaires in Educational Research: A New Student Researcher Guide**. 2023.

CALDEIRA, Vanessa Morgado Madeira et al. Bncc e a formação continuada de professores. **Revista Políticas Públicas & Cidades**, v. 13, n. 2, p. e1003-e1003, 2024.

CAMARGO, Carlos Eduardo Pires de. **Semiótica da vida artificial**. Tese (Doutorado em Tecnologias da Inteligência e Design Digital) – Faculdade de Ciências Exatas e Tecnologia, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2018.

CANDEIA, Állan Stieg et al. O Impacto da Inteligência Artificial na Educação a Distância: Vantagens, Desafios e Exemplo de Aplicação Bem-Sucedida. **Revista Sociedade Científica**, v. 7, n. 1, p. 4400-4408, 2024.

CARDOSO, Fábio Santos et al. O uso da Inteligência Artificial na Educação e seus benefícios: uma revisão exploratória e bibliográfica. **Revista Ciência em Evidência**, v. 4, n. FC, p. e023002-e023002, 2023.

CARIUS, Ana Carolina; BALDNER, F.; MAIWORM, A. Robótica educacional no contexto do novo Ensino Médio: uma aplicação de código de aberto. **Revista Inter eEduca**, v. 5, n. 3, 2023.

CHAVES, Luzia Neta Albuquerque. **Aplicação de uma inteligência artificial conversacional para comunicação do programa de integridade: um estudo de caso na Universidade Federal do Amazonas**. 2024. 99f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus (AM), 2024

CLEMENTE, Arnaldo Ortiz. **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**. 2022. Tese de Doutorado. [sn].

CRESWELL, J. W.; CRESWELL, J. D. **Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches**. 6. ed., 2023.

CRUZ, Willian dos Santos. **Aplicação de redes neurais artificiais na predição da acidentalidade viária na rodovia BR-365**. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso

(Graduação em Engenharia de Agrimensura e Cartográfica) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2023.

DA SILVA SANGALI, Rosiane; CATABRIGA, Lucia; BOERES, Maria Claudia Silva. Robótica Educativa para Desenvolvimento de Habilidades do Pensamento Computacional por meio de Eletiva Complementar. In: **Workshop de Informática na Escola (WIE)**. SBC, 2024. p. 437-448.

DA SILVA, Andressa Lima; BARROS, Josemir Almeida. Pesquisa Qualitativa em Educação e o uso de entrevistas semiestruturadas. **REVISTA ELETRÔNICA PESQUISEDUCA**, v. 16, n. 43, p. 170-191, 2024.

DO CARMO, G. Q. **An Integrative Review and Ethical Considerations of Semi-Structured Interviews**. 2024.

DOS SANTOS NETO, Manuel Bandeira; DE JESUS ARAUJO, Eliane. Formação continuada de professores pós-pandemia de covid-19: uma análise dos impactos e desafios na prática docente. **Revista Internacional de Formação de Professores**, p. e025001-e025001, 2025.

DOS SANTOS, Marcelo da Silva; et al. Importância da visão computacional na inteligência artificial e robótica. **Jornada Acadêmica**, v. 7, n. 1, p. 2, 2023.

DUARTE, E. Formação de Professores de Matemática e o Currículo de Inteligência Artificial da Educação Básica - Unesco. **Revista Paranaense de Educação Matemática**, v. 13, n. 31, p. 1–25, 2024.

DURAES, Gilvan et al. Ensino de fundamentos da inteligência artificial no ensino médio integrado sob a perspectiva educacional e tecnológica de Paulo Freire. **Trilhas-Revista de Extensão do IF Baiano**, v. 1, n. 2, p. 11-15, 2021.

ELIAS, C. L.; LEMOS, A. S. AS PREMISSAS CONSTRUCIONISTAS DE SEYMOUR PAPERT E A COMPUTAÇÃO NA EDUCAÇÃO BÁSICA: O QUE O PASSADO NOS ENSINA? **SciELO Preprints**, 2024.

ESPARZA, Gustavo. Alan Turing: bases, forma e críticas à inteligência artificial. **Cuadernos salmantinos de filosofía** , v. 49-74, 2021.

FAUSTO, Ilma Rodrigues de Souza; BRAZ, Ruth Maria Mariani; LETA, Fabiana Rodrigues. Projeto de Robótica Educacional Inclusiva: Robô Companheiro EV3. **Revista Veritas de Difusão Científica**, v. 5, n. 2, p. 1877–1921, 2024.

FERNANDES, Nídia Mara Melchiades Castelli; ZANON, Dulcimeire Aparecida Volante. Integração entre robótica educacional e abordagem STEAM: desenvolvimento de protótipos sobre a temática responsabilidade social e sustentabilidade. **Dialogia**, n. 40, p. e21600-e21600, 2022.

FERREIRA, Naelhy Paiva et al. Preparando colaboradores para a era digital: habilidades fundamentais para o futuro do trabalho. 2024.

FIGUEIREDO, Daniela Paes. **A robótica educativa e as crianças do 1º Ciclo do Ensino Básico**. 2022. Dissertação de Mestrado. Universidade do Minho (Portugal).

FRAUNHOFER IAIS. *FAQ zur Roberta-Initiative*. Roberta – Lernen mit Robotern, 2025. Disponível em: <https://roberta-home.de/en/transparenz/faq-zur-roberta-initiative>. Acesso em: 17 maio 2025.

FUJIYOSHI, Mirian Roberta dos Santosd. INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E SUAS IMPLICAÇÕES NO CONTEXTO EDUCACIONAL. **Revista Ilustração**, v. 5, n. 2, p. 41-52, 2024.

GAMA, Luciano Ferreira. **Uma análise da abordagem STEAM aplicada ao ensino de Geometria: Formas de enriquecer o conhecimento e a aprendizagem de modo interdisciplinar**. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso.

GAZARINI, Lucas et al. Neurociência e Aprendizagem. **Neurociência e Aprendizagem**, 2024.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2019. MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 9. ed. São Paulo: Atlas, 2021.

GOMES, Luciana Aparecida et al. DO PAPEL DO DESIGN INSTRUCIONAL NO CONTEXTO DA EDUCAÇÃO HÍBRIDA E DIGITAL: DESAFIOS, LIMITES E OPORTUNIDADES PARA PROFISSIONAIS DA ÁREA. **Revista Tópicos**, v. 3, n. 21, p. 1-12, 2025.

GOMES, Victor Pereira. Revisitando o Teste de Turing: Análises e consequências. **Papel da Palavra**, 2023.

GRAF, Lucimar et al. Formação docente na educação especial: desafios e possibilidades para a inclusão. **Revista Acadêmica Online**, v. 11, n. 55, p. e464-e464, 2025.

GUALDA, Isabella Peres. **Aplicação de redes neurais artificiais na ciência e tecnologia de alimentos: estudo de casos**. 2024. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) – Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-graduação em Ciência de Alimentos, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2024.

HATTIE, J.; ZIERER, K. **Visible Learning: The Sequel**. 2023.

HERNÁNDEZ RUIZ, Irene; GÓMEZ FERNÁNDEZ, Carolina; FALLAS CARVAJAL, Luis Alejandro. **A experiência e percepção de estudo do software Open Roberta Lab em um curso introdutório de robótica educativa na Costa Rica**. *Universidad de Alcalá*, Alcalá de Henares, 2023.

JUSTI, Jadson. **FESTIVAL FOLCLÓRICO DOS BOIS-BUMBÁS DE PARINTINS: CONSIDERAÇÕES SOBRE A ECONOMIA CRIATIVA E VALORIZAÇÃO CULTURAL**. 2024. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Mato Grosso.

LÔBO, Ítalo Martins; SILVA, Bruno Henrique Fernandes da; PEREIRA, João Alves; SILVANY, Marco Antonio; ANDRADE FILHO, Marcos Antonio Soares de. **METODOLOGIA ATIVA: APRENDIZAGEM BASEADA EM PROBLEMAS: UMA REVISÃO DE LITERATURA**. *Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação*, [S. l.], v. 10, n. 5, p. 116–124, 2024.

LOIOLA, Alba et al. IA generativa em competências discursivas na educação básica. *Revista Eletrônica de Educação*, v. 18, n. 1, p. e6680122-e6680122, 2024.

MACIEL, L. M.; LEAL, D. A. Robótica Educacional: desafios e perspectivas no ensino brasileiro. *Conjecturas*, v. 22, n. 6, p. 1018–1024, 5 jul. 2022.

MAIA, Willianice Soares; DA SILVA BALBINO, William. **TRANSFORMAÇÕES NO CURRÍCULO DA EDUCAÇÃO BÁSICA: IMPACTOS E DESAFIOS DO NOVO ENSINO MÉDIO NO BRASIL**. *Revista Geadel*, v. 5, n. 2, p. 85-101, 2024.

MAJDENBAUM, Rivka et al. **Avaliação do potencial pedagógico de artefatos de robótica educacional a partir de uma perspectiva construcionista de aprendizagem**. 2024. Tese (Mestrado Profissional em Informática na Educação – MPIE) – Instituto Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, 2024.

MATTOS, Gislaíne dos Santos Caire et al. OS DIFERENTES TIPOS DE MÍDIAS DIGITAIS INTEGRADAS AO CURRÍCULO ESCOLAR E UNIVERSITÁRIO. *Revista Educação Contemporânea*, v. 2, n. 2, p. 1001-1009, 2025.

MINAYO, M. C. de S. **O desafio do conhecimento: pesquisa qualitativa em saúde**. 15. ed. São Paulo: Hucitec, 2017.

MOREIRA, Catarina. Neurónio. Revista de Ciência Elementar – Rev. Ciência Elem., v. 1, n. 1, p. 008, dez. 2013. DOI: 10.24927/rce2013.008. Disponível em: <https://rce.casadasciencias.org/rceapp/art/2013/008/>. Acesso em: 27 jun. 2025.

MÜNSTERBERG, Alisa Véronique et al. Perzeptrons são programados e explorados em Rahmen do Open Roberta Lernumgebung. In: **INFOS 2023-Informatikunterricht zwischen Aktualität und Zeitlosigkeit** . Gesellschaft für Informatik eV, 2023. p. 435-436.

NAPE. **Best Practices for Student Surveys**. 2024.

NASCIMENTO, Gleice Quelle Silva dos santos; FERREIRA, Rosilda Arruda; RAMOS, Luiza Olivia Lacerda. BASE NACIONAL COMUM CURRICULAR: INTERDISCIPLINARIDADE NAS COMPETÊNCIAS E HABILIDADES DA ÁREA DE CIÊNCIAS DA NATUREZA E SUAS TECNOLOGIAS. **LUMEN ET VIRTUS**, v. 16, n. 46, p. 1987-2005, 2025.

NOGUEIRA, Enzo Hayashi. **Consumo alimentar da população brasileira com doença renal crônica: uma análise por região geográfica**. 2024. 17 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Nutrição) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2025.

O’CONNOR, Marie Theresa. In the Craftsman’s Garden: AI, Alan Turing, and Stanley Cavell. **Minds and Machines**, v. 34, n. 3, p. 22, 2024.

OECD. **Education Policy Outlook 2023; Student assessment**. 2023.

PEREIRA, Natana Lopes; DE SOUZA, Marcio Vieira. ECOLOGIA DAS MÍDIAS E A INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL: UMA REVISÃO INTEGRATIVA. In: **Anais do Congresso Internacional de Conhecimento e Inovação–ciki**. 2024.

PEREIRA, Rosa Denise Diniz. **Os Desafios da Efetivação da Política Nacional Educação Especial na Zona Rural Ribeirinha na Cidade de Manaus-Amazonas-Brasil**. Dissertação de Mestrado. Universidade Catolica Portuguesa (Portugal). 2024b.

POTTER, Kaledio; STILINSKI, Dylan; ADABLANU, Selorm. Explainable Neural Networks for Interpretable Cybersecurity Decisions. *Journal of Cyber Security*, [S.l.], jul. 2024. 24 p.

RIBEIRO NETO, João. **A cultura maker na formação continuada de professores da rede municipal de educação de Pentecoste - CE: experiências e resultados.** 2024. 234 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Educacional) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2024.

ROCHA, Abadia Adenísia et al. Inteligência Artificial na Educação Superior na relação com o PBIA. **HUMANIDADES E TECNOLOGIA (FINOM)**, v. 56, n. 1, p. 222-240, 2025.

RODRIGUES, Ana Paula et al. **Implantação de fablabs e makerspaces: inovando a educação 4.0 em ambientes não-formais.** Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 2023.

SANGALI, Rosiane da Silva; CATABRIGA, Lucia; BOERES, Maria Claudia Silva. Robótica Educativa para Desenvolvimento de Habilidades do Pensamento Computacional por meio de Eletiva Complementar. In: **Workshop de Informática na Escola (WIE)**. SBC, 2024. p. 437-448.

SANTOS, Karina Barros dos. **O papel da logística portuária no desenvolvimento econômico do município de Itacoatiara - AM.** 2023. 35 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Produção) – Universidade Federal do Amazonas, Itacoatiara-AM, 2023.

SANTOS, Mayke Franklin da Cruz et al. **Inteligência artificial na formação docente: desafios, possibilidades e capacitação para a educação básica.** 2024. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino para a Educação Básica) – Instituto Federal Goiano, Goiás, 2024.

SELINGARDI, Ainá Montessanti. **Princípios matemáticos e programação Scratch: desenvolvimento de projetos com crianças.** 2024. Tese (Pós-graduação em Educação Matemática – IGCE) – Universidade Estadual Paulista (Unesp), São Paulo, 2024.

SILVA, Anelise Gorett et al. **Implementação de estratégias argumentativas para estudantes do 9º ano do ensino fundamental: ampliando horizontes**

compreensivos a partir da Análise do Discurso Bakhtiniana. 2024. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 2024.

SILVA, Luís Rogério; GONÇALVES, Eliane. Inteligência Artificial: Educação, trabalho docente e currículo sob a visão dos professores de robótica pedagógica e tecnologias. **Anais CIET: Horizonte**, 2024.

SILVA, Luís Rogério; GONÇALVES, Eliane. Inteligência Artificial: Educação, trabalho docente e currículo sob a visão dos professores de robótica pedagógica e tecnologias. **Anais CIET: Horizonte**, 2024.

SILVA, Suselaine da Fonseca. **Torneio de robótica virtual: mutações da arquitetura pedagógica em um contexto de pandemia**. 2022. 145 f. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2022.

SOARES, Francisco Júnior Lopes dos Reis. **O Estado da Arte da Aplicação da Inteligência Artificial (IA) e Aprendizagem Automática (AA) ao Cálculo de Estruturas**. 2024. Dissertação de Mestrado. Universidade do Porto (Portugal).

SOUSA, Camilla Alinne Silva de. **Educação tecnológica: desafios e contribuições nas escolas da atualidade**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Humanas) – PUC Goiás, Goiás, 2021.

SOUSA, Jefferson Cardelly Silva de. **Indústria 4.0: fundamentos, perspectivas e aplicações**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciência e Tecnologia) — Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Rio Grande do Norte, 2022.

TRAVASSOS, Guilherme Horta; GUROV, Dmytro; AMARAL, E. A. G. G. **Introdução à engenharia de software experimental**. UFRJ, 2002.

TRINDADE, Genarde Macedo; DE SOUZA, Dayane Rosas; DOS SANTOS, Tatiana. Ambiente de Simulação STEM para o Ensino de Robótica e Programação: Um Estudo de Caso. In: **Workshop de Informática na Escola (WIE)**. SBC, 2022. p. 36-46.

VERÍSSIMO, A. C. DE A. et al. PLATAFORMAS EDUCACIONAIS E PERSONALIZAÇÃO DO ENSINO: UMA REVOLUÇÃO NO APRENDIZADO. **Lumen et Virtus**, v. 15, n. 43, p. 7776–7790, 2024.

VERÍSSIMO, Adriana Carla De Araújo et al. Recursos multimídia para a educação: Potencial e impacto dos recursos multimídia na aprendizagem dos alunos do ensino fundamental I. **Revista Ilustração**, v. 5, n. 1, p. 65-74, 2024.

VICARI, Rosa Maria et al. **Inteligência artificial na educação básica**. Novatec Editora, 2023.

YOSHI, Ingrid Mayumi da Silva. **Inteligência artificial no Poder Judiciário brasileiro: uma análise da Resolução**. Dissertação (Mestrado em Direito, Sociedade e Tecnologias) — Faculdades Londrina, Londrina, 2023.

APÊNDICE A – Matriz de design instrucional

MATRIZ DE DESIGN INSTRUCIONAL				
Nome Curso	REDES NEURAIS EXPLICÁVEIS COM O SIMULADOR ROBÓTICO <i>OPEN ROBERTA LAB</i>			
Público-alvo	Ensino médio			
Objetivo Geral	Elaborar estratégias para a Educação em Computação no Ensino Médio, especificamente no conteúdo Redes Neurais, por meio da construção e avaliação de sequências didáticas utilizando o simulador robótico Open Roberta Lab.			
Ementa	Construir um referencial teórico sobre o ensino de IA integrado à RE no Ensino Médio, explorar o simulador robótico <i>Open Roberta Lab</i> como ferramenta pedagógica para o ensino de Redes Neurais, desenvolver sequências didáticas que integrem o ensino de IA e RE			
Carga Horária	100 minutos por conteúdo			
Objetivos Específicos	Habilidades BNCC Computação	Estratégias de Aprendizagem	Recursos didáticos	Avaliação
Conteúdo 1: Descobrimo o <i>Open Roberta Lab</i> com Alan Turing				
a) Introdução à interface do <i>Open Roberta Lab</i> e blocos básicos. b) Simulação com robôs, como mover, e usar sensores simples.	EM13CO16 - Desenvolver projetos com robótica, utilizando artefatos físicos ou simuladores.	Introduzir a interface e à programação em blocos com a plataforma <i>Open Roberta Lab</i> , tendo como inspiração a trajetória de Alan Turing. A aula inicia com uma contextualização sobre suas contribuições à computação, destacando a máquina universal e o uso da lógica para resolver problemas. Em seguida, os estudantes programam um robô simulado para desenhar formas geométricas no plano cartesiano, aplicando princípios do pensamento computacional como decomposição, padrões e algoritmos. Turing é apresentado como referência metodológica, reforçando a ideia de que programar é dar instruções claras	Simulador Robótico <i>Open Roberta Lab</i> ; Computadores com acesso à internet; Sensores virtuais e robôs simulados; Sequências didáticas.	Diário de bordo individual; Rubrica; Autoavaliação.

		para que uma máquina execute tarefas, como ele idealizou. Com base nos fundamentos da lógica e programação explorados com Alan Turing, a próxima unidade aprofunda o conceito de inteligência artificial, investigando como máquinas podem aprender a partir de dados do ambiente.		
Conteúdo 2: Explorando a IA: O que faz uma rede neural artificial?				
<p>a) Compreender o funcionamento básico de uma rede neural artificial.</p> <p>b) Utilizar sensores de luz para captar dados do ambiente.</p> <p>c) Treinar uma rede neural simples para reagir a diferentes níveis de luz</p>	<p>(EM13CO16) Desenvolver projetos com robótica, utilizando artefatos físicos ou simuladores.</p> <p>(EM13CO12) Produzir, analisar, gerir e compartilhar informações a partir de dados, utilizando princípios de ciência de dados.</p>	<p>Essa atividade ajuda os alunos a visualizarem como sensores coletam dados do ambiente e os convertem em entradas para redes neurais, fortalecendo o entendimento prático de IA baseada em aprendizagem supervisionada com sensores reais. Os alunos irão programar um robô no ambiente <i>Open Roberta Lab</i>, utilizando o sensor de cor como uma das entradas da rede neural. O sensor está posicionado na parte inferior do robô e é capaz de detectar valores de luz refletidos do piso.</p>	<p>Simulador Robótico <i>Open Roberta Lab</i>;</p> <p>Computadores com acesso à internet;</p> <p>Sensores virtuais e robôs simulados;</p> <p>Sequências didáticas.</p>	<p>Diário de bordo individual;</p> <p>Rubrica;</p> <p>Autoavaliação.</p>
Conteúdo 3: Jogo da Distância: O que faz uma máquina pensar?				
<p>a) Programar um robô para manter uma distância segura de obstáculos.</p> <p>b) Relacionar sensores físicos e algoritmos com a ideia de cuidado e autonomia.</p> <p>c) Criar comportamento automatizado como forma de decisão inteligente.</p> <p>d) Interpretar o papel de entradas</p>	<p>(EM13CO16) Desenvolver projetos com robótica, utilizando artefatos físicos ou simuladores.</p>	<p>Os alunos exploram o uso do sensor ultrassônico no simulador do <i>Open Roberta</i>, aprendendo como ele detecta distâncias e envia dados como entrada para a rede neural. A atividade prática consiste em programar o robô para reagir automaticamente a diferentes níveis de proximidade: ao</p>	<p>Simulador Robótico <i>Open Roberta Lab</i>;</p> <p>Computadores com acesso à internet;</p> <p>Sensores virtuais e robôs simulados;</p> <p>Sequências didáticas.</p>	<p>Diário de bordo individual;</p> <p>Rubrica;</p> <p>Autoavaliação.</p>

sensores, saídas motoras e pesos neurais no processo de aprendizado.		detectar um objeto próximo, o robô deve reduzir a velocidade ou parar; caso contrário, deve seguir em frente. Essa decisão será tomada com base em uma rede neural simples, ajustando os pesos conforme os dados recebidos.		
Conteúdo 4: Entre Linhas e Neurônios: Um Robô que Aprende a Seguir				
<p>a) Compreender como redes neurais artificiais podem simular comportamentos autônomos.</p> <p>b) Programar um robô que segue uma linha usando sensores de cor.</p> <p>c) Interpretar o papel de entradas sensores, saídas motoras e pesos neurais no processo de aprendizado.</p>	(EM13CO16) Desenvolver projetos com robótica, utilizando artefatos físicos ou simuladores.	Nesta atividade, os alunos programam um robô no <i>Open Roberta Lab</i> para seguir uma linha utilizando sensores de cor, com o objetivo de compreender como redes neurais artificiais podem simular comportamentos autônomos. A atividade começa com um vídeo de exemplo e uma reflexão sobre programação direta versus aprendizado. Em seguida, os estudantes configuram uma rede neural simples com entradas sensoriais, saídas motoras e pesos ajustáveis, observando como essas variáveis afetam o desempenho do robô.	Simulador Robótico <i>Open Roberta Lab</i> ; Computadores com acesso à internet; Sensores virtuais e robôs simulados; Sequências didáticas.	Diário de bordo individual; Rubrica; Autoavaliação.
Conteúdo 5: Robô Autônomo				
<p>a) Compreender como sensores ultrassônicos podem ser usados para detectar obstáculos no ambiente.</p> <p>b) Programar um robô com rede neural para tomar decisões autônomas de desvio com base em entradas sensoriais.</p>	(EM13CO16) Desenvolver projetos com robótica, utilizando artefatos físicos ou simuladores. (EM13CO12) Produzir, analisar, gerir e compartilhar informações a partir de dados, utilizando princípios de	A aula propõe uma introdução ao uso de robôs autônomos no cotidiano, seguida pela exploração de um projeto no <i>Open Roberta Lab</i> onde os alunos analisam um robô que utiliza dois sensores ultrassônicos e uma rede neural para desviar de obstáculos, com um sensor de toque atuando como	Simulador Robótico <i>Open Roberta Lab</i> ; Computadores com acesso à internet; Sensores virtuais e robôs simulados; Sequências didáticas.	Diário de bordo individual; Rubrica; Autoavaliação.

<p>c) Utilizar o sensor de toque como estratégia de segurança em caso de falha na evasão.</p> <p>d) Testar e ajustar pesos neurais para melhorar o desempenho da rede artificial.</p> <p>e) Refletir sobre o papel da inteligência artificial na autonomia robótica.</p>	<p>ciência de dados. (EM13CO10) Conhecer os fundamentos da Inteligência Artificial, comparando-a com a inteligência humana, analisando suas potencialidades, riscos e limites.</p>	<p>recurso de emergência. Os estudantes são desafiados a replicar ou ajustar o código, modificando os pesos da rede neural para observar o impacto nas decisões do robô.</p>		
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	--

ANEXO A – Capa do artigo publicado



Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação — REASE



doi.org/10.51891/rase.v11i18.20681



REDES NEURAIS EXPLICÁVEIS E ROBÓTICA EDUCACIONAL: REVISÃO E ANÁLISE DO OPEN ROBERTA LAB PARA O ENSINO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

EXPLAINABLE NEURAL NETWORKS AND EDUCATIONAL ROBOTICS: REVIEW AND ANALYSIS OF THE OPEN ROBERTA LAB FOR TEACHING ARTIFICIAL INTELLIGENCE

REDES NEURONALES EXPLICABLES Y ROBÓTICA EDUCATIVA: REVISIÓN Y ANÁLISIS DEL LABORATORIO ABIERTO ROBERTA PARA LA ENSEÑANZA DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Jorge Mikael Coutinho Alves¹
Genarde Macedo Trindade²

RESUMO: Esta pesquisa apresenta resultados parciais sobre o ensino de Inteligência Artificial no Ensino Médio, com ênfase em Redes Neurais Explicáveis e no uso do simulador Open Roberta Lab como recurso pedagógico. O estudo incluiu revisão de literatura e análise funcional e pedagógica do simulador Open Roberta Lab, considerando sua compatibilidade com a BNCC Computação e abordagens construcionistas. Os achados indicam que a plataforma oferece programação visual por blocos, simulação de 32 sistemas incluindo microcontroladores, robôs físicos e módulos de IA e recursos para criação e treinamento de Redes Neurais Explicáveis simples com visualização em tempo real. Essas funcionalidades favorecem a compreensão de conceitos como aprendizado supervisionado e tomada de decisão baseada em dados, superando a lógica de caixa-preta da Inteligência Artificial. O simulador Open Roberta Lab mostrou-se acessível, gratuito e multiplataforma, possibilitando a realização de atividades práticas mesmo em contextos escolares com infraestrutura limitada. A proposta articula-se a competências da BNCC, como compreensão crítica de sistemas de IA, modelagem computacional e desenvolvimento de projetos integradores. O simulador Open Roberta Lab representa uma alternativa viável e inclusiva para a popularização da Inteligência Artificial educação básica, sendo promissor para o desenvolvimento de sequências didáticas que unam teoria e prática.

1782

Palavras-chave: Redes Neurais Explicáveis. Inteligência Artificial. Open Roberta Lab.

ABSTRACT: This research presents partial results on the teaching of Artificial Intelligence in high school, with an emphasis on Explainable Neural Networks and the use of the Open Roberta Lab simulator as a pedagogical resource. The study included a literature review and a functional and pedagogical analysis of the Open Roberta Lab simulator, considering its compatibility with the BNCC Computing and constructionist approaches. The findings indicate that the platform offers visual block programming, simulation of 32 systems including microcontrollers, physical robots, and AI modules, and resources for creating and training simple Explainable Neural Networks with real-time visualization. These features favor the understanding of concepts such as supervised learning and data-driven decision-making, overcoming the black-box logic of Artificial Intelligence. The Open Roberta Lab simulator proved to be accessible, free, and multiplatform, enabling practical activities even in school settings with limited infrastructure. The proposal is articulated with BNCC competencies, such as critical understanding of AI systems, computational modeling, and the development of integrative projects. The Open Roberta Lab simulator represents a viable and inclusive alternative for the popularization of Artificial Intelligence in basic education, being promising for the development of teaching sequences that combine theory and practice.

Keywords: Explainable Neural Networks. Artificial Intelligence. Open Roberta Lab.

¹ Discente do curso de Licenciatura em Computação pela Universidade do Estado do Amazonas.

² Docente do curso de Licenciatura em Computação pela Universidade do Estado do Amazonas.

ANEXO B – Banner apresentado no SACI 2025

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS PARA O DESENVOLVIMENTO DE SEQUÊNCIAS DIDÁTICAS PARA O ENSINO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL COM O SIMULADOR ROBÓTICO *OPEN ROBERTA LAB*

Jorge Mikael Coutinho Alves; Genarde Macedo Trindade.

Licenciatura em Computação, Centro de Estudos Superiores de Itacoatiara – CESTI/UEA, Itacoatiara-AM, Brasil.



1 INTRODUÇÃO

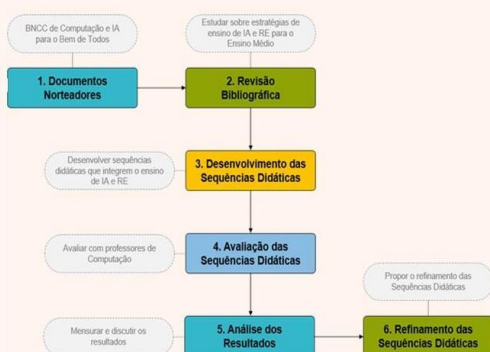
Os procedimentos metodológicos estruturam-se em seis etapas integradas, orientando um estudo qualitativo, reflexivo, teórico-aplicado e com abordagem de métodos mistos para avaliar e aperfeiçoar materiais didáticos sobre Inteligência Artificial (IA) e Robótica Educacional (RE) no Ensino Médio.

2 OBJETIVO

Desenvolver, avaliar e refinar sequências didáticas que democratizem o acesso aos conhecimentos de IA e RE, assegurando alinhamento curricular, ética, inclusão digital e fortalecimento da atuação docente no Ensino Médio.

3 METODOLOGIA

A metodologia é organizada em seis etapas:



4 RESULTADOS

Espera-se que as sequências didáticas sejam validadas e refinadas, com clareza, viabilidade técnica e alinhamento à BNCC Computação; atividades no *Open Roberta Lab* promovendo pensamento computacional, decisão orientada por dados e interpretação de modelos explicáveis; fortalecimento da atuação docente e democratização do acesso à IA e RE.



5 CONCLUSÃO

O percurso metodológico delineado permite elaborar, aplicar e aperfeiçoar sequências didáticas de IA e RE alinhadas à BNCC Computação, integrando fundamentos conceituais e práticas com o *Open Roberta Lab*. A combinação de avaliação docente e análise de resultados orienta refinamentos contínuos, favorecendo materiais acessíveis, responsáveis e tecnicamente viáveis, que democratizam o acesso a tecnologias explicáveis no Ensino Médio.

APOIADORES



ANEXO C – Certificado de aceite e apresentação no SACI 2025



SACI 2025
Simpósio Amazônico de
Computação e Inovação

Certificado

Certificamos que o resumo intitulado **Procedimentos metodológicos para o desenvolvimento de sequências didáticas para o ensino de inteligência artificial com o simulador robótico Open Roberta Lab** de autoria de Jorge Mikael Coutinho Alves e Genarde Macedo Trindade., foi aceito e apresentado no evento XVII Simpósio Amazônico de Computação e Inovação (SACI 2025), realizado em 12/11/2025 a 14/11/2025, na cidade de Itacoatiara/AM.


 Franciano Antune
Diretor do CESIT


 Genarde Macedo Trindade
Coordenador do evento

Itacoatiara/Amazonas, 18/11/2025

Realização



Apoio

