



INSTITUTO FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
CAMPUS PORTO ALEGRE
MESTRADO PROFISSIONAL EM INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO

RIVKA MAJDENBAUM

**AVALIAÇÃO DO POTENCIAL PEDAGÓGICO DE ARTEFATOS DE
ROBÓTICA EDUCACIONAL A PARTIR DE UMA PERSPECTIVA
CONSTRUCIONISTA DE APRENDIZAGEM**

Porto Alegre

2024

RIVKA MAJDENBAUM

**AVALIAÇÃO DO POTENCIAL PEDAGÓGICO DE ARTEFATOS DE
ROBÓTICA EDUCACIONAL A PARTIR DE UMA PERSPECTIVA
CONSTRUCIONISTA DE APRENDIZAGEM**

**Dissertação de Mestrado apresentado
junto ao programa de Pós-Graduação
em Informática na Educação, Instituto
Federal do Rio Grande do Sul, Campus
Porto Alegre, como requisito para
obtenção do título de Mestre em
Informática na Educação.**

Orientador: Prof. Dr. Fabio Yoshimitsu Okuyama

Coorientadora: Prof^a Dr^a Marcia C. Villarroel

Porto Alegre

2024

M233 Majdenbaum, Rivka

Avaliação do potencial pedagógico de artefatos de robótica educacional a partir de uma perspectiva construtivista de aprendizagem / Rivka Majdenbaum – Porto Alegre, 2024.

117 f. : il., color.

Orientador: Dr. Fabio Yoshimitsu Okuyama

Coorientadora: Dra. Marcia C. Villarroel

Dissertação (mestrado) – Instituto Federal do Rio Grande do Sul Campus Porto Alegre, Mestrado Profissional em Informática na Educação, Porto Alegre, 2024.

1. Informática na educação. 2. Robótica. 3. Construcionismo. I. Okuyama, Fabio Yoshimitsu. II. Villarroel, Marcia C. III. Título.

CDU: 004:37

Elaborada por Débora Cristina Daenecke Albuquerque Moura - CRB10/2229

Agradecimentos

Meus sinceros agradecimentos ao professor Fabio Yoshimitsu Okuyama por ter me orientado de forma excepcional durante toda a minha jornada acadêmica.

Durante meu tempo no Mestrado, tive a sorte de ter colegas incríveis que compartilharam comigo as alegrias e desafios dessa jornada acadêmica. A troca de conhecimento, as brincadeiras, as gargalhadas e o apoio mútuo foram inestimáveis e enriquecedores, muito obrigada a todos.

Gostaria de agradecer à gestão e aos colegas do SESI/RS pela oportunidade de conciliar minha vida profissional com a acadêmica. Essa experiência foi de valor inestimável, permitindo-me ampliar meu horizonte de conhecimentos e aplicar as novas aprendizagens no ambiente de trabalho. Sou muito grata por todo o apoio e incentivo que recebi durante esse período.

A minha querida colega Professora Monica Bertoni dos Santos, no auge dos seus 85 anos, sua paixão pelo ensino e sua sabedoria são fontes de inspiração para todos nós. Sua paciência e gentileza trouxeram a cada encontro uma experiência valiosa e enriquecedora. Você é uma verdadeira inspiração, e sou imensamente grata por cada momento que compartilhamos juntas.

Por último, mas com uma importância ainda maior, quero expressar minha profunda gratidão à minha mãe, Edy F. Majdenbaum. Seu encorajamento constante e cuidados ao longo de seus 88 anos têm sido fundamentais e continuam a fazer uma diferença imensa em minha vida.

Resumo

Esta pesquisa desenvolveu e validou uma rubrica para a avaliação do potencial pedagógico de artefatos de robótica educacional a partir de uma perspectiva construcionista de aprendizagem. A rubrica de avaliação tem como objetivo auxiliar as instituições de ensino na escolha dos recursos robóticos mais adequados às suas necessidades e especificidades. A rubrica considera os seguintes critérios de avaliação: nível de dificuldade para o professor se apropriar do artefato de robótica educacional, nível de dependência de recursos do artefato, nível do potencial criativo do artefato, versatilidade do artefato, interação com o ambiente, acessibilidade para diferentes idades e viabilidade econômica. Os critérios que integram a rubrica foram criados a partir da revisão bibliográfica sobre teorias e abordagens pedagógicas que conversam com o universo da robótica educacional e suas possibilidades de uso em sala de aula, como: construcionismo, metodologias ativas, educação STEAM, cultura maker, aprendizagem criativa, e a própria robótica educacional, trazendo à luz autores seminais e contemporâneos que se identificam com o conceito construcionista de aprendizagem, como: Seymour Papert, Gary Stager, Mitchel Resnick, Paulo Blikstein, José Armando Valente, José Moran, Léa Fagundes, entre outros, e a pesquisa por trabalhos correlatos. Artefatos robóticos foram avaliados, por meio da rubrica pela pesquisadora, e posteriormente oferecidos para que professores os utilizassem em suas práticas pedagógicas, após a intervenção em sala de aula os docentes responderam a um questionário. A validação da eficiência da rubrica foi realizada ao comparar as respostas dos professores sobre sua prática utilizando os artefatos oferecidos com a avaliação da rubrica aplicada a cada artefato. Em outras palavras, as observações dos professores coincidiram com as observações feitas pela pesquisadora durante a avaliação dos artefatos robóticos, confirmando a eficácia da rubrica. Ressalta-se, porém, que o uso eficaz da robótica educacional na promoção da aprendizagem significativa e no desenvolvimento de habilidades e competências depende de professores preparados. É fundamental que os professores recebam formação adequada para a utilização dessas ferramentas tecnológicas de forma eficaz e alinhada com abordagens pedagógicas construcionistas. Nesse sentido a rubrica para avaliar o potencial pedagógico de artefatos de robótica educacional a partir de uma perspectiva construcionista de aprendizagem se configura como uma ferramenta valiosa para avaliar artefatos robóticos adequados para a instituição de ensino implantar práticas pedagógicas inovadoras e significativas como a robótica educacional.

Palavras-chave: Avaliação de artefatos robóticos. Construcionismo. Critérios de avaliação. Robótica educacional. Rubrica de avaliação.

Abstract

This research developed and validated a rubric for the evaluation of educational robotics artifacts' pedagogical potential from a constructionist learning perspective. The evaluation rubric aims to help educational institutions in choosing the most appropriate robotic resources for their needs and specificities. The rubric considers the following evaluation criteria: level of difficulty for the teacher to appropriate the educational robotics artifact, level of dependence on resources of the artifact, level of creative potential of the artifact, versatility of the artifact, interaction with the environment, accessibility for different ages and economic viability. The criteria that make up the rubric were created from the bibliographical review on theories and pedagogical approaches that talk about the universe of educational robotics and its possibilities of use in the classroom, like: constructionism, active methodologies, STEAM education, maker culture, creative learning, and the educational robotics itself, bringing to light seminal and contemporary authors who identify with the constructionist concept of learning, such as Seymour Papert, Gary Stager, Mitchel Resnick, Paulo Blikstein, José Armando Valente, José Moran, Léa Fagundes, among others, and the research for related works. Robotic artifacts were evaluated, through the rubric by the researcher, and subsequently offered to teachers to use them in their pedagogical practices, after the intervention in the classroom teachers answered a questionnaire. The validation of the rubric efficiency was performed by comparing the teachers' responses about their practice using the artifacts offered with the rubric evaluation applied to each artefact. In other words, the teachers' observations coincided with the observations made by the researcher during the evaluation of the robotic artifacts, confirming the effectiveness of the rubric. It is emphasized, however, that the effective use of educational robotics in promoting meaningful learning and developing skills and competencies depends on trained teachers. It is essential that teachers receive adequate training for the use of these technological tools in an effective way and aligned with constructionist pedagogical approaches. In this sense, the rubric for the evaluation of educational robotics artifacts' pedagogical potential from a constructionist learning perspective is configured a valuable tool to evaluate robotic artifacts suitable for the educational institution to implement innovative and significant pedagogical practices such as educational robotics.

Keywords: Evaluation of robotic artifacts. Constructionism. Evaluation criteria. Educational robotics. Evaluation rubric.

Lista de abreviaturas e siglas

4Ps – Projetos, Paixão, Pares e Pensar brincando

ABP – Aprendizagem Baseada em Projeto

BNCC – Base Nacional Comum Curricular

CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

DIY – Do It Yourself

ERIC – Education Resources Information Center

MIT – Massachusetts Institute of Technology

RBAC – Rede Brasileira de Aprendizagem Criativa

RSL – Revisão Sistemática da Literatura

SCIELO – Scientific Electronic Library Online

STEAM – Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics

STEM – Science, Technology, Engineering, and Mathematics

TDICs – Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação

TICs – Tecnologias da Informação e Comunicação

Lista de ilustrações

Figura 1: Experimento utilizando o EV3 do kit LEGO.....	25
Figura 2: Experimento utilizando a GoGo board	25
Figura 3: Experimentos utilizando o Smart Motors.....	26
Figura 4: Papert, vídeo de 1986, discute os computadores nas escolas do futuro. ..	28
Figura 5: Tartaruga interativa, 1973.	40
Figura 6: Comandos da Linguagem de Programação Logo.....	41
Figura 7: Comandos de direção da Linguagem de Programação Logo.	41
Figura 8: Centro Juvenil do Maine, no sul de Portland – EUA.....	43
Figura 9: Funcionamento dos comandos da linguagem de programação LOGO.....	49
Figura 10: Metáfora da casa.....	51
Figura 11: Critério "nível de dificuldade para o professor se apropriar do artefato de robótica".	74
Figura 12: Critério "dependência de recursos do artefato".....	75
Figura 13: Critério "nível de potencial criativo do artefato".....	76
Figura 14: Critério "versatilidade do artefato robótico".	77
Figura 15: Critério "Interação com o ambiente".....	78
Figura 16: Critério "acessibilidade para diferentes idades".	79
Figura 17: Critério "viabilidade econômica".	80
Figura 18: Smart Motors.....	87
Figura 19: Kit GoGo	88
Figura 20: Kit Lego – EV3	89
Figura 21: Rubrica de avaliação do potencial pedagógico de artefatos de robótica educacional a partir de uma perspectiva construcionista de aprendizagem	105
Figura 22: Avaliação, via rubrica, do artefato robótico SMART MOTORS	106
Figura 23: Avaliação, via rubrica, do Kit LEGO-EV3	107
Figura 24: Avaliação, via rubrica, do KIT GoGo	108
Figura 25: Manual de utilização da rubrica no formato PDF.	113

Lista de quadros

Quadro 1: Estudos correlatos.....	64
Quadro 2: Resultado da avaliação de artefatos robóticos.	85
Quadro 3: Protótipo do APP da rubrica de avaliação do potencial pedagógico de artefatos de robótica educacional a partir de uma perspectiva construcionista de aprendizagem.....	112

Sumário

1. INTRODUÇÃO	12
2. METODOLOGIA	20
2.1. COLETA DE DADOS - VALIDAÇÃO DOS CRITÉRIOS	23
2.2. COLETA DE DADOS - VALIDAÇÃO DOS PROFESSORES EM RELAÇÃO AOS ARTEFATOS ROBÓTICOS APRESENTADOS.....	23
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	27
3.1. FUNDAMENTOS RELACIONADOS À CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO POR PARTE DO APRENDENTE.....	28
3.2. PROCESSOS DE CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO QUE DÃO SUSTENTAÇÃO AO CONSTRUCIONISMO.....	30
3.3. A UTILIZAÇÃO DAS DIVERSAS TDICs NA APRENDIZAGEM, COM CARÁTER CONSTRUCIONISTA.....	34
3.4. DESDOBRAMENTOS DO CONSTRUCIONISMO NA PRÁTICA PEDAGÓGICA DA ROBÓTICA EDUCACIONAL	38
3.4.1. Construcionismo.....	38
3.4.1.1. As oito grandes ideias de Papert.....	43
3.4.2. Metodologias Ativas	44
3.4.3. Educação STEAM	46
3.4.4. Aprendizagem Criativa	48
3.4.5. Cultura Maker.....	52
3.4.6. Robótica Educacional.....	54
3.5. REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA	60
3.6. INSTRUMENTO DE AVALIAÇÃO	65
4. CRITÉRIOS DA RUBRICA ROBOSCORE	67
4.1. JUSTIFICATIVA PARA A CRIAÇÃO DOS CRITÉRIOS DA RUBRICA <i>ROBOSCORE</i>	68
4.2. RESULTADOS DA COLETA DE DADOS.....	73
4.3. APLICAÇÃO DA AVALIAÇÃO DO ARTEFATO ROBÓTICO	81
4.4. MÉTODO DE APLICAÇÃO DA RUBRICA	82
4.4.1. Processo de criação da rubrica	86
4.4.2. Aplicação da rubrica em artefatos robóticos.....	86

4.4.2.1. Smart Motors.....	87
4.4.2.2. Kit GOGO	88
4.4.2.3. Kit LEGO - EV3	89
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	90
REFERÊNCIAS.....	93
APÊNDICES	99
APÊNDICE A – PESQUISA DE AVALIAÇÃO PEDAGÓGICA DE ARTEFATOS ROBÓTICOS.....	99
APÊNDICE B – CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO DE ARTEFATOS DE ROBÓTICA EDUCACIONAL ..	102
APÊNDICE C – RUBRICA DE AVALIAÇÃO EM FORMATO DE PLANILHA	105
APÊNDICE D – RUBRICA DE AVALIAÇÃO: ARTEFATO ROBÓTICO SMART MOTORS.....	106
APÊNDICE E – RUBRICA DE AVALIAÇÃO: KIT DE ROBÓTICA LEGO_EV3.....	107
APÊNDICE F – RUBRICA DE AVALIAÇÃO: KIT GOGO.....	108
APÊNDICE G – PROTÓTIPO DO APLICATIVO PARA MOBILE - <i>ROBOSCORE</i>	109
APÊNDICE H – MANUAL DE USO DA RUBRICA DE AVALIAÇÃO – FORMATO PLANILHA ELETRÔNICA	113
Conteúdo do manual de uso da rubrica de avaliação	114

1. INTRODUÇÃO

Junto com as Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDICs) muitos termos têm sido utilizados na área da educação, bem como novos campos de atuação passam a se relacionar. Aprendizagem assistida por computador, ensino à distância, tecnologia educacional, ambientes virtuais ou ambientes de ensino e aprendizagem virtual, robótica educacional, entre outros, são algumas expressões comuns na rotina do sistema educacional nas últimas décadas. Bacich e Moran (2018) definem Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDICs) como recursos tecnológicos utilizados no processo de ensino e aprendizagem. Dessa forma, a expressão envolve todas as tecnologias digitais utilizadas de maneira pedagógica.

A inclusão da tecnologia no ambiente educacional tem se tornado cada vez mais relevante no cenário contemporâneo. Reconhecendo essa importância, o Ministério da Educação (Portal MEC, sd) criou, em 1997, o Programa Nacional de Tecnologia Educacional (ProInfo), com o objetivo de promover o uso da tecnologia como uma ferramenta de enriquecimento pedagógico nas escolas públicas de ensino fundamental e médio. No entanto, a partir de dezembro de 2007, por meio do Decreto nº 6.300, o programa foi reestruturado e passou a ter como foco central o uso pedagógico das tecnologias de informação e comunicação nas redes públicas de educação básica. De acordo com o guia do MEC (2018), os usos das TDICs nas escolas têm como objetivo despertar um maior interesse e engajamento dos alunos durante o período escolar. Ao tornar as aulas mais dinâmicas e interativas por meio das tecnologias, espera-se que os estudantes se sintam mais motivados e envolvidos no processo de aprendizagem, o que pode contribuir para um melhor desempenho acadêmico. No ano de 2022 o MEC lança um complemento à BNCC que traz a importância do ensino da computação no processo de ensino e aprendizagem, sendo a robótica educacional uma das formas de abordar a computação na educação.

Neste contexto, Almeida e Valente (2012) destacam a necessidade de conectar as TDICs ao currículo, inserindo as tecnologias em atividades pedagógicas, de maneira que estes recursos tecnológicos sejam aplicados no desenvolvimento da aprendizagem. A inserção das TDICs em atividades pedagógicas abriu novas possibilidades para professores e alunos. Com estas inovações, também vieram novos desafios, dentre eles a implantação da robótica educacional nas escolas, com

o intuito de motivar e engajar os estudantes na busca pelo conhecimento. Neste viés, com a criação de um instrumento em formato de rubrica para avaliar o potencial pedagógico de artefatos de robótica educacional, nos propomos a contribuir na melhoria da aprendizagem no momento em que instituições de ensino utilizem o instrumento/rubrica para adquirir e aderir a artefatos robóticos que impactam positivamente no desenvolvimento da aprendizagem.

O ensino da robótica é frequentemente realizado por meio de kits de robótica educacional. Esses kits são geralmente constituídos de componentes eletrônicos, placas controladoras, sensores, motores, acessórios¹ e software de programação, que são todas partes integrantes das Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação. A robótica educacional tem como objetivo apoiar os alunos no estudo de programação, automação e eletrônica, utilizando métodos que se revelam envolventes e estimulantes. Os alunos não apenas aprendem esses conceitos por meio da robótica, mas também demonstram uma preferência por essa abordagem, evidenciando um interesse acentuado e uma satisfação no processo de aprendizagem.

Esse método de aprendizagem permite que os estudantes aprendam sobre STEAM² integrando conceitos de diferentes disciplinas, como física, matemática, engenharia, artes, história e demais componentes curriculares de uma maneira prática e interativa, o que torna o processo de aprendizagem mais envolvente e interessante, como também significativo, quando os aprendentes optam em qual projeto têm mais interesse ou qual problema da sua comunidade querem resolver. Além disso, a aprendizagem com a robótica pode ajudar os alunos a desenvolver habilidades importantes, como resolução de problemas, pensamento crítico, trabalho em equipe e criatividade, habilidades essenciais para o futuro no mercado de trabalho.

A diversidade de artefatos robóticos no mercado e a relevância da robótica educacional na aprendizagem dos alunos motivou a criação de um instrumento em

¹ Alguns exemplos de acessórios nos kits de robótica educacional: rodas, jumpers, ventiladores, chassis e engrenagens.

² Science, Technology, Engineering, Arts e Mathematics – Ciência, Tecnologia, Engenharia, Artes e Matemática.

formato de rubrica, para avaliar o potencial pedagógico de artefatos³ de robótica educacional a partir de uma perspectiva construcionista de aprendizagem. A presente rubrica tem como objetivo otimizar o processo de avaliação pedagógica de artefatos robóticos, assegurando a adequação deles às necessidades das instituições educacionais antes da sua aquisição, visando a obtenção eficaz de recursos adequados às necessidades da instituição de ensino. Para compor a rubrica de avaliação, foram considerados sete critérios específicos: o nível de complexidade para que os professores possam utilizar o artefato, a dependência de recursos, o potencial criativo, a versatilidade, a interação com o ambiente, a acessibilidade para diferentes faixas etárias e a viabilidade econômica. No capítulo 4 deste estudo, examinaremos detalhadamente cada um dos critérios apresentados.

Os fundamentos relacionados à construção do conhecimento por parte do aprendente, com caráter construcionista desta pesquisa, e a definição dos critérios para a criação da rubrica para a avaliação do potencial pedagógico de artefatos de robótica educacional a partir de uma perspectiva construcionista de aprendizagem está amparada pela Base Nacional Comum Curricular⁴ (BNCC), diretriz que apresenta as aprendizagens essenciais que todos os alunos devem desenvolver ao longo das etapas e modalidades da Educação Básica. O construcionismo está alinhado à quinta competência da BNCC, conforme segue:

5. Compreender, utilizar e criar tecnologias digitais de informação e comunicação de forma crítica, significativa, reflexiva e ética nas diversas práticas sociais (incluindo as escolares) para se comunicar, acessar e disseminar informações, produzir conhecimentos, resolver problemas e exercer protagonismo e autoria na vida pessoal e coletiva (BNCC, 2018, p.11).

Justifica-se, portanto, a escolha da teoria de aprendizagem construcionista nesta pesquisa pela sua convergência com a quinta competência geral da Educação Básica da BNCC (2018). O construcionismo oferece uma abordagem pedagógica localizada aos princípios desta competência, pois busca envolver os aprendentes de maneira ativa na construção do seu conhecimento, tornando-os protagonistas de sua aprendizagem, assumindo um papel ativo na criação de projetos e na resolução de

³ Nesse estudo nos referimos a artefatos de robótica educacional como dispositivos, componentes ou kits de robótica, este último, como o nome propõe é geralmente composto por placa controladora, sensores, motores e acessórios.

⁴ A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) é um conjunto de diretrizes estabelecidas pelo Ministério da Educação (2018) com o objetivo principal de assegurar que os discentes do Brasil tenham acesso a um conjunto de habilidades e competências essenciais para seu desenvolvimento pleno.

problemas. Os estudantes são incentivados a refletir criticamente sobre as informações que encontram, desenvolvendo habilidades de pensamento crítico, são estimulados a utilizar as tecnologias digitais de forma significativa, não apenas como consumidores passivos, mas como criadores de conteúdo e de novas tecnologias. Isso envolve a produção de conhecimentos, a elaboração de projetos e a disseminação de informações de maneira ética. Dessa forma, o construcionismo se alinha perfeitamente com a quinta competência geral da educação básica fornecida pela BNCC, pois oferece uma teoria da aprendizagem que promove o uso crítico, significativo, reflexivo e ético das tecnologias digitais, capacitando os aprendentes a se tornarem agentes ativos na sociedade, exercendo protagonismo e autoria tanto na vida pessoal quanto na coletiva.

A criação do instrumento em formato de rubrica se apoiou na teoria da aprendizagem construcionista por entender a importância da construção ativa do conhecimento por parte do aprendente. Em complemento à BNCC – Computação (2022), destaca-se a importância da computação e do desenvolvimento de projetos, apoiados pela robótica educacional, para o aprendizado. Essa pesquisa buscou apoio nas competências a seguir para responder à questão deste estudo, como avaliar o potencial pedagógico dos artefatos de robótica educacional sob uma perspectiva construcionista da aprendizagem?

(EF09CO03) Usar autômatos para descrever comportamentos de forma abstrata automatizando-os através de uma linguagem de programação baseada em eventos. Linguagens baseadas em eventos permitem descrever sistemas que são orientados pela ocorrência de eventos (como cliques de mouse, pressionamento de alguma tecla, sinal de algum sensor). Este tipo de linguagem tem muitas aplicações como por exemplo, o projeto de interfaces ou aplicações de robótica. Para se desenvolver um programa orientado a eventos, é muito útil construir como primeiro passo uma especificação abstrata do sistema usando autômatos (ou sistemas de transição), que são modelos que representam os estados do sistema e as transições possíveis dependendo dos eventos que ocorrerem.

(EM13CO16) Desenvolver projetos com robótica, utilizando artefatos físicos ou simuladores. É possível desenvolver essa habilidade tanto usando kits físicos de robótica, quanto simuladores instalados em dispositivos computacionais ou online.

(EM13CO16) Desenvolver projetos com robótica, utilizando artefatos físicos ou simuladores. É possível desenvolver essa habilidade tanto usando kits físicos de robótica, quanto simuladores instalados em dispositivos computacionais ou online (Computação – complemento à BNCC, 2022).

Basear-se no construcionismo, na robótica educacional e demais metodologias ativas para a criação de critérios de avaliação de artefatos de robótica educacional é fundamental devido à sua capacidade de promover uma experiência "mão na massa"

e participativa no aprendizado, onde os alunos são incentivados a construir, programar e interagir com robôs para resolver problemas do mundo real. O construcionismo enfatiza a aprendizagem ativa e a construção de conhecimento por meio da exploração e da criação, enquanto a robótica educacional proporciona um ambiente rico em desafios que estimulam o pensamento crítico, a resolução de problemas e a colaboração. Ao alinhar os critérios de avaliação com esses princípios, é possível avaliar não apenas o desempenho técnico dos artefatos robóticos, mas também o impacto na aprendizagem dos alunos, sua capacidade de engajamento e criatividade na resolução de problemas. Esses critérios foram agregados em um instrumento de avaliação em formato de rubrica, para auxiliar as instituições de ensino na seleção de artefatos de robótica educacional que melhor se adequam às necessidades específicas de cada escola.

A pesquisadora, com trinta anos de ensino e aprendizagem na área das tecnologias educacionais, vivenciou as vantagens da robótica educacional em sala de aula e o quão pouco a robótica é utilizada na rede pública de ensino. Um dos principais desafios enfrentados pelas escolas públicas no Brasil é a falta de recursos financeiros para implementar a robótica educativa de forma ampla e eficaz. A educação pública muitas vezes enfrenta restrições orçamentárias, o que dificulta a aquisição de kits de robótica, materiais, equipamentos e formação de professores especializados. Em contrapartida, algumas escolas públicas recebem artefatos robóticos com o intuito que sejam utilizados pedagogicamente, ou seja, considerados como uma TDIC, por supostamente favorecer o aprendizado, porém nem sempre estes kits estão de acordo com as faixas etárias das crianças ou são tecnologias próprias para a introdução da robótica educacional na escola, que muitas vezes, não recebem tecnologias adicionais e formação docente para efetivar o uso destes materiais.

Diante dessas ponderações, sentimos a necessidade de avaliar os artefatos robóticos⁵ com o intuito de validá-los pedagogicamente antes de sua aquisição pelas escolas. Posto isto, conduzimos nossa pesquisa partindo do seguinte problema: **Como avaliar o potencial pedagógico de artefatos de robótica educacional a partir de uma perspectiva construcionista de aprendizagem?**

⁵ Artefato de robótica educacional refere-se a dispositivos, componentes ou kits de robótica (geralmente composto por placa controladora, sensores, motores e acessórios).

Por meio desta rubrica de avaliação, pretendemos entender se os artefatos de robótica educacional oferecidos às escolas têm potencial pedagógico a partir de uma perspectiva construcionista de aprendizagem. Dessa maneira, o presente estudo tem como objetivo geral criar critérios de caráter construcionista e compilar em um instrumento, em formato de rubrica, de avaliação pedagógica para mensurar o potencial pedagógico de artefatos robóticos no processo de ensino e aprendizagem, além de delimitar os seguintes objetivos específicos:

- a) Criar um instrumento, em formato de rubrica, para avaliação de artefatos de robótica educacional, considerando a intencionalidade pedagógica do seu uso e viabilidade econômica.
- b) Analisar artefatos de robótica educacional com critérios construcionistas.
- c) Avaliar artefatos robóticos a serem oferecidos para professores validarem seu potencial pedagógico.
- d) Realizar intervenções com os artefatos selecionados, avaliando as dimensões definidas.
- e) Validar a rubrica comparando os resultados obtidos com o instrumento e os resultados verificados em campo.

Para alcançar os objetivos determinados, este projeto de pesquisa teórico-prática, combina pesquisa qualitativa aplicada, exploratória e de campo, e teve início a partir da revisão bibliográfica por meio de revisão de literatura e de trabalhos correlatos. Na sequência, foram definidos critérios que formaram um instrumento em formato de rubrica. Artefatos robóticos foram avaliados pela pesquisadora por meio desta rubrica. Ao serem avaliados como pedagogicamente viáveis, os artefatos robóticos foram fornecidos a professores do contraturno escolar e a professores de turmas do primeiro ano do ensino médio, para que fossem utilizados em seus planos de trabalho docente que se valiam da robótica educacional para o desenvolvimento de competências cognitivas e socioemocionais.

A pesquisa de campo foi aplicada em turmas do primeiro ano do ensino médio e do contraturno escolar, em dias alternados. Permitindo à pesquisadora acompanhar a intervenção como observadora e oferecer artefatos robóticos que ela avaliou positivamente como pedagógicos por meio da rubrica de avaliação do potencial pedagógico de artefatos de robótica educacional a partir de uma perspectiva construcionista de aprendizagem. A metodologia de pesquisa foi aplicada em três

turmas do primeiro ano do ensino médio e em duas turmas do contraturno escolar das Escolas Sesi. Os resultados das ações permitiram avaliar se os artefatos de robótica educacional são apropriados como ferramentas educacionais em uma proposta construcionista, sendo esse resultado obtido a partir dos questionários preenchidos pelos professores participantes. Durante a pesquisa de campo, os artefatos robóticos foram apresentados aos estudantes pelos professores e utilizados como ferramenta digital para a resolução de atividades. A partir das observações, registros e questionários, respondidos pelos professores, foi possível validar o instrumento em formato de rubrica, comparando os resultados obtidos com a rubrica na avaliação do artefato robótico e os resultados observados em campo.

As escolas estão cada vez mais interessadas em investir em tecnologia, pois isso é uma competência prevista pela Base Nacional Comum Curricular e uma habilidade essencial para qualquer cidadão do século XXI. Porém é necessário a discussão em torno da relação entre o uso de tecnologias digitais e um método de aprendizagem que motive os alunos a investigar, refletir sobre seus erros e produzir conhecimentos, e por consequência tecnologia. A utilização da rubrica de avaliação do potencial pedagógico de artefatos de robótica educacional a partir de uma perspectiva construcionista de aprendizagem, criada com critérios definidos com base nos conceitos do construcionismo, é fundamental para assegurar que os artefatos robóticos sejam incorporados de maneira eficaz na prática pedagógica. Com essa rubrica, as instituições de ensino podem garantir que os artefatos de robótica educacional adquiridos sejam utilizados de forma produtiva, contribuindo para o desenvolvimento dos alunos e para a melhoria da qualidade do ensino nas suas instituições.

A presente pesquisa contribui significativamente para a qualificação dos processos educativos e principalmente para a realização de escolhas sustentáveis pelas escolas, permitindo que elas avaliem os artefatos robóticos de acordo com as necessidades, faixa etária e adequação ao contexto pedagógico de seu público, antes de sua aquisição. Isso é importante, pois garante que os artefatos robóticos adotados sejam utilizados de maneira eficaz para o aprendizado dos alunos.

Este estudo e seu resultado têm um impacto positivo ao oferecer às instituições de ensino uma ferramenta, chamada “*Roboscore*”, que é uma rubrica para a avaliação do potencial pedagógico de artefatos de robótica educacional a partir de uma perspectiva construcionista de aprendizagem. A rubrica desenvolvida fornece uma abordagem sistemática e objetiva para ajudar os profissionais da área a selecionar os artefatos robóticos que melhor se encaixam nas abordagens pedagógicas construcionistas e nas necessidades das escolas. Além de facilitar a escolha dos artefatos mais apropriados. A utilização do instrumento em formato de rubrica “*Roboscore*” promove uma maior eficiência no uso da robótica educacional, o que amplia seu impacto positivo no processo de aprendizagem dos estudantes.

A pesquisa de campo realizada também validou o uso de artefatos de robótica educacional sob uma perspectiva construcionista de aprendizagem. Os resultados indicam que os alunos que utilizam esses artefatos desenvolvem habilidades de pensamento crítico, resolução de problemas, criatividade e colaboração. Portanto, este estudo representa um passo importante para a consolidação do uso da robótica educacional nas escolas brasileiras. Nesta pesquisa fornecemos às instituições de ensino um instrumento valioso para avaliar os artefatos de robótica educacional, permitindo-lhes fazer escolhas mais sustentáveis e qualificadas ao investir em robótica.

2. METODOLOGIA

A base da metodologia utilizada neste projeto parte da revisão bibliográfica por meio de revisão de literatura e de trabalhos correlatos. Para alcançar os objetivos determinados, este projeto de pesquisa teórico-prática, combina pesquisa qualitativa aplicada, exploratória e de campo.

Marconi e Lakatos (2003) definem pesquisa bibliográfica como:

A pesquisa bibliográfica, ou de fontes secundárias, abrange toda bibliografia já tornada pública em relação ao tema de estudo, desde publicações avulsas, boletins, jornais, revistas, livros, pesquisas, monografias, teses, material cartográfico etc., até meios de comunicação orais: rádio, gravações em fita magnética e audiovisuais: filmes e televisão. Sua finalidade é colocar o pesquisador em contato direto com tudo o que foi escrito, dito ou filmado sobre determinado assunto, inclusive conferências seguidas de debates que tenham sido transcritos por alguma forma, quer publicadas, quer gravadas (Marconi, M. A; Lakatos, E. M., 2003, p. 183).

A pesquisa bibliográfica proporcionou uma seleção e análise crítica dos diversos documentos utilizados para compor este estudo. A revisão da literatura é definida por Lima e Miotto (2007, p.44) como “pode ser realizada concomitantemente com as diversas fases da pesquisa de campo ou experimental para recolher informações prévias acerca do problema, das hipóteses, dos métodos”. Nesse sentido, a pesquisa bibliográfica restringe seu campo de investigação à resolução de problemas, enquanto a revisão de literatura busca fornecer subsídios teóricos ou metodológicos para a continuidade do estudo.

A pesquisa qualitativa é definida por Maria Cecília Minayo como:

A pesquisa qualitativa responde a questões muito particulares. Ela se preocupa, nas ciências sociais, com um nível de realidade que não pode ser quantificado. Ou seja, ela trabalha com o universo de significados, motivos, aspirações, crenças, valores e atitudes, o que corresponde a um espaço mais profundo das relações, dos processos e dos fenômenos que não podem ser reduzidos à operacionalização de variáveis (Minayo, 2001, p.21).

O desenvolvimento deste projeto incluiu uma ampla revisão bibliográfica, abrangendo desde aspectos históricos até o cenário atual com ênfase nos princípios do construcionismo e na integração da robótica educacional como uma ferramenta pedagógica inovadora, e a análise de trabalhos correlatos. Em seguida, adotou-se a metodologia de pesquisa de campo com estudantes do contraturno escolar, com idades entre 6 e menor que 14 anos, e estudantes do primeiro ano do ensino médio das Escolas Sesi do Rio Grande do Sul. O método qualitativo deste estudo utilizou questionários como instrumento de coleta de dados. Foram empregados dois

questionários como ferramenta de coleta de dados para esta pesquisa direcionados aos professores, com o intuito de analisar e validar os critérios estabelecidos pela pesquisadora para a criação da rubrica. Esses questionários apresentaram os critérios de forma clara e objetiva, solicitando aos professores que expressassem concordância ou discordância com cada um, e incluindo uma questão aberta para sugestões de critérios adicionais. De forma complementar, um segundo questionário de natureza qualitativa foi aplicado aos professores que utilizaram os artefatos robóticos, previamente avaliados pela pesquisadora por meio da rubrica, em suas aulas. Esse questionário explora as percepções dos professores sobre o potencial da robótica educacional, utilizando artefatos adequados à instituição de ensino e público-alvo, para promover a aprendizagem em diversas áreas do conhecimento.

Para a metodologia de pesquisa de campo iniciamos com seguintes etapas:

- Fase exploratória da pesquisa: A partir da trajetória da pesquisadora, dedicada ao estudo e à pesquisa de ferramentas tecnológicas que facilitam e promovem o desenvolvimento de habilidades e competências e a construção do conhecimento em diferentes áreas, foi identificada a necessidade de avaliar artefatos de robótica educacional e seu potencial pedagógico numa perspectiva construcionista de aprendizagem. Esta avaliação torna-se necessária para ratificar se os artefatos robóticos avaliados contribuem efetivamente para a construção do conhecimento dos aprendentes, além de dar suporte aos responsáveis pela aquisição de artefatos robóticos o fazerem com maior precisão. Para a criação dos critérios necessários para elaborar um instrumento de avaliação em formato de rubrica, foi realizada uma ampla revisão bibliográfica para embasar o referencial teórico deste estudo. Os critérios criados, a partir do referencial teórico desta pesquisa, foram integrados em um instrumento de avaliação no formato de rubrica, que inicialmente foi concebido e calculado em uma planilha. Posteriormente, um protótipo foi desenhado visando sua transformação em um aplicativo para mobile, chamado *Roboscore*.
- Consulta da literatura existente sobre o tema: por meio das plataformas CAPES, SCIELO e ERIC foram pesquisados trabalhos correlatos. A busca resultou em estudos sobre robótica educacional, avaliação de software e criação de software e critério para criação de rubricas de avaliação. Porém

não foi encontrada nenhuma pesquisa sobre a avaliação pedagógica de artefatos robóticos.

- Coleta dos dados: A pesquisadora elaborou um instrumento em formato de rubrica para avaliar o potencial pedagógico de artefatos de robótica educacional numa perspectiva construcionista de aprendizagem. Na elaboração da rubrica, disponível no apêndice C deste estudo, foram considerados sete critérios com três níveis avaliativos cada um. Tais critérios foram apresentados, via questionário disponibilizado por meio de um link da web, para professores⁶ validarem a aderência dos critérios sugeridos e com opção para sugerirem outros critérios que julgassem relevantes.
- Para o trabalho de campo, artefatos robóticos avaliados positivamente pela pesquisadora foram oferecidos aos professores de primeiro ano do ensino médio (faixa etária entre 14-18) e do contraturno escolar na faixa etária de 6 a menor de 14 anos das escolas SESI do Rio Grande do Sul, para uso pedagógico. Em um plano de aula pré-definido, que se vale da robótica educacional na resolução da situação problema prevista, artefatos robóticos, previamente avaliados, foram inseridos nestas turmas. Para validar a eficácia da rubrica aplicada aos artefatos robóticos, os professores das cinco turmas que os empregaram responderam a uma "Pesquisa de Avaliação Pedagógica de Artefatos Robóticos", por meio de um formulário online.

Escolas públicas do Brasil recebem kits de robótica com o intuito de que sejam utilizados pedagogicamente, porém nem sempre estes kits estão de acordo com a faixa etária dos alunos ou são tecnologias próprias para a introdução da robótica educacional na escola. Diante desses fatos, nossa pesquisa partiu da criação de critérios de avaliação que compuseram um instrumento em formato de rubrica para avaliar artefatos de robótica educacional e seu potencial pedagógico. Para realizar a avaliação dos artefatos de robótica educacional a autora criou um instrumento, em formato de rubrica, que avalia os seguintes aspectos: a dificuldade para o professor se apropriar do artefato robótico, a autonomia, a medida da complexidade técnica e

⁶ Professores que se valem da robótica educacional nos seus planos de aula.

operacional, a versatilidade, a interação com o ambiente, a acessibilidade para diferentes idades e a viabilidade econômica dos artefatos robóticos. A seguir foi criado um questionário, disponível no apêndice B deste estudo, para que professores que se utilizam da robótica educacional em seus planejamentos de aula pudessem validar os critérios apresentados e considerar critérios que julgassem relevantes para constar na rubrica de avaliação do potencial pedagógico dos artefatos robóticos a partir de uma perspectiva construcionista de aprendizagem.

2.1. Coleta de dados - validação dos critérios

Após a criação dos critérios que compõem a rubrica de avaliação do potencial pedagógico de artefatos de robótica educacional a partir de uma perspectiva construcionista de aprendizagem, a pesquisadora submeteu à validação de 37 professores que se utilizam da robótica educacional em seus planejamentos de aula, visando avaliar a clareza, coerência e completude dos critérios que compõe a rubrica proposta. Cada critério da rubrica foi avaliado pelos professores os quais indicaram o nível de concordância com sua relevância para a avaliação do potencial pedagógico de artefatos de robótica educacional. Os professores também foram incentivados a sugerir novos critérios que considerassem significativos. A análise das respostas busca obter a validação dos critérios da rubrica, identificar novos critérios importantes e aprimorar a rubrica como instrumento de avaliação do potencial pedagógico de artefatos de robótica educacional a partir de uma perspectiva construcionista de aprendizagem. Resultados obtidos com este questionário podem ser encontrados no item 4.2 desta pesquisa.

2.2. Coleta de dados - validação dos professores em relação aos artefatos robóticos apresentados

A rubrica criada pela pesquisadora para a avaliação do potencial pedagógico de artefatos de robótica educacional a partir de uma perspectiva construcionista de aprendizagem foi aplicada em três artefatos robóticos: Smart Motors, Kit Lego e Kit GoGo. As rubricas com as avaliações destes artefatos podem ser encontradas nos apêndices D, E e F.

Em seguida, os três artefatos robóticos previamente avaliados, foram distribuídos a cinco professores para serem utilizados em três turmas do primeiro ano do ensino médio e duas turmas do contraturno escolar, que integram a robótica educacional em seus planejamentos. O objetivo era validar, segundo os professores, se os artefatos contribuem para a aprendizagem dos alunos e se são adequados à faixa etária. Para avaliar as percepções dos professores sobre os artefatos, foi aplicado um formulário online que consta no apêndice A desta pesquisa.

Para as turmas do primeiro ano do ensino médio, três artefatos robóticos como Smart Motors, Kit Lego e Kit GoGo, avaliados como pedagogicamente viáveis pela pesquisadora, foram disponibilizados aos alunos, com o intuito de possibilitar a livre escolha daqueles que considerassem mais adequados para a resolução das atividades propostas em sala de aula. Durante as atividades em sala de aula da primeira turma, observei que o Smart Motors foi inicialmente escolhido por dois dos cinco grupos formados no componente de física. Após algumas experiências, os grupos descobriram que o Smart Motors não oferecia todos os recursos necessários para realizar as atividades propostas. Para resolver o problema apresentado, era necessário mais sensores e código de programação para verificar a aceleração com a qual o objeto metálico alcançava o fundo do recipiente com água. Dessa forma, decidiram trocar para os kits LEGO, que se mostraram mais adequados para suas necessidades. Além de serem um artefato robótico conhecido pelos alunos, os kits LEGO são amplamente utilizados pelos estudantes desta escola para resolver outras situações-problema. Nas duas turmas restantes do ensino médio, os grupos de estudantes, ao enfrentarem os desafios das atividades nos períodos de História e Biologia, optaram por trabalhar diretamente com os kits LEGO e GoGo. Essa escolha destacou que, para as atividades planejadas, os kits LEGO e GoGo foram percebidos como mais alinhados com as necessidades pedagógicas e a faixa etária dos estudantes.

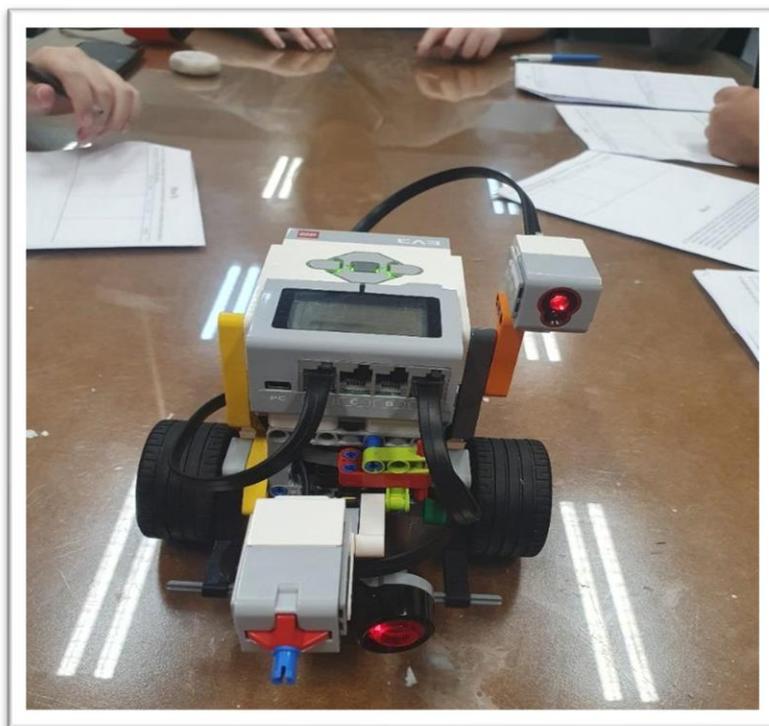


Figura 1: Experimento utilizando o EV3 do kit LEGO
Fonte: a autora

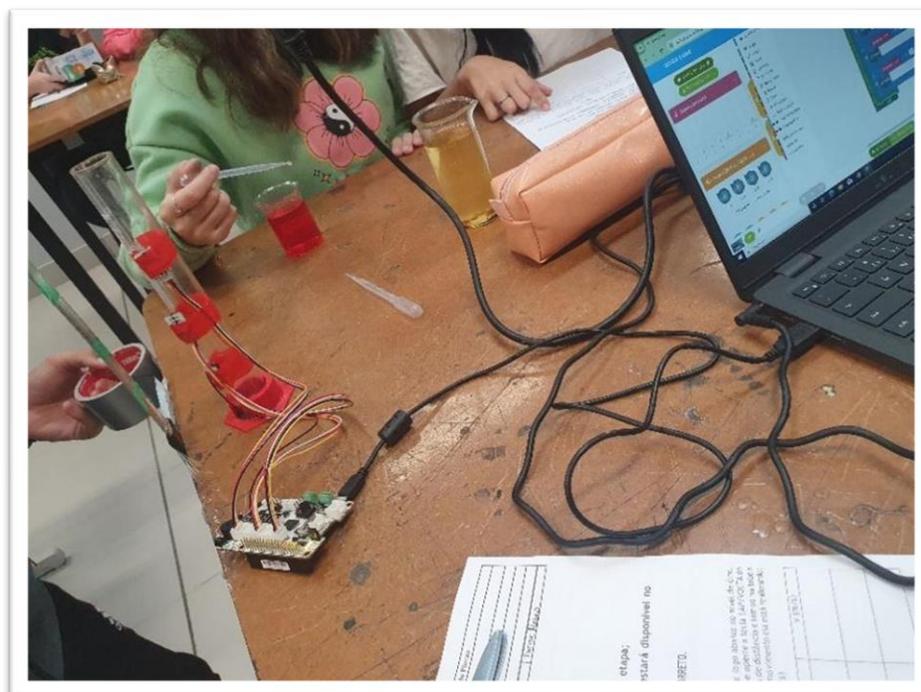


Figura 2: Experimento utilizando a GoGo board
Fonte: a autora

Nas duas turmas do contraturno, disponibilizei o artefato robótico Smart Motors, juntamente com os acessórios de outros kits, embora sem as placas controladoras. As crianças das duas turmas mostraram entusiasmo pelo Smart Motors, explorando-o com curiosidade e criatividade, e realizando diversas criações de forma livre. Essa

experiência demonstrou que o Smart Motors tem um significativo potencial pedagógico para estudantes entre 6 e menores que 14 anos, oferecendo uma abordagem enriquecedora e envolvente para o aprendizado. Além disso, o artefato pode marcar o início da integração da robótica educacional na escola.

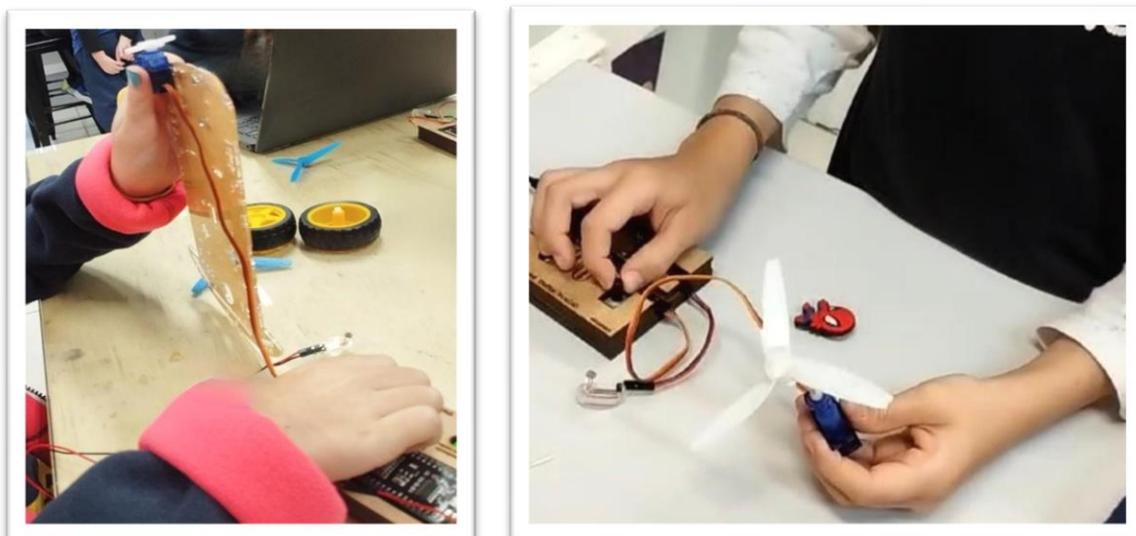


Figura 3: Experimentos utilizando o Smart Motors
Fonte: a autora

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo descreve as principais ideias empregadas ao longo deste estudo - teorias e abordagens pedagógicas -, além de apresentar resultados de trabalhos semelhantes. Pretendemos evidenciar a relação entre a Robótica Educacional com as diversas abordagens educacionais fundamentadas no viés construcionista de aprendizagem. Destacando, assim, o papel da robótica na construção prática e ativa do conhecimento do aprendente. Sandholtz et al. (1997, n.p.) acrescenta que:

[...] a tecnologia é mais poderosa quando utilizada com abordagens construtivistas de ensino que enfatizam mais a solução de problemas, o desenvolvimento de conceitos e o raciocínio crítico do que a simples aquisição do conhecimento factual. Neste contexto, a aprendizagem é vista como algo que o aprendiz faz, não algo que é feito para um aprendiz.

Dentro desta perspectiva, a qual o autor esclarece que é melhor usar a tecnologia para resolver problemas, entender ideias e pensar criticamente, em vez de apenas memorizar fatos, figura a Robótica Educacional, que possibilita ao estudante desenvolver habilidades e competências como o trabalho em pares, a capacidade crítica, a resolução de problemas, o desenvolvimento do raciocínio matemático e lógico bem como da criatividade. O conceito construcionista, criado com base na teoria construtivista, assim como a robótica educativa, inserem o aluno como protagonista de seu aprendizado, conforme afirma Haetinger (2005, n.p.) “A responsabilidade da aprendizagem agora é do estudante, que assume uma postura mais participativa, resolvendo problemas, desenvolvendo projetos e, com isso, criando oportunidades para a construção de seu conhecimento”.

Experimentando a robótica educacional em sala de aula, os aprendentes são desafiados a resolver problemas, desenvolver projetos e aplicar o que aprenderam para criar soluções criativas. Ao trabalhar com robôs e tecnologia, os alunos têm a oportunidade de serem os protagonistas do seu próprio processo de aprendizagem, experimentando, testando e construindo conhecimento de forma prática. A construção do conhecimento por parte do aprendente com a prática da robótica educacional com caráter construcionista está amparada pela Base Nacional Comum Curricular, diretriz que apresenta as aprendizagens essenciais que todos os alunos devem adquirir ao longo das etapas e modalidades da Educação Básica,

3.1. Fundamentos relacionados à construção do conhecimento por parte do aprendente

Seymour Papert (1928-2016) nasceu na África do Sul, onde formou-se em filosofia (1949), seguido de um doutorado em matemática. Na Inglaterra (1954) na Universidade de Cambridge, dedicou-se à investigação matemática. Na Universidade de Genebra, Papert foi aprendiz do filósofo e psicólogo suíço Jean Piaget, cujas teorias sobre as maneiras como as crianças entendem o mundo mudaram a visão do pensador sobre os aprendentes e a aprendizagem. Seymour Papert (MIT News, 2016), foi um matemático e educador admirável cujas contribuições se destacaram na tecnologia educacional e na inteligência artificial. Sua percepção na área educacional é notável, pois previu o uso de computadores pessoais como ferramentas pedagógicas em escolas muito antes deles se tornarem comuns no dia a dia da sociedade. Papert deixou seu maior legado quando começou a trabalhar no MIT (EUA) como pesquisador, tornando-se, na sequência, professor de matemática aplicada, antes de ser nomeado codiretor do Laboratório de Ciência e Inteligência Artificial, que mais tarde mudou seu nome para Laboratório de Computação.

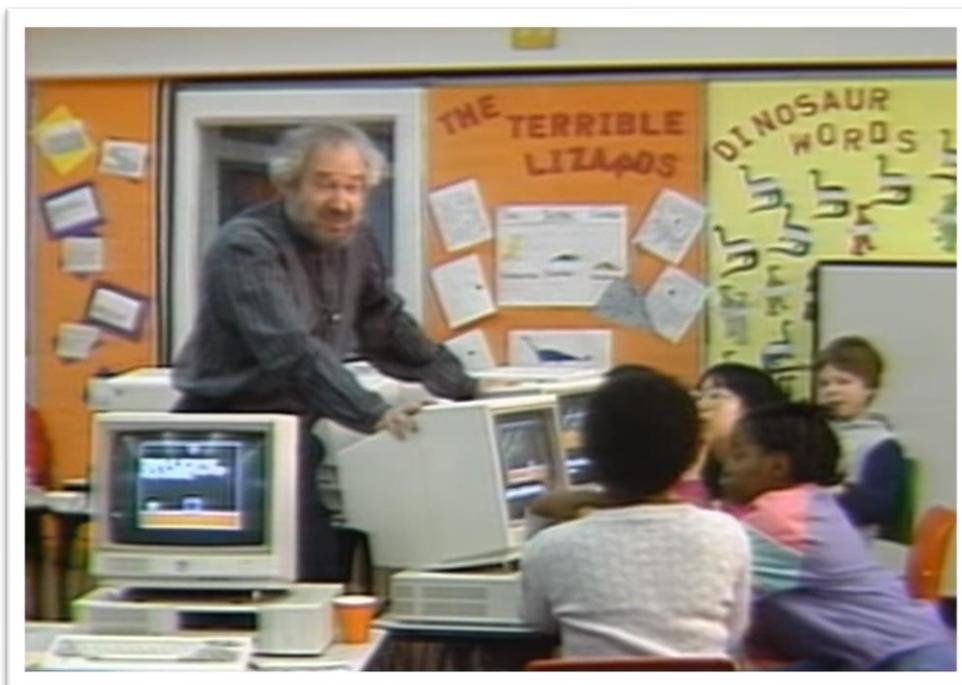


Figura 4: Papert, vídeo de 1986, discute os computadores nas escolas do futuro.
Fonte: <https://news.mit.edu/2016/seymour-papert-pioneer-of-constructionist-learning-dies-0801>

Em 1985, Papert e alguns colegas fundaram o MIT Media Laboratory, no qual supervisionou grupos de pesquisa em aprendizagem, além de ser o pioneiro no reconhecimento do potencial transformador dos computadores na educação. No MIT,

Papert concentrou suas pesquisas sobre tecnologias educacionais, aplicando na prática de sala de aula e discutindo com os alunos sobre a utilização de computadores nas escolas do futuro.

A base teórica de Papert (1980) foi o construtivismo de Jean Piaget, que pondera que as crianças aprendem construindo sua própria compreensão do mundo por meio de oportunidades de aprendizado ativo, como resolução de problemas e experiências do mundo real. O construtivismo também afirma que os professores têm o papel de desafiar os alunos no processo da busca do conhecimento, ao invés de simplesmente serem os detentores dele.

Para Chakur (2014), a teoria do construtivismo de Piaget enfatiza a importância das experiências práticas de aprendizado, que permitem que os alunos se envolvam ativamente com o material e construam sua própria compreensão. Essa teoria contrasta com as formas tradicionais de instrução, que geralmente dependem da memorização e da absorção passiva das informações. O construtivismo de Jean Piaget enfatiza a importância da aprendizagem ativa e o papel do aluno na construção do conhecimento. Ao mesmo tempo, o construcionismo de Papert baseia-se nesses princípios, enfatizando a construção do conhecimento por meio do uso das tecnologias digitais.

A linguagem de programação LOGO desempenha um papel essencial nesta teoria da aprendizagem, empregando um componente lúdico na forma de uma tartaruga para tornar o aprendizado da programação mais envolvente e gratificante. A tartaruga controlada pelo computador, programada pela linguagem de programação LOGO, é capaz de se mover em diferentes direções e desenhar formas geométricas, seguindo os comandos da programação criada pelos aprendentes. Esse robô, em formato de tartaruga, é usado como ferramenta para ensinar conceitos geométricos de uma forma concreta e visual, permitindo que os aprendentes experimentem e explorem esses conceitos de uma forma mais interativa e convidativa, enfatizando a aprendizagem por meio da experimentação e da descoberta.

Seymour Papert foi um matemático e pensador educacional pioneiro no campo da inteligência artificial e no desenvolvimento da tecnologia educacional. O pensador pode ser considerado um educador incomum, pois, antes mesmo dos computadores pessoais se popularizarem, já pensava na ideia de fazer com que os aprendentes utilizassem essas máquinas em sala de aula. Segundo Papert (1985), os

computadores seriam uma importante ferramenta de apoio ao processo de ensino e aprendizagem, pois são ferramentas que facilitam a aprendizagem e ajudam a fortalecer a criatividade das crianças.

Penso que a educação não é redutível à técnica, mas não se faz a educação sem ela. Não é possível, a meu ver, começar um novo século sem terminar este. Acho que o uso de computadores no processo de ensino-aprendizagem, em lugar de reduzir, pode expandir a capacidade crítica e criativa de nossos meninos e meninas. Depende de quem usa, a favor de quê e de quem e para quê (Freire, 2001, p. 98).

A visão da importância da utilização de computadores na educação também foi reconhecida no Brasil por Paulo Freire (2001) que argumenta que computadores na educação podem ajudar a desenvolver o pensamento crítico e criativo dos estudantes. Freire concorda com Papert sobre a importância do uso de computadores na educação ao participarem de um diálogo gravado na PUC-SP (1995) intitulado "O futuro da escola" onde discutiram o papel dos computadores nas escolas e sua influência nos processos de aprendizagem. Para Papert (1980, n.p) "[...] pessoas estão fazendo trabalhos que exigem tomada de decisão individual e resolução de problemas, e precisamos de um sistema educacional que ajude a desenvolver essas habilidades".

O autor destaca a necessidade de uma educação que prepare as pessoas para os desafios do mundo contemporâneo, onde a capacidade de pensar criticamente e resolver problemas é fundamental. Papert destaca a importância de desenvolver além das habilidades cognitivas as habilidades socioemocionais, nas quais a capacidade de resolver problemas, de pensar criticamente e trabalhar em equipe são componentes essenciais para o desenvolvimento de competências para a vida. Para tanto, é necessário que o sistema educacional se adapte a essa realidade, proporcionando aos estudantes oportunidades de desenvolverem tais habilidades.

3.2. Processos de construção do conhecimento que dão sustentação ao construcionismo

Analisando o conceito Construcionista e a teoria Construtivista, Abreu et al. (2010) apontam que este conceito e esta teoria compartilham um fundamento comum na crença de que a aprendizagem é um processo ativo e construtivo, mas diferem em suas abordagens do papel do aluno e do processo de aprendizagem. O construtivismo enfatiza a importância do envolvimento do aluno na construção de sua própria

compreensão do mundo por meio de interações com seu ambiente. De acordo com o construtivismo, os alunos constroem novos conhecimentos, conectando novas experiências com seus modelos ou esquemas mentais existentes. De acordo com Valente (1998, pp. 29-30), a distinção central entre o construtivismo e o construcionismo reside no instrumento empregado para a formação do conhecimento, ou seja, o computador. A interação com a tecnologia facilita o aprendizado porque permite que o aluno coloque a mão na massa, trabalhando com os conceitos de uma forma ativa, permitindo desenvolvimento do conhecimento de maneira mais significativa tornando o aprendizado interessante.

Assim, o Construcionismo, minha reconstrução pessoal do Construtivismo, apresenta como principal característica o fato que examina mais de perto do que os outros –ismos educacionais a ideia da construção mental. Ele atribui especial importância ao papel das construções no mundo como um apoio para o que ocorreu na cabeça, tornando-se, desse modo, menos uma doutrina puramente mentalista. Também leva mais a sério a ideia de construir na cabeça reconhecendo mais de um tipo de construção (algumas delas tão afastadas de construções simples como cultivar um jardim) e formulando perguntas a respeito dos métodos e materiais usados (Papert, 1994, p.127-128).

Ao invés de apenas receber informações, Papert (1994) propõe um aprendizado por experimentação, testando hipóteses, solucionando problemas. Por meio da construção ativa do conhecimento, os alunos colocam a mão na massa e constroem seu próprio saber, ligando o que aprendem ao que vivem no dia a dia. Isso supera a ideia de decorar conceitos sem entender, conectando o aprendizado à prática de forma mais significativa e profunda.

Práticas de ensino inovadoras vêm sendo elaboradas ou recicladas, fundamentadas em outras mais antigas, que falam sobre o uso das TDICs na educação. O construcionismo surge como uma das formas de operacionalizar essas práticas educacionais trazendo para a sala de aula abordagens como a robótica educacional, a criação de jogos e animações. A afirmação de Papert (n.d, n.p) “muitas crianças que crescem em nossas cidades são cercadas pelos artefatos da ciência, mas têm boas razões para vê-las como pertencentes aos outros” nos traz à reflexão sobre a necessidade de fazermos a aproximação da escola com as TDICs, uma vez que a geração atual, nativa digital, na sua maioria traz na sua bagagem de vida a afinidade com o uso de ferramentas e artefatos digitais.

A robótica educacional proporciona aos alunos a oportunidade de se envolverem em atividades práticas, colaborativas e interdisciplinares. A combinação desses elementos promove um aprendizado mais significativo, estimulando habilidades e competências necessárias para o século XXI. À vista disso, esta pesquisa introduz uma revisão bibliográfica sobre teorias e abordagens pedagógicas que conversam com o universo da robótica educacional e suas possibilidades de uso em sala de aula. Dentre elas discorreremos sobre o construcionismo de Papert (1980) que afirma: "permitir às pessoas uma nova forma de aquisição de conhecimento, através da construção de artefatos". Como resultado, o pensador demonstra que a aprendizagem é mais efetiva quando os indivíduos se envolvem ativamente na construção de seu conhecimento por meio de experiências e projetos práticos. A robótica educacional é um campo que combina ideação, tecnologia e construção na criação de oportunidades de aprendizagem para os alunos. Papert (1980) foi o primeiro a disponibilizar o programa LOGO para fins educacionais. Na robótica educacional, o papel do professor como mediador é fundamental para proporcionar um ambiente de construção, estimulando a criação de projetos que incluam aprendizagem criativa, colaborativa e significativa. Em projetos envolvendo a robótica educacional, os estudantes vivenciam a aprendizagem de forma ativa ao receberem ferramentas e recursos para construir, programar e controlar robôs.

Da mesma forma, as metodologias ativas, de acordo com Moran (2018), dão ênfase ao papel de protagonista do aluno, ao seu envolvimento direto, participativo e reflexivo em todas as etapas do processo, experimentando, desenhando, criando, com orientação do professor. O autor destaca a flexibilidade, a mistura e compartilhamento de espaços, tempos, atividades, materiais, técnicas e tecnologias que compõem este processo. As metodologias ativas referem-se a abordagens pedagógicas que dão prioridade ao envolvimento dos estudantes, à aprendizagem prática e à colaboração. A robótica educacional é um tipo de método de ensino com base em tecnologia que se alinha bem com as metodologias ativas, pois proporciona uma experiência de aprendizagem prática e interativa. A Educação STEAM é a sigla em inglês para a educação multidisciplinar, baseada em projetos, que se utiliza das disciplinas de Ciência, Tecnologia, Engenharia, Artes e Matemática. De acordo com Bacich e Holanda (2022, p.20) em um projeto STEAM, os estudantes investigam e constroem soluções para problemas reais, colocando em prática conhecimentos de

diferentes áreas”. A integração da robótica na educação STEAM oferece aos alunos oportunidades de aprendizado prático e experimental, desenvolvendo habilidades como resolução de problemas, pensamento crítico, colaboração entre os pares e criatividade. A robótica pode ajudar os alunos a entender conceitos STEAM complicados, permitindo que eles experimentem, e programem robôs para realizar tarefas específicas.

Tanto a robótica educacional como a cultura *maker* enfatizam a colaboração e a partilha. Os estudantes trabalham frequentemente em equipes para construir e programar robôs compartilhando seus desenhos, códigos e conhecimentos com outros. A Cultura *Maker*, conforme Raabe e Gomes (2018), surge no Brasil como uma nova forma de utilização da tecnologia no processo da aprendizagem. Motivada no movimento DIY (*Do It Yourself* - faça você mesmo), sua proposta é sugerir experiências de aprendizagem mão na massa, criando e prototipando artefatos a partir do interesse e das vivências do aluno.

Nesse sentido, a robótica educativa também ecoa com a Aprendizagem Criativa, de Resnick (2020), que a define como uma abordagem educacional que enfatiza a inovação e a criatividade. A aprendizagem criativa e a robótica educacional estão intimamente relacionadas, pois ambas visam proporcionar aos aprendentes experiências práticas e envolventes que fomentem a criatividade, a inovação e a capacidade de resolução de problemas. No que tange a robótica educacional, Valente (2018, p. 12) sustenta que a "robótica pedagógica posiciona-se numa etapa da construção de conhecimento que requer a reflexão e a articulação entre os diferentes protagonistas do processo de aprendizagem", auxiliando os alunos a aprenderem na prática, permitindo que eles projetem, construam, programem e testem robôs, o que aprimora sua criatividade, colaboração entre os pares, o desenvolvimento de habilidades e competências para o mundo do trabalho.

A união da Robótica Educacional com as teorias e abordagens de aprendizagem, apresentadas neste estudo, ampliam as possibilidades dos aprendentes explorarem os recursos disponíveis e aprimorarem seus conhecimentos a partir de experiências, invenções e criação de tecnologias adicionais.

3.3. A utilização das diversas TDICs na aprendizagem, com caráter construcionista

À medida que o comportamento social muda e as tecnologias digitais se desenvolvem, procuramos formas eficazes de proporcionar uma educação de qualidade. Nas últimas décadas, as Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDICs) proporcionam benefícios significativos à qualidade da educação, mas para que essas medidas sejam eficazes, acreditamos que a formação docente é necessária, com o intuito de o professor melhor aplicar as ferramentas digitais no seu fazer pedagógico.

[...] o professor precisa repensar sua prática pedagógica, conscientizando-se de que não pode absorver todo o universo de informações e passar essas informações para seus alunos. Um dos maiores impasses sofridos pelos docentes é justamente a dificuldade de ultrapassar a visão de que podia ensinar tudo aos estudantes. [...] portanto o eixo da ação docente precisa passar do ensinar para focar o aprender e, principalmente, o aprender a aprender (Behrens, 2000, p. 2).

O autor é claro ao dizer que os professores precisam mudar a forma como ensinam, ultrapassar o velho hábito de se acharem detentores do conhecimento e, em vez disso, se resignificarem. O mais importante não é ensinar todo o conteúdo, mas sim ajudar os alunos a aprenderem por si mesmos. Isso significa disponibilizar ferramentas para que eles possam aprender de maneira mais independente, curiosa e eficaz. Para essa mudança se concretizar, a formação de professores deve ser contínua, pois a educação está em constante transformação, levada pelo avanço tecnológico, pelas mudanças na sociedade, além das novas tendências educacionais.

Logo, com a atualização de recursos tecnológicos, surge outro grande desafio da educação brasileira: promover formações de qualidade para professores, tornando-os capazes de analisar os artefatos tecnológicos entregues em suas escolas e, com estes, buscar a melhor forma de incorporá-los nos planos de trabalho docente para proporcionar o desenvolvimento de cidadãos reflexivos e críticos, com habilidades e competências para enfrentar os desafios da vida adulta. Para que o uso da robótica educacional alcance todo o seu potencial para o desenvolvimento da aprendizagem, é fundamental investir na formação docente. Fagundes (2005) contribui para isso afirmando que “é fundamental que a capacitação ofereça ao professor experiências de aprendizagem com as mesmas características das que ele terá de proporcionar aos alunos, futuros cidadãos da sociedade conectada”

A autora enfatiza que a formação de professores deve abordar temas que estão relacionados às atividades que eles irão realizar com seus alunos que pertencem ao mundo conectado, portanto as atividades devem ser ativas, colaborativas e desafiadoras, incentivando o aluno a aprender fazendo, trabalhando em equipe e enfrentando desafios. O professor ao vivenciar essas experiências, terá a oportunidade de compreender melhor as potencialidades da robótica educacional e desenvolver as habilidades necessárias para a sua aplicação em sala de aula.

Segundo Fagundes (2005), professores preparados podem utilizar a robótica educacional de forma eficaz para promover a aprendizagem significativa e promover o desenvolvimento das habilidades dos alunos. Investir na formação docente para o uso da robótica educacional é, portanto, investir no futuro da educação. Ao preparar os professores para o uso eficiente da robótica educativa, existe a perspectiva que os alunos de hoje estejam preparados para os desafios do amanhã. Os professores precisam estar familiarizados com as diferentes abordagens pedagógicas e com as possibilidades de uso da robótica educacional para promover o aprendizado significativo.

As tecnologias digitais estão cada vez mais presentes em diversos aspectos do cotidiano. Por isso é primordial que os esforços se voltem para a educação pública do Brasil, pois, a utilização das TDICs como ferramentas para significar a aprendizagem, entre elas kits de robótica para educação, trazem possibilidades novas e criativas para a aplicação docente, aproximando ainda mais professores e alunos e preparando os discentes para enfrentar as situações do dia a dia. O professor Paulo Blikstein (2023), baseado nas teorias de Dewey, Papert e Freire, destaca a importância de tornar a robótica educacional acessível a todos os alunos, independentemente de sua origem socioeconômica. O autor argumenta que a tecnologia pode ser uma ferramenta poderosa para diminuir as desigualdades educacionais, desde que seja integrada de forma adequada e inclusiva. O olhar para a inserção da robótica educacional nas escolas públicas, como instrumento de apoio ao processo de aprendizagem, deve vir com artefatos tecnológicos digitais e principalmente formação docente. Mesmo que a tecnologia digital na educação pública do Brasil ainda seja uma tendência emergente, cabe a governos e escolas discutirem a questão para que escolas públicas não fiquem aquém da evolução tecnológica digital, causando imenso prejuízo ao aprendizado dos alunos economicamente vulneráveis.

Para que a robótica educacional seja eficaz, é importante integrá-la de maneira adequada e inclusiva, permitindo o desenvolvimento de habilidades e competências. Essa abordagem educativa promove a colaboração entre alunos com variadas habilidades e necessidades, que trabalham juntos na construção de protótipos. Além disso, a robótica pode ser uma ferramenta para abordar questões como inclusão, diversidade e acessibilidade, através da criação de protótipos que representam diferentes grupos sociais. Assim, quando adequadamente implementada nas escolas de forma inclusiva, a robótica educacional contribui significativamente para uma educação mais justa e equitativa.

Em relação à robótica educacional é comum as escolas receberem artefatos robóticos sem a devida formação para os professores, e tais tecnologias digitais fiquem guardadas até tornarem-se obsoletas, pelo simples fato de os educadores não saberem como trabalhar com os alunos tais tecnologias. Ou, ainda, de serem disponibilizados, por exemplo, kits de robótica sem providenciar computadores para que os alunos possam programar as placas controladoras. Vemos aqui, a importância da avaliação prévia dos artefatos robóticos, antes de sua aquisição pelas instituições de ensino, a fim de analisar as necessidades de tecnologias complementares para a utilização destes artefatos com toda sua potencialidade e aplicação pedagógica. A análise metodológica de artefatos de robótica educacional é um passo importante para entender o valor de uma nova tecnologia digital e como ela pode se aplicar à educação. Esta análise permite responder a perguntas críticas sobre seu uso, adoção, impacto e sucesso, além de identificar problemas em sua utilização e garantir que estejam sendo direcionados ao público e área desejáveis.

A validação pedagógica dos artefatos robóticos é essencial antes de sua aquisição pelas instituições de ensino, garantindo investimentos eficazes e contribuindo para melhorar o processo de aprendizagem. Nesse sentido, a rubrica para a avaliação do potencial pedagógico de artefatos de robótica educacional a partir de uma perspectiva construcionista de aprendizagem, se torna um recurso importante, pois, auxilia as instituições de ensino na escolha das tecnologias mais adequadas à sua realidade.

Diante do exposto, não afirmamos que os docentes utilizarão esses recursos tecnológicos seguindo o conceito construcionista conforme delineado por Papert em suas oito grandes ideias (veremos detalhadamente cada uma delas na seção 3.4.1.1).

Dado que muitos educadores não estão familiarizados com o construcionismo, existe a possibilidade de que a formação dos alunos possa ser prejudicada com o uso das tecnologias digitais em um contexto predominantemente instrucionista. Valente (2022, n.p.). acrescenta a isso que:

O computador pode ser usado na educação como máquina de ensinar ou como máquina para ser ensinada. O uso do computador como máquina de ensinar consiste na informatização dos métodos de ensino tradicionais. Do ponto de vista pedagógico esse é o paradigma instrucionista.

Quando o computador é usado como máquina de ensinar, ele assume o papel do professor tradicional que fornece informações e dá instruções aos alunos. Já o computador como máquina para ser ensinada, é utilizado como recurso auxiliando os aprendentes na construção do conhecimento no qual o utilizam para explorar, descobrir e aprender. A propósito, o instrucionismo é um método de ensino que enfatiza a transmissão de conhecimento do professor para o aluno. Baseia-se na ideia de que o conhecimento pode ser ensinado por meio de instrução direta, como palestras, livros didáticos e planilhas. O instrucionismo é frequentemente associado à educação tradicional, onde o professor é a principal fonte de conhecimento e espera-se que o aluno absorva e memorize as informações. Tanto Piaget quanto Paulo Freire (1974) tinham severas críticas em relação à educação tradicional que tem os alunos como meros depósitos de informação. Freire (1974) problematizou e classificou este método como “educação bancária”. Para ambos os autores o protagonismo dos estudantes é essencial para a obtenção concreta do conhecimento. Ainda sobre a educação tradicional, instrucionista (Silva; Blikstein, 2020, p. xxiii) sustentam: “ironicamente, enquanto a educação tradicional robotiza nossos alunos, a robótica educacional os humaniza cada vez mais”. Com esta afirmação é possível entender como a educação tradicional pode limitar o potencial dos alunos ao tratá-los como aprendizes passivos, enquanto a robótica educacional, com sua abordagem construcionista, busca humanizar a educação envolvendo ativamente os alunos no seu processo de aprendizagem. Assim, as situações de aprendizagem com robótica educacional, dependendo de quem vai mediar, poderá ser de caráter instrucionista ou construcionista. Longe de defender uma única maneira de educar, este estudo propõe uma perspectiva que valoriza a aprendizagem significativa, com a relação entre o fazer e o compreender conforme os conceitos “*hands on*” (mão na massa) e “*heads in*” (raciocínio). Acreditamos que ao combinar o “fazer” com o “compreender”, preparamos os alunos para enfrentar os desafios do mundo real.

O construcionismo enfatiza a construção ativa do conhecimento pelo aluno, Papert (1986) afirma que "o aprendiz constrói, por intermédio do computador, o seu próprio conhecimento". A diferença entre as abordagens instrucionista e construcionista está no fato de que a educação, com caráter instrucional, se concentra em ensinar aos alunos habilidades e conhecimentos específicos, enquanto, a educação construcionista enfatiza a importância da aprendizagem prática e o uso das mais diversas tecnologias para criar experiências de aprendizagens significativas. Assim, consideramos as situações de aprendizagem com robótica educacional com caráter construcionista mais abrangente para o desenvolvimento das competências socioemocionais e cognitivas, do senso crítico, do despertar do pensamento científico e computacional, da racionalidade lógica, da imaginação, inovação e criatividade, da resolução de problemas e da interdisciplinaridade.

3.4. Desdobramentos do construcionismo na prática pedagógica da robótica educacional

A seguir, exploraremos algumas abordagens e conceitos pedagógicos que se alinham com os princípios defendidos pelo construcionismo e como esses se relacionam com a Robótica Educacional e auxiliaram na criação dos critérios, que formaram o instrumento em formato de rubrica para a avaliação do potencial pedagógico de artefatos de robótica educacional a partir de uma perspectiva construcionista de aprendizagem.

3.4.1. Construcionismo

O construcionismo, conceito desenvolvido por Seymour Papert, baseia-se nos princípios construtivistas de Jean Piaget. O construcionismo destaca a importância da criação de artefatos físicos ou digitais como meio de construção do conhecimento. Papert (1986), que trabalhou com Piaget de 1958 a 1963, afirma que, quando os alunos se envolvem ativamente na criação e construção de um artefato pessoal significativo, eles aprendem. O Construcionismo é uma concepção educacional que enfatiza a importância da construção do conhecimento pelos estudantes. De acordo com este paradigma, os alunos aprendem melhor quando são ativamente engajados na construção do seu conhecimento. Em outras palavras, os alunos devem ser envolvidos na criação do conteúdo educacional, em vez de simplesmente recebê-lo de um professor ou de um texto. É um conceito que se concentra na aprendizagem

ativa, criativa, mão na massa, colaborativa e significativa. O construcionismo estimula a criação de atividades que envolvam projetos.

De acordo com o Construcionismo de Papert (1986), os alunos aprendem melhor quando são envolvidos dinamicamente no método de aprendizagem e são aptos a relacionar o conteúdo com suas vivências, também enfatizando a importância da colaboração e da troca de ideias entre si. É importante considerar como cada indivíduo aprende para entender como projetar ambientes de aprendizagem adequados, com tecnologias apropriadas para que os estudantes se sintam pertencentes ao espaço de aprendizagem e para o entendimento de como o computador, juntamente com programas que estimulem a programação, auxiliam no desenvolvimento de seus projetos.

A linguagem LOGO foi desenvolvida especificamente para a educação, com o objetivo de ajudar as crianças a desenvolver habilidades de pensamento crítico, construir ativamente seu conhecimento e aprender a solucionar problemas por meio da tecnologia. Em uma entrevista concedida à revista Super Interessante em 2001, Papert fala sobre a criação da linguagem LOGO.

[...] foi desenvolvida gradualmente entre 1967 e 1968. A ideia era dar à criança controle sobre a mais poderosa tecnologia disponível em nossos tempos. A linguagem foi desenvolvida para permitir que crianças programassem a máquina, em vez de serem programadas por ela.

Em 1967, juntamente com Cynthia Solomon e Wally Feurzeig, Papert desenvolveu a linguagem de programação LOGO. A ideia era tornar a matemática e a ciência da computação simples e acessíveis aos jovens aprendizes. A linguagem de programação LOGO foi criada para ser executada a partir de um pequeno robô, que se parece com uma tartaruga de brinquedo, com uma caneta presa à sua barriga. A tartaruga pode ser programada para se mover em uma superfície plana, desenhando linhas à medida que avança. Temos nesta época o início da Robótica Educativa, proporcionando aprendizado por meio da utilização de computadores e da programação.

Para Campos, (2013, p. 69):

[...] a proposta do uso da linguagem de programação LOGO concebia a ideia de que o indivíduo não precisava ser especialista para utilizar já que ela foi criada com o intuito de que qualquer pessoa pudesse utilizar, mesmo crianças, para desenvolvimento de sua aprendizagem.

A linguagem LOGO foi desenvolvida para ser acessível e amigável para todas as idades, incluindo crianças, como uma ferramenta de programação destinada a promover o aprendizado e o desenvolvimento cognitivo. A linguagem LOGO foi desenvolvida para tornar a programação mais acessível e intuitiva, permitindo uma interação amigável entre estudante e computador, sem a necessidade de conhecimento prévio em programação. Dessa forma, o LOGO se tornou uma ótima opção para que as crianças pudessem aprender de maneira envolvente e estimulante.

Papert foi o precursor nas pesquisas sobre a utilização de computadores em sala de aula e a prática pedagógica da robótica educacional, revelando sua importância para uma aprendizagem criativa e significativa. A figura 1 apresenta o educador Seymour Papert em uma aula prática com seus alunos, apresentando a tartaruga interativa, um robô controlado por computador que faz desenhos, usado pelo pensador no ensino e na exploração dos processos de aprendizagem.



Figura 5: Tartaruga interativa, 1973.
Fonte: <https://mitmuseum.mit.edu/>

Inicialmente, a linguagem controlava uma tartaruga interativa em um programa de computador simples. Os alunos podiam dar instruções simples, como “frente”

(comando PF), “trás” (comando PT), “esquerda” (comando PE) e “direita” (comando PD), juntamente com um valor correspondente para distância ou graus para rotação. O comando " " fazia a tartaruga desenhar uma linha por onde passava. Com esses comandos, os alunos puderam usar o LOGO para desenhar formas geométricas muito interessantes.

A figura 6 demonstra alguns exemplos de comandos na utilização da linguagem LOGO, construindo figuras geométricas:

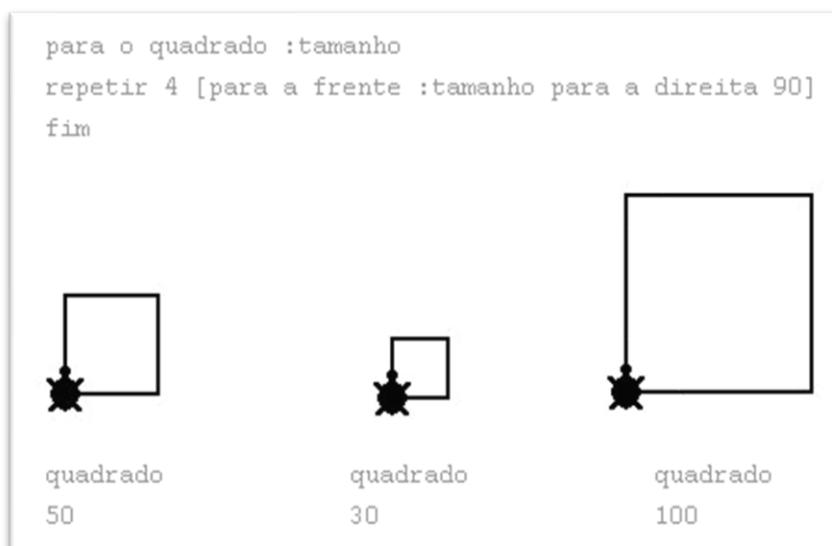


Figura 6: Comandos da Linguagem de Programação Logo.
Fonte: LOGO Foundation - https://el.media.mit.edu/logo-foundation/what_is_logo/logo_primer.htm

A figura 7 é a representação da trajetória da tartaruga na linguagem LOGO:

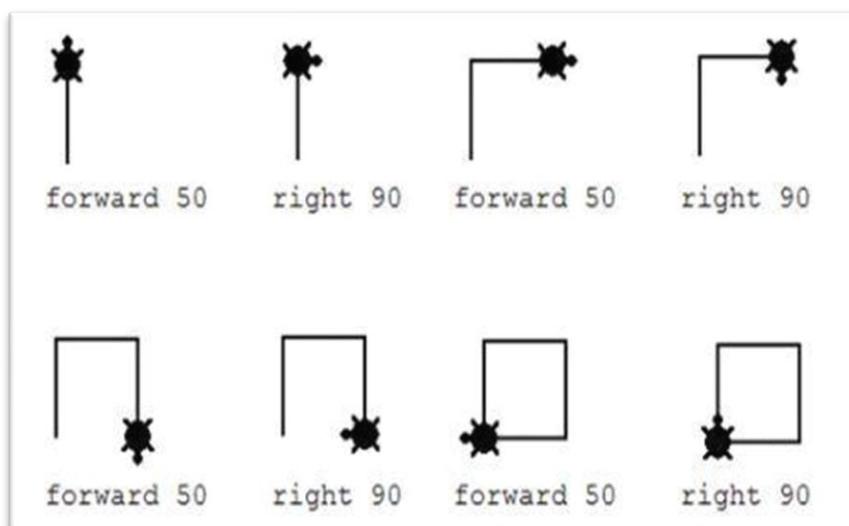


Figura 7: Comandos de direção da Linguagem de Programação Logo.
Fonte: LOGO Foundation - https://el.media.mit.edu/logo-foundation/what_is_logo/logo_primer.html

O autor defendeu o uso de computadores como ferramenta para o desenvolvimento do conhecimento, sendo assim, considerado o "pai" das Tecnologias Educacionais. Nesse sentido, as ferramentas digitais permitem que os alunos explorem, experimentem e criem seus próprios materiais de aprendizagem. Além disso, as tecnologias digitais facilitam a colaboração entre os alunos, permitindo que eles compartilhem ideias e trabalhem em conjunto.

Um dos aspectos mais importantes do construcionismo é que ele enfatiza o papel do aprendiz. Não se trata de entregar informações aos alunos e depois deixá-los por conta própria, e sim trata-se de envolver os alunos na aprendizagem, oferecendo oportunidades para que eles se tornem agentes ativos na construção do seu conhecimento. Uma maneira de fazer isso é oferecer ferramentas tecnológicas digitais que ajudam os alunos a desenvolver habilidades tecnológicas, cognitivas e socioemocionais. Outra maneira de promover as ideias construcionistas nas salas de aula é por meio do uso de metodologias ativas, da aprendizagem baseada em projetos, de atividades de resolução de problemas, que permitem aos estudantes aplicar o que aprenderam de outras formas.

Na década de 1960, Papert publicou um artigo intitulado “A construção do sentido” no qual delineou seus pensamentos sobre educação. De acordo com Papert (1960), as crianças aprendem melhor quando constroem seu próprio significado em vez de seguir as instruções do professor. Por esta razão, o pensador defende o que chamou de “aprendizagem ativa”. Ele acreditava que qualquer professor deveria se concentrar em criar oportunidades para seus alunos participarem ativamente das aulas e compartilharem ideias. A tartaruga LOGO foi uma invenção que ajudou a tornar a programação acessível para crianças e contribuiu para o desenvolvimento da robótica educacional.

Com a popularização das TDICs, muitos robôs educacionais semelhantes estão disponíveis no mercado, mas a tartaruga LOGO continua sendo um marco importante na história da tecnologia e robótica educacional. Em face ao exposto, cabe trazer o caráter construcionista da robótica trabalhada em sala de aula, na medida em que a robótica educacional, de forma criativa e cativante, traz inúmeras vantagens ao aprendizado. Entre elas o encorajamento para que o estudante investigue, explore e concretize seu aprendizado em forma de protótipo.

3.4.1.1. As oito grandes ideias de Papert

Em 1999 Papert trabalhou no em seu último projeto de pesquisa quando criou o Laboratório de Aprendizagem Construcionista dentro de um centro de detenção para adolescentes.



Figura 8: Centro Juvenil do Maine, no sul de Portland – EUA
 Fonte: <http://www.papert.org/articles/MaineYouthCenterArticle.html>

O pensador passou seus últimos dias no estado do Maine, dedicando parte de seu tempo a trabalhar com os jovens internos do centro de detenção *Maine Youth Center*⁷. Papert ensinava o que acreditava serem as principais habilidades a serem desenvolvidas como aprender e pensar criticamente. E como proposta definiu, no Laboratório de Aprendizagem Construcionista, as oito grandes ideias construcionistas:

1. **Aprender fazendo:** a primeira grande ideia enfatiza a aprendizagem por meio da prática, Papert dizia que aprendemos melhor quando usamos o que aprendemos para fazer algo que realmente queremos.
2. **Tecnologia como material de construção:** a segunda grande ideia sustenta que se pudermos usar a tecnologia para fazer coisas, então podemos fazer coisas muito mais interessantes. Papert salienta que quanto mais coisas interessantes, maior o aprendizado.
3. **Diversão desafiadora:** a terceira grande ideia promove desafios que incitam o entusiasmo, promovendo a resiliência e o pensamento criativo.
4. **Aprender a aprender:** a quarta grande ideia sustenta que o aluno tem que ser protagonista do seu aprendizado.
5. **Ter tempo:** a quinta grande ideia destaca a importância do ritmo, adaptando a aprendizagem ao progresso individual, aprendendo gerir o seu tempo.
6. **Você não pode fazer certo sem fazer errado:** a sexta grande ideia parte do princípio que nada importante funciona da primeira vez. Portanto o erro é um momento de reflexão e aprendizado.
7. **Fazer a nós mesmos o que fazemos aos nossos alunos:** A sétima grande ideia argumenta que a melhor lição que podemos dar aos nossos alunos é deixar que eles nos vejam trabalhando duro para aprender.
8. **A tecnologia digital é tão importante quanto a leitura e a escrita:** a oitava grande ideia traz que aprender sobre tecnologia digital é essencial para o futuro dos nossos alunos (Stager, Gary, 2006).

⁷ Centro Juvenil do Maine

O autor escreveu as oito grandes ideias para explicar de maneira acessível, ao público em geral, como a teoria construcionista traz benefícios para a educação sugerindo que os alunos aprendem melhor quando estão envolvidos em projetos práticos e significativos, trabalhando em colaboração uns com os outros e usando tecnologia digital para apoiar sua aprendizagem. As ideias enfatizam a aprendizagem ativa e experiencial, utilizando a tecnologia como ferramenta para construção de conhecimento. Elas são a base para a criação de ambientes de aprendizagem dinâmicos e engajadores, onde os alunos assumem o protagonismo de seu próprio aprendizado e constroem conhecimento de forma significativa e duradoura.

A primeira ideia reflete que o aprendizado é mais significativo quando os estudantes estão engajados em projetos que os motivam e os desafiam a usar o que estão aprendendo. A “Tecnologia como material de construção” indica que ela deve ser usada como um meio para a resolução de problemas, de exploração e não apenas como um instrumento passivo. A “Diversão desafiadora” propõe que os alunos aprendam por meio de desafios que despertem o entusiasmo, que seja divertida, e não divertida com a intenção de ser “fácil”, e sim que motivem os aprendentes a superar obstáculos e a construir o conhecimento de forma significativa e duradoura. A quarta ideia “aprender a aprender” tem como objetivo desenvolver a autonomia dos aprendentes para que eles construam seu aprendizado. A quinta ideia “Ter tempo” significa que os estudantes devem ter autonomia para gerenciar seu tempo e se dedicar aos projetos de acordo com seu próprio ritmo. A sexta grande ideia destaca a importância do erro no processo de aprendizagem, ressaltando que os erros são oportunidades para reflexão e aprendizado. A ideia “Fazer a nós mesmos o que fazemos a nossos alunos” propõe que os professores que demonstram seu empenho em aprender são exemplos inspiradores para os alunos, motivando-os em sua própria jornada de aprendizado. Por fim, a oitava grande ideia defende que o conhecimento em tecnologia digital é fundamental para a vida moderna e o processo de aprendizagem.

3.4.2. Metodologias Ativas

A perspectiva construcionista da aprendizagem, combinada com as metodologias ativas, propõe um ensino que vai além da instrução. Neste modelo, o aluno é o principal responsável por construir seu próprio conhecimento de forma ativa

e independente, envolvendo-se na aprendizagem por descoberta, investigação ou resolução de problemas. Sendo as atividades ofertadas em sala de aula baseadas em questões e situações reais para gerar debate, reflexão e pensamento crítico. Nesta proposta, o aluno está no ponto central do desenvolvimento da aprendizagem, participando ativamente e assumindo a responsabilidade pela formação do seu conhecimento. As metodologias ativas têm nas TDICs uma aliada no processo da aprendizagem na concepção construcionista.

Segundo Moran (2018, p.18), os momentos de aprendizagem em que os estudantes criam coisas, refletem e apreciam suas criações, constroem conhecimentos sobre suas experiências ao mesmo tempo em que desenvolvem a análise crítica e a reflexão sobre suas práticas, interagindo com seus pares e professores estão de modo direto relacionadas à educação STEAM, a abordagem mão na massa e a Robótica Educacional.

[...] as metodologias ativas, a STEAM e a cultura maker não são a mesma coisa...metodologias ativas – o ensino híbrido, a sala de aula invertida, a aprendizagem baseada em desafios ou projetos, estão mais no campo das metodologias de ensino e aprendizagem. ... a cultura maker que desencadeou o movimento é mais um estilo de pensar, uma forma de operar os processos e desafios em sala de aula, enquanto a Educação STEAM tem preocupações mais gerais com o contexto ao redor dos conteúdos (Pugliese, 2021, pp. 21-22).

Em síntese, as Metodologias Ativas são métodos interativos de estudos, metodologias de ensino e aprendizagem, que têm como finalidade encontrar soluções para o problema apresentado. Nesta perspectiva, a aprendizagem pertence ao discente, tendo o professor como facilitador, que orienta o aluno em suas pesquisas, estimulando-o a reconhecer o erro e utilizá-lo como aprendizado, permitindo-lhe, de maneira criativa, explorar sua curiosidade e desenvolver uma aprendizagem significativa, fazendo com que ele reflita e tome suas próprias decisões para atingir seu objetivo.

Dessa forma, ao vivenciar a aprendizagem por meio das metodologias ativas, mas também com a inclusão da robótica educacional na escola, com caráter construcionista, o aluno aprende de forma criativa e interessante, sem perder o foco na investigação. A robótica educacional é um modelo pedagógico mediado por tecnologia digital que se encaixa nas metodologias ativas, pois oferece uma experiência de aprendizado prática e interativa.

3.4.3. Educação STEAM

Ao pesquisarmos sobre artefatos de robótica educacional e seu potencial pedagógico, consideramos importante trazer o conceito e aplicabilidades da Educação STEAM. Para Bacich e Holanda (2022), "STEAM em suas práticas pedagógicas trabalham, principalmente, com a construção de artefatos com sucata e utilizando a aprendizagem baseada em projetos". A robótica educativa tem seu potencial pedagógico ampliado quando relacionada à educação STEAM, fundamentada na criação e desenvolvimento de projetos, com foco contextualizado com a realidade dos alunos, além de sua construção multidisciplinar.

Nos Estados Unidos, nos anos 1990, a *National Science Foundation* introduziu a proposta denominada STEM, porém começou a decolar no início dos anos 2000 como resultado de relatórios sobre o declínio do interesse dos discentes nas áreas das ciências, matemática, engenharia e tecnologia – como resultado de modelo educacional tradicional e desatualizado. O STEM privilegia os conhecimentos científicos e tecnológicos.

[...] ao invés de ensinar ciências, matemática, engenharia e tecnologia separadamente, a educação STEM integra estes componentes de modo a associar contextos de aprendizagem abstrata à resolução de problemas do mundo real" (Pustilnik, 2018, p.45).

Neste contexto, a educação STEM rompe com a divisão tradicional das áreas de ciências, matemática, engenharia e tecnologia, unindo-as em um ensino interconectado e contextualizado. Os alunos desenvolvem habilidades essenciais para o século XXI, como pensamento crítico, criatividade, cooperação e capacidade de adaptação, resolvendo problemas reais.

Levando em consideração a importância de formar um cidadão pleno, educadores perceberam a necessidade de valorizar, também, o desenvolvimento das competências socioemocionais, acompanhadas das competências científicas e tecnológicas. Segundo Bacich e Holanda (2022, p.11), nos últimos dez anos, o movimento ganhou força, e novas siglas surgiram, incluindo outras áreas, como Linguagem, Humanidades e Arte, porém, em todos os conceitos, a perspectiva está apoiada na construção de projetos que oportunizem aos estudantes encontrar significado em seus objetos de estudo. Assim foi acrescentado, à sigla, a letra "A" de Arte, formando a sigla STEAM. A educação STEAM é um método inovador, que se baseia nas áreas de conhecimento das Ciências (S), Tecnologia (T), Engenharia (E),

Artes (A) e Matemática (M). A integração dessas áreas permite que os alunos trabalhem de forma colaborativa em projetos complexos, resolvendo problemas de maneira criativa.

O objetivo da educação STEAM é desenvolver as habilidades necessárias para que os alunos sejam criadores de soluções inovadoras, não sejam apenas consumidores de tecnologias digitais, mas criadores delas. É favorecer a aprendizagem por experimentação, trabalhar com as áreas do conhecimento de forma integrada para que os alunos aprendam a resolver problemas de maneira criativa e inovadora, onde se enfatiza a colaboração, a criatividade, a crítica e o pensamento analítico. Assim, a educação STEAM oferece aos estudantes um espaço favorável para eles desenvolverem suas habilidades de liderança, inovação e empreendedorismo. A educação STEAM acentua o pensamento crítico/questionador, a criatividade, a cooperação entre os estudantes e a resolução de problemas. Os alunos aprendem a pensar de forma criativa e lógica, e desenvolvem habilidades de comunicação, além de ensinar aos aprendentes a trabalharem em equipe e colaborarem uns com os outros.

Independente da metodologia trabalhada com os estudantes, é importante sempre estimular a colaboração entre eles, para que aprendam a trabalhar em equipe e sejam capazes de resolver conflitos. Na educação STEAM, assim como na robótica educacional, o estudante aprende a refletir criticamente, a idear soluções inovadoras e a trabalhar em equipe para enfrentar os desafios do mundo moderno. A criação de projetos, na robótica educacional com foco nas áreas STEAM, pode empregar diversas linguagens de programação. Geralmente as escolas, que se utilizam deste método de aprendizagem, utilizam a linguagem de programação visual, apoiada em blocos. Diante disso, consideramos importante discorrer sobre a aprendizagem criativa, responsável pela criação do ambiente de programação *Scratch*, de caráter construcionista. O conceito da aprendizagem criativa tem potencial para apoiar na avaliação de artefatos de robótica educacional e seu potencial pedagógico na criação dos critérios desenvolvidos para o instrumento, em formato de rubrica, como produto deste estudo.

3.4.4. Aprendizagem Criativa

Aprendizagem Criativa é um conceito, sustentado pelo grupo de pesquisa *Lifelong Kindergarten* do MIT (*Massachusetts Institute of Technology*), sob a direção de Mitchel Resnick, que defende a aprendizagem como produto de um processo exploratório. A aprendizagem criativa envolve uma relação dinâmica entre criatividade, conhecimento e compreensão no processo de reformar, mudar ou criar o próprio conhecimento sobre um assunto específico, por meio da integração entre o conhecimento anterior com a nova informação. A aprendizagem criativa é um processo de construção e reconstrução do conhecimento.

Resnick (2020) descreve como o processo criativo é interativo; envolve observar, refletir, e criar um produto. Em seguida, assinala que os estudantes criativos podem assimilar a informação, transformá-la de alguma forma, aplicá-la a novas situações e contextos, ou podem adicioná-la ao seu repertório de conceitos. As pessoas criativas compreendem que existem muitas maneiras de olhar para algo, de fazer algo ou de representar algo. O autor utiliza o conceito de "contexto" para destacar outro aspecto do processo criativo: não é possível imaginar algo sem compreender o seu contexto. Tanto docentes quanto discentes devem estar conscientes do contexto em que trabalham, para que possam considerar o que será apropriado dizer, fazer e/ou criar. Precisam fazer perguntas difíceis, olhar para todos os aspectos de um tópico e analisá-lo de modo a dar-lhe sentido. No processo de fazer perguntas, transformar informação, criar conceitos e produtos, os indivíduos do processo de aprendizagem criativa experimentam fracassos, bem como sucessos. Aprendem tanto com os seus fracassos como com os seus sucessos, porque estão conscientes de que os erros são importantes para o sucesso de qualquer atividade criativa. Sem os erros que ocorrem no processo criativo, os sujeitos não conseguem descobrir os caminhos certos que conduzem a um resultado bem sucedido. Os erros são identificados e tratados, os discentes examinam o seu trabalho com um olhar de entusiasmo, o que lhes permite ver os erros como oportunidades valiosas de aprendizagem.

A aprendizagem criativa enfatiza a prática "mão na massa", a aprendizagem ativa e as estratégias pedagógicas que incentivam o envolvimento e a curiosidade dos alunos, ao mesmo tempo em que estimulam suas faculdades criativas e cognitivas.

Resnick (2020, p.40), refletindo sobre o processo criativo, de acordo com a espiral da aprendizagem criativa, afirma que “enquanto as crianças do jardim de infância brincam com peças de montar, constroem castelos e contam histórias, elas se envolvem com todos os aspectos do processo criativo: imaginar, criar, brincar, compartilhar, refletir e imaginar”. O autor afirma que a espiral do pensamento criativo é o impulsionador do pensar criativo, pois, ao percorrer esta espiral, os alunos desenvolvem e aprimoram suas habilidades criativas e cognitivas.



Figura 9: Funcionamento dos comandos da linguagem de programação LOGO.
Fonte: Resnick, M. (2020, p.40).

A seguir Resnick (2020, p. 40-41) detalha cada aspecto do processo criativo:

Imaginar: [...] as crianças começam a imaginar um castelo de fantasia e a família que vive nele.

Criar: imaginar não é suficiente. As crianças transformam as ideias em ações, criando um castelo, uma torre ou uma história.

Brincar: as crianças estão sempre interagindo e fazendo experiências com suas criações, tentando construir uma torre mais alta ou trazendo novas possibilidades para a história.

Compartilhar: um grupo de crianças colabora na construção do castelo, outro grupo ajuda na criação da história e os dois grupos compartilham ideias entre si. Cada novo acréscimo ao castelo inspira uma nova história e vice-versa.

Refletir: quando a torre cai, a professora se aproxima e incentiva as crianças a refletirem sobre porque ela caiu [...].

Imaginar: com base nas experiências que passam pela espiral, as crianças imaginam novas ideias e novas orientações.

A imagem representa a espiral do pensamento criativo, contribuindo para que os estudantes aprimorem suas habilidades para pensar de maneiras novas e

fortaleçam sua forma de compreender as coisas ao seguir essa espiral como um caminho.

Deste modo, conforme esclarecem Souza e Rubim (2019, p. 4), “ensinamentos e debates a respeito da aprendizagem criativa estão claramente relacionados à teoria do construcionismo e à educação significativa, “mão na massa” e criativa, que se norteiam em um conjunto de quatro princípios orientadores, conhecidos como os 4 Ps da aprendizagem criativa”. Resnick (2020, p. 45) define os 4 Ps como:

Projetos: criação de projetos é a atividade básica.

Paixão: [...] quando as pessoas trabalham em projetos pelos quais têm interesse, elas se dispõem a trabalhar por mais tempo e se esforçam mais.

Pares: a criatividade é um processo social, no qual as pessoas colaboram, compartilham e constroem a partir do trabalho umas das outras.

Pensar brincando: [...] apoiar explorações diversões como uma via para a criatividade, incentivando os jovens a assumir riscos e a testar coisas novas[...].

A utilização dos 4 Ps da aprendizagem criativa pela escola proporciona um ambiente onde os alunos podem explorar e expressar sua criatividade, trabalhar em conjunto em projetos para encontrar soluções inovadoras para problemas significativos, uma aprendizagem colaborativa, significativa e criativa. A aprendizagem criativa encoraja os alunos a assumir riscos, experimentar, errar e aprender com o erro, proporcionando o desenvolvimento de novas habilidades e conhecimentos. Além disso, reconhece que as relações sociais e afetivas desempenham um papel importante no desenvolvimento cognitivo dos alunos, tornando-os pensadores criativos.

Ainda na linha da aprendizagem criativa, temos a Rede Brasileira de Aprendizagem Criativa, também conhecida como RBAC (Portal da RBAC, n.d) que surge a partir de um movimento de entidades, organizações, instituições e admiradores da cultura *maker*, tendo como base a aprendizagem criativa proposta por Resnick (2020). Essa perspectiva é fortemente influenciada pela concepção construcionista de Papert, que por sua vez foi desenvolvida a partir das ideias de pensadores, como Jean Piaget, John Dewey, Maria Montessori, Célestin Freinet, Lev Vigotski, Carl Rogers e o patrono da Educação Brasileira, Paulo Freire. Dessa forma, a RBAC tem como objetivo principal fomentar a implementação de práticas pedagógicas que promovam atividades criativas e experiências práticas, embasando-se na Aprendizagem Criativa. Para fornecer suporte ao desenvolvimento de ideias e

exploração das tecnologias disponíveis para apoiar práticas de aprendizagem, Resnick (2020) resgata a metáfora da casa utilizada por Papert e acrescenta a ela uma terceira dimensão, assim além de "piso baixo" e "teto alto" a terceira dimensão atribuída foi "paredes amplas" para dar amplitude à exploração de ideias. Para iniciar uma atividade ou criar alternativas de respostas a determinados critérios de uma rubrica, por exemplo, podemos aplicar a metáfora da casa, utilizada por Papert e aprimorada por Resnick (2020), em que as tecnologias devem proporcionar maneiras fáceis e simples - "piso baixo" - para iniciantes darem os primeiros passos na construção de seus projetos, ou ainda para a construção de atributos de classificação de determinado critério. No mesmo momento em que as tecnologias também devem possibilitar meios para o avanço - "teto alto" - desses projetos a fim de que os aprendentes possam torná-los cada vez mais relevantes.

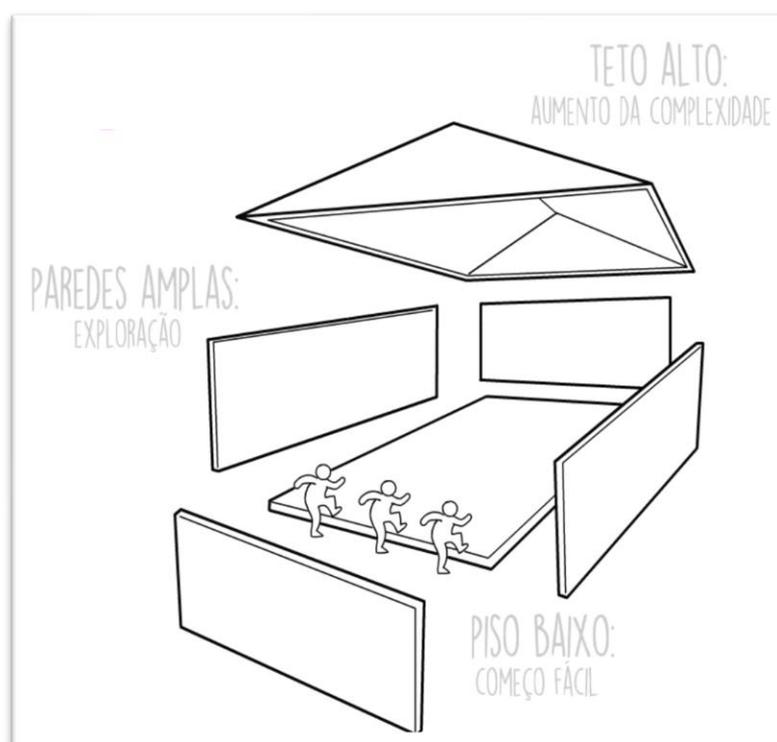


Figura 10: Metáfora da casa.
Fonte: RBAC - <https://aprendizagemcriativa.org>

A metáfora da casa forneceu elementos para criar os atributos de classificação dos critérios escolhidos, que foram incorporados na rubrica desenvolvida pela pesquisadora como produto deste estudo.

A terceira dimensão apresentada por Resnick (2020), sugere que, além do "piso baixo" e do "teto alto", a colocação dos aprendentes em contato com

tecnologias proporciona a exploração e diferentes caminhos para criação e ocasionando projetos variados, criando assim a dimensão chamada de "paredes amplas".

Desta forma, a aprendizagem criativa e a robótica educacional são complementares, uma vez que ambas visam apoiar a aprendizagem orientada pelos estudantes e proporcionar a eles oportunidades de desenvolver a sua criatividade, inovação e capacidades de resolução de problemas. À vista disso, a aprendizagem criativa, marcada por incentivar os discentes a se tornarem agentes de sua aprendizagem, de criarem, construírem, explorarem, inovarem e gerarem soluções, contribuem para a pesquisa de avaliação de artefatos de robótica educacional e seu potencial pedagógico, assim como a criação de critérios para a avaliação destes artefatos, compondo, assim, o instrumento em formato de rubrica.

3.4.5. Cultura Maker

Apoiada na cultura do "Do it Yourself" (DiY) e popularizada por Dale Dougherty⁸ a cultura maker é conhecida, também, como movimento maker.

Para Raabe e Gomes (2018), "o movimento maker desenvolveu um conjunto de valores próprios que tem chamado a atenção de educadores pelo potencial de engajar os estudantes em atividades de aprendizagem muito diferentes da educação tradicional". A robótica educacional e a cultura maker estão ambas centradas em torno da aprendizagem prática e da experimentação. A popularização do movimento maker promoveu novas maneiras de utilizar a tecnologia em sala de aula, proporcionando um maior envolvimento dos alunos no seu aprendizado.

[...] tanto no jardim de infância quanto na pré-escola, as crianças são incentivadas a terem experiências mais manuais, já que colocar a mão na massa ajuda no processo de aprendizado. [...] A educação maker é uma oportunidade de resgatar essas atividades práticas de modo a estimular os alunos por meio de projetos desafiadores que, na maioria das vezes, contam com a tecnologia como aliada (Martinez, 2013).

A cultura *maker* é baseada na ideia de que todos devem ter acesso às ferramentas e recursos necessários para explorar, criar e inovar. Por meio desse movimento, os alunos conseguem interagir com a tecnologia e aprender fazendo. Passam de meros consumidores de tecnologia para criadores de tecnologias digitais.

⁸ Responsável por popularizar o termo "*maker*", o fundador da primeira revista especializada no assunto.

A cultura *maker* inspira os alunos a desenvolverem suas próprias soluções, construir seus próprios dispositivos e explorar o poder de sua criatividade, permitindo que os discentes assumam o papel de promotores de seus aprendizados. Há muitos benefícios que vêm com a cultura *maker* trabalhada na educação, incluindo uma mudança no foco da aprendizagem passiva para ativa, a capacidade de os alunos explorarem sua criatividade e interesses, um aumento na colaboração, na motivação e na confiança entre os discentes e uma melhoria geral no desempenho do estudante nas competências cognitivas e socioemocionais.

Desse modo, a cultura *maker* incentiva os alunos a colocar a mão na massa, aprender com os erros e a explorar seu lado criativo. Com foco na aprendizagem ativa, os alunos são envolvidos em atividades que exigem criatividade, pensamento crítico e habilidade tecnológica. Dentre os inúmeros benefícios da inserção da cultura *maker* nas escolas, é que ela permite que os alunos explorem sua criatividade e interesses, promovendo autonomia para que eles sejam capazes de decidir quais projetos criarão e atuarão de acordo com seus interesses, usando e desenvolvendo novas habilidades e criatividade. A robótica educacional e a cultura *maker* se entrelaçam no uso de kits de robótica e materiais reciclados, servindo como porta de entrada para os alunos explorarem o universo da robótica de forma prática, colocando a mão na massa. Ambas as abordagens valorizam o aprendizado por meio da experimentação, da reflexão sobre o erro, estimulando a criatividade, a colaboração e a resolução de problemas, preparando os alunos para os desafios do futuro.

Os laboratórios *maker* são espaços de aprendizagem nos quais os alunos são instigados a criar, inventar, mexer e aprender. Estes espaços normalmente têm uma variedade de equipamentos com tecnologia digital como scanner, impressoras 3D, máquina de corte a laser, plotter de recorte, kits de robótica, placas controladoras, além de ferramentas como solda, martelo, alicates variados, estiletes, material de expediente, chapas de mdf e acrílico e muita sucata, tudo para favorecer ao máximo a criatividade discente. Peres, Bertagnolli e Okuyama (2021, p.69) contribuem com: “um fab lab pode ser considerado como um processador onde ideias entram e objetos saem. Um lugar de inspiração e compartilhamento de conhecimentos, capaz de representar ideias em bits e bits em átomos”.

Quando se trata de educação, o espaço *maker* proporciona o encorajamento da ideiação, criação, desenvolvimento e prototipagem. Encoraja a aprendizagem

prática fazendo com que os estudantes se envolvam com o ambiente e aprendam por meio do fazer. Este espaço associado a kits de robótica educacional proporciona aos aprendentes um ambiente repleto de ferramentas para instigar a imaginação e a criação de robôs que atendam a uma necessidade como resposta aos desafios apresentados a eles na escola.

De acordo com minha experiência profissional, a robótica educacional quando trabalhada em ambientes *maker* proporciona uma excelente oportunidade para fomentar a criatividade dos estudantes, graças à natureza aberta dos projetos desenvolvidos e a grande variedade de materiais e maquinários. Encorajando os alunos a executarem seu pensamento crítico e encontrarem soluções inovadoras na construção de seus protótipos. Além disso, ao completarem suas criações, os estudantes experimentam uma sensação de realização, fortalecendo sua confiança em suas habilidades.

3.4.6. Robótica Educacional

A tecnologia digital é um campo em constante mudança, especialmente na educação, onde tem proporcionado novas perspectivas tanto para professores quanto para alunos. Contudo, junto com essas oportunidades surgem desafios significativos. A introdução da robótica educacional nas escolas brasileiras enfrenta desafios como falta de recursos financeiros, falta de professores com maturidade tecnológica e a aquisição de artefatos robóticos sem critérios claros, muitas vezes comprometendo sua eficácia para o público-alvo pretendido. A insuficiência de investimentos limita a aquisição de artefatos robóticos e a infraestrutura necessária, ao passo que a ausência de capacitação específica impede que os educadores empreguem eficientemente a tecnologia no processo de aprendizagem dos estudantes. Além disso, a falta de critérios definidos na compra de artefatos robóticos muitas vezes resulta em sua subutilização até se tornarem obsoletos. Diante desses desafios, é evidente a necessidade de implementação de uma rubrica de avaliação do potencial pedagógico prévia à aquisição de artefatos robóticos, garantindo assim sustentabilidade e qualidade tanto na compra quanto no uso dessas tecnologias.

A robótica educacional baseia-se nos conceitos construcionistas, e defende que os alunos aprendem melhor quando são ativos no processo de construção do seu conhecimento conforme evidenciam alguns autores como Papert, Valente, Campos e

Blikstein. Ao participar de atividades de robótica, os alunos são desafiados a pensar criticamente, resolver problemas e desenvolver soluções criativas. Eles também aprendem a trabalhar em equipe e a comunicar suas ideias de forma eficaz. O desenvolvimento dos alunos em atividades como a robótica não apenas promove habilidades práticas, mas também fomenta um ambiente propício para o desenvolvimento do pensamento computacional. Como defendido por Blikstein (2008, n.p.):

O pensamento computacional não se trata de saber navegar na internet, enviar e-mail, publicar um blog, ou operar um processador de texto. Pensamento computacional é saber usar o computador como um instrumento de aumento do poder cognitivo e operacional humano, ou seja, usar computadores, e redes de computadores, para aumentar nossa produtividade, inventividade e criatividade.

A citação do autor é fundamental para fundamentar a ideia de que o pensamento computacional não se limita à utilização de tecnologias, mas sim à capacidade de usá-las de maneira estratégica para potencializar o processo de aprendizagem e a criatividade dos aprendentes. Ao incorporar os conceitos do construcionismo, da robótica educacional e as habilidades do pensamento computacional, os professores podem oferecer aos alunos práticas educacionais enriquecedoras e oportunas, preparando-os para os desafios de um mundo cada vez mais tecnológico e interconectado.

A inclusão da robótica educacional no planejamento docente traz benefícios para os alunos como o desenvolvimento de habilidades e competências cognitivas e socioemocionais, tornando-os aptos a enfrentar os desafios do futuro e do mundo do trabalho. Estas considerações foram constatadas pela pesquisadora que, ao vivenciar a inclusão da robótica educacional no currículo escolar, verificou o desenvolver de habilidades do pensamento computacional, o raciocínio lógico e o entendimento da robótica educacional como meio para a criação de planos de aulas instigantes e significativos, possibilitando mudanças na prática pedagógica e no aprender dos alunos.

Estudar é também e sobretudo pensar a prática e pensar a prática é a melhor maneira de pensar certo. Desta forma, quem estuda não deve perder nenhuma oportunidade, em suas relações com os outros, com a realidade, para assumir uma postura curiosa. A de quem pergunta, a de quem indaga, a de quem busca (Freire, 1979a, p.11).

Neste contexto, a robótica educativa se alinha com as ideias de Paulo Freire, pois estimula os estudantes a pensar criticamente, a refletir sobre a prática, a adotar

uma postura curiosa e se relacionar com os outros e com a realidade. Por meio deste método educacional, os alunos têm a oportunidade de desenvolver habilidades essenciais para a aprendizagem e para uma participação ativa na sociedade. Blikstein (2016) reforça isso ao relacionar a educação emancipadora de Paulo Freire e suas relações com a prática da robótica educacional:

Para estar ativamente engajado em ler e transformar o mundo, é preciso ter as ferramentas necessárias. O poder da linguagem, foco da maioria dos projetos freireanos, é evidente por si só: ele nos permite enunciar os problemas que nos cercam, discutir soluções, interagir, debater e, possivelmente, propor soluções. Mas a linguagem não é necessariamente o único veículo de articulação do desejo e da ação de mudança. Um outro meio é permitir que as pessoas projetem dispositivos, invenções, ou soluções, utilizando o conhecimento proveniente da ciência e da tecnologia, e, em seguida, que usem a linguagem para melhorar esses dispositivos por meio da interação crítica com seus companheiros de projeto.

Dessa forma, o autor reforça a ideia de que a tecnologia não apenas ajuda, mas também abre novas perspectivas de aprendizagem e transformação social. Isso ocorre quando os alunos encontram soluções usando conhecimentos científicos e tecnológicos e dialogam criticamente para aprimorá-los, conectando-se diretamente aos princípios da educação crítica e emancipatória de Paulo Freire.

A robótica educativa plugada, na maioria das vezes, vale-se de software para programar a placa controladora, com isso torna-se necessário a utilização de computadores. Papert (1985), referindo-se a linguagem de programação LOGO, idealizada por ele e sendo uma das primeiras formas de trazer a robótica para a sala de aula, diz que o uso do computador com autoria proporciona ao aluno trabalhar também com os erros, ou “bugs”, o que possibilita refletir sobre o fazer e, dessa forma, aprender a aprender.

E ao ensinar o computador a “pensar”, a criança embarca numa exploração sobre a maneira como ela própria pensa. Pensar sobre modos de pensar faz a criança tornar-se um epistemólogo, uma experiência que poucos adultos tiveram (Papert, 1985, p. 35).

O autor destaca como ensinar o computador a “pensar” dá às crianças uma oportunidade única de explorar e entender seus próprios processos cognitivos. Assim, ao interagir de forma construtiva com a tecnologia, os aprendentes não só adquirem habilidades técnicas, mas também ampliam seu desenvolvimento cognitivo e epistemológico. Essa experiência acaba fazendo com que o aluno reflita sobre seus próprios processos mentais, levando-o a compreender melhor como ele aprende, como toma decisões e como soluciona problemas.

Mas quando se aprende a programar um computador dificilmente se acerta na primeira tentativa. Especialmente em programação e aprender a se tornar altamente habilitado a isolar e corrigir bugs, as partes que impedem o funcionamento desejado do programa. A questão a ser levantada a respeito do programa não é se ele está certo ou errado, mas se ele é executável. (...) Refletir sobre a aprendizagem por analogia com o desenvolvimento de um programa é uma maneira acessível e poderosa de começar a ser mais articulado em suas próprias estratégias de debugging e mais deliberado em aperfeiçoá-las (Papert, 1985, p. 40).

Ao estabelecer uma similaridade entre a aprendizagem e o desenvolvimento de um programa, Papert (1985) sugere que, assim como os programadores identificam e corrigem erros em seus códigos, ao analisar e aprender com esses processos, podemos nos tornar mais conscientes e eficientes em corrigir nossas falhas e aprimorar nosso processo de aprendizado.

A robótica educacional é trabalhada em sala de aula para ensinar aos alunos sobre programação, engenharia e outros campos STEAM e habilidades relacionadas, como pensamento crítico, resolução de problemas, criatividade e colaboração. Campos (2019, p.28), sustenta que:

[...] a utilização de instrumentos robóticos na educação (infantil, fundamental, média e superior) recebe o nome de robótica pedagógica ou educacional, que consiste na utilização de aspectos/abordagens da robótica industrial em um contexto no qual as atividades de construção, automação e controle de dispositivos robóticos propiciam aplicação concreta de conceitos, em um ambiente de ensino e de aprendizagem.

Um dos objetivos da robótica educacional é fornecer aos alunos oportunidades de aprendizado prático e experimental que despertem sua curiosidade e fomentem seu interesse em assuntos relacionados a Ciências, Tecnologia, Engenharia, Artes e Matemática (STEAM). A robótica educativa é um estímulo para a participação cada vez maior de meninas, que, na sua maioria, optam por carreiras ligadas à área das humanas e hoje despertam interesse pelas ciências e engenharias.

Para Valente (2018, p. 12):

A robótica educacional está numa etapa da construção de conhecimento que requer a reflexão e a articulação entre os diferentes protagonistas do processo de aprendizagem, apelando a metodologias diferenciadoras, a diferente organização dos espaços de aprendizagem e ao desenvolvimento de trabalho colaborativo e inclusivo baseado em projetos.

O autor destaca que a robótica educacional se encontra em um momento de desenvolvimento, onde a colaboração e a reflexão crítica entre todos os envolvidos no processo de ensino-aprendizagem são essenciais. A utilização da teoria de aprendizagem construcionista, o trabalho colaborativo, inclusivo e baseado em projetos confirma a inserção da robótica educacional como prática pedagógica

envolvente e instigante, devolvendo aos discentes o interesse pela educação e sua permanência na escola.

Um dos primeiros exemplos de robótica educacional foi a linguagem de programação LOGO, desenvolvida nos anos 1960 por Seymour Papert (1986) e seus colegas do Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT). Nas décadas de 1980 e 1990, várias empresas começaram a produzir kits de robótica educacional para uso em sala de aula, com o auxílio de computadores para desenvolver a programação, uma das mais populares foi a LEGO *Mindstorms*, que permitia aos alunos construir e programar robôs usando blocos LEGO e uma linguagem de programação gráfica. Desde então, a robótica educacional não parou de evoluir, com novos robôs e linguagens de programação sendo desenvolvidos a todo momento. Diversas instituições de ensino aderiram à robótica educacional, criaram competições regionais e torneios de robótica nacionais e internacionais. Com a implantação desta prática pedagógica, os alunos aprendem sobre robótica, testam suas habilidades e desenvolvem outras, enquanto professores podem se valer de kits robóticos para tornarem mais atrativas suas aulas, independente do componente curricular que ministram. A robótica está sendo cada vez mais usada em ambientes educacionais, com evidências crescentes de que essa prática pedagógica ajuda a inspirar e envolver os estudantes no aprendizado. Em linhas gerais, a robótica educacional envolve programação nas mais diversas linguagens, além de construção e operação de robôs, uso de sucatas, placas controladoras e kits de robótica. É uma forma entusiasmante para os alunos aprenderem acerca de codificação, engenharia e a desenvolverem habilidades, vivenciarem a resolução de problemas, além de desenvolverem o raciocínio lógico e matemático, com a dinâmica de trabalho em equipe e, sobretudo, com muito entusiasmo.

Para as escolas trabalharem com os alunos a robótica educacional é preciso que o corpo docente esteja apto à utilização das tecnologias digitais, para melhor mediar o aprendizado dos estudantes. Isso se torna possível por meio de formações docentes principalmente na educação STEAM com o apoio da robótica educativa.

Em relação aos avanços tecnológicos, Freire (2000, p.100) sustenta que “outro dado do momento atual nos contextos que sofrem o impacto da modernização tecnológica é a exigência que se coloca de decisões rápidas e variadas a desafios inesperados”. Esta afirmação deixa claro que os desafios pelos quais a sociedade

passa e passará serão constantes, cabendo, assim, uma reflexão crítica por parte da sociedade, dos educadores e principalmente das autoridades da educação municipal, estadual e federal. Os avanços tecnológicos estão cada vez mais presentes, portanto, cabe aos governos, em todas as esferas, e a escola, como incentivadora do aprendizado para o futuro, promoverem e se apropriarem desses novos desafios providenciando capacitações para seu corpo docente e estando receptivos às novas metodologias de ensino e aprendizagem.

Com base nos conceitos e teorias descritos neste estudo e minha experiência na aplicação de práticas construcionistas em sala de aula, participação em projetos de implementação de robótica educacional nas escolas e atuação como juíza, em diversas categorias dos torneios de robótica, é possível destacar os benefícios da introdução da robótica na educação conforme segue:

- Encorajamento à educação STEAM: as aulas de robótica incentivam os alunos a se interessarem por áreas como ciência, tecnologia, engenharia e matemática.
- Desenvolvimento de competências para a resolução de problemas: a robótica requer que os alunos desenvolvam habilidades criativas, resolução de problemas e pensamento crítico para criar e projetar protótipos.
- Promoção da aprendizagem prática: a robótica é uma prática que permite aos alunos usarem os conceitos que aprendem na sala de aula de forma concreta, construindo seus protótipos.
- Melhoria na colaboração e no trabalho em equipe: os projetos de robótica encorajam os alunos a trabalharem em grupos, o que promove a comunicação, a cooperação e o relacionamento interpessoal.
- Criatividade: a robótica permite que os alunos desenvolvam sua criatividade e expressem suas ideias criando e construindo robôs.
- Preparação para o futuro: aprender sobre robótica permite que os aprendentes desenvolvam as habilidades do pensamento computacional e da programação, ajudando-os a se prepararem melhor para o mundo do trabalho.
- Aumento da confiança e da autoestima: as aulas de robótica ajudam os estudantes a desenvolverem confiança e autoestima à medida que completam projetos e veem os seus robôs ganharem vida.

Nesse sentido, a aplicação da robótica educacional nas escolas não apenas se compatibiliza com os princípios delineados por teóricos, pensadores e educadores construcionistas, destacados neste projeto de pesquisa, mas também se estabelece como uma via para proporcionar um ambiente educacional mais enriquecedor, significativo e eficaz preparando os alunos para os desafios do mercado de trabalho e para a vida em sociedade.

3.5.Revisão sistemática da literatura

Revisão sistemática da literatura é um processo rigoroso e abrangente para identificar, analisar e sintetizar evidências de pesquisa existentes sobre uma questão ou tópico de pesquisa. Como parte do presente estudo, é realizada uma revisão sistemática e aprofundada, abrangendo literatura publicada e não publicada, incluindo revistas científicas, conferências, entrevistas e outros repositórios de informações pertinentes.

Sobre a Revisão Sistemática da Literatura (RSL), Bertagnolli et al. (2021) sustentam que:

Com base em Kitchenham (2004), pode-se afirmar que uma RSL deve ser organizada em três etapas principais:

- a. planejamento – nesta etapa, devem ser definidos os seguintes itens: o objetivo e a(s) questão(ões) de pesquisa, a string de busca, os critérios de inclusão e exclusão e as bases onde a investigação será conduzida;
- b. condução da pesquisa – partindo-se da consulta em repositórios ou bases de dados, usando a string de busca, uma lista de estudos é identificada, e, usando esse conjunto de estudos, os critérios de inclusão e exclusão são aplicados, assim como a avaliação da qualidade de um estudo pode ser realizada, e a extração de dados das investigações pode ser selecionada;
- c. análise sistematizada dos resultados – nesta etapa, são organizadas descrições textuais ou esquemas de classificação, para os estudos que foram selecionados e analisados.

Neste estágio de reflexão teórica, buscamos fundamentação por meio de consulta a estudos prévios divulgados na literatura científica no Portal de Periódicos da CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), nas bases de dados da SCIELO (*Scientific Electronic Library Online*) e ERIC (*Education Resources Information Center*) tendo como descritores os termos: Robótica educacional, avaliação de artefatos robóticos, avaliação pedagógica da robótica educativa, critérios para rubrica de avaliação. Foram apurados 12 artigos publicados

entre 2004 e 2022 nos sites <https://catalogodeteses.capes.gov.br/>, <https://www.scielo.br/>, e <https://eric.ed.gov/> conforme quadro a seguir:

AUTOR	TÍTULO	OBJETIVO
<p>Arnan Sipitakiat, Paulo Blikstein, David P. Cavallo (2004)</p>	<p>GoGo Board: Augmenting Programmable Bricks for Economically Challenged Audiences⁹.</p>	<p>Artigo que apresenta a GoGo Board, uma placa microcontroladora de baixo custo que permite ao usuário participar ativamente de seu processo de produção. Discutimos o uso de sucatas eletrônicas como fontes de materiais de construção. Analisamos dois estudos de caso de projetos desenvolvidos no Brasil de 2002 a 2003. Especificamente, discutimos o aspecto do design do framework GoGo Board que permitiu a realização de diversos projetos de aprendizagem socialmente relevantes.</p>
<p>Arnan Sipitakiat, Paulo Blikstein, David P. Cavallo (2004)</p>	<p>The GoGo Board: Moving towards highly available computational tools in learning environments¹⁰.</p>	<p>Este artigo apresenta uma nova estrutura para lidar com a falta de disponibilidade de tecnologia em ambientes de aprendizagem, como escolas. A placa GoGo, uma placa microcontroladora de interface com o computador, é apresentada como uma instância do framework. São apresentadas observações preliminares sobre o uso e montagem da placa GoGo por professores de escolas no Brasil.</p>
<p>Paulo Cesar Gonçalves (2007)</p>	<p>Protótipo de um robô móvel de baixo custo para uso educacional.</p>	<p>A construção de um robô móvel utilizando a placa Gogo e componentes de baixo custo ou reaproveitados de sucata eletrônica, pode contribuir para o estudo e aplicação de ferramentas pedagógicas acessíveis à realidade das escolas brasileiras, podendo tais ferramentas serem utilizadas em situações de ensino-aprendizagem através da Robótica Educacional</p>

⁹ GoGo Board: Aumentando os blocos de programação para públicos com problemas econômicos.

¹⁰ GoGo Board: avançando em direção a ferramentas computacionais altamente disponíveis em ambientes de aprendizagem.

AUTOR	TÍTULO	OBJETIVO
Christina Paula de Camargo Curcio (2008)	Proposta de método de robótica educacional de baixo custo.	Este trabalho apresenta um método para a utilização da robótica educacional de baixo custo como ferramenta facilitadora do processo de ensino e aprendizagem apresentando uma metodologia adequada à utilização da robótica educacional. Isto requer pesquisa de recursos de hardware, utilizar software livre e desenvolver tutoriais para sua aplicação.
Renata Pitta Barros (2011)	Evolução, avaliação e validação do software RoboEduc.	Esta pesquisa avalia, valida e evolui o software RoboEduc, para trabalhar com a robótica educacional tendo como principal diferencial a programação de dispositivos robóticos em níveis, considerando as especificidades da realidade formativa.
Alessandro Vinícius Pereira Rolim de Araújo (2013)	Uma proposta de metodologia para o ensino de física usando robótica de baixíssimo custo.	Este trabalho tem como propósito apresentar uma metodologia baseada na teoria sócio interacionista de Lev Vygotsky, através de atividades investigativas, que integra o ensino de Física com a robótica, direcionadas para alunos do curso de licenciatura em Física.
Paulo Blikstein (2013)	Gears of Our Childhood: Constructionist Toolkits, Robotics, and Physical Computing, Past and Future ¹¹ .	Este estudo examina Kits de ferramentas baseados em microcontroladores e dispositivos de computação física que têm sido usados em ambientes educacionais há muitos anos para robótica, detecção ambiental, experimentação científica e arte interativa. Com base em uma análise histórica do desenvolvimento desses dispositivos, este estudo examina os princípios de design subjacentes às várias plataformas disponíveis para computação física e apresenta uma estrutura para

¹¹ Engrenagens da nossa infância: kits de ferramentas construcionistas, robótica e computação física, passado e futuro.

AUTOR	TÍTULO	OBJETIVO
		<p>analisar várias plataformas e seu uso na educação.</p>
<p>Silva, Kalhil e Nicot (2015)</p>	<p>Uma análise comparativa das abordagens metodológicas que podem sustentar a utilização das tecnologias no processo de ensino e aprendizagem de ciências.</p>	<p>Este artigo apresenta uma breve revisão da literatura sobre as abordagens metodológicas que podem sustentar o uso das tecnologias no processo de ensino e aprendizagem de ciências.</p>
<p>Carla da Costa Fernandes (2017)</p>	<p>Uma metodologia de avaliação automática para aulas de robótica educacional.</p>	<p>Criação de uma metodologia de avaliação dos alunos aulas de robótica educacional, aplicada com o auxílio de um simulador robótico, que permite que os professores definam os critérios de avaliação que serão utilizados e analisem os dados sobre a evolução dos alunos e da turma.</p>
<p>Anwar, S., Bascou, NA, Menekse, M., & Kardgar, A. (2019)</p>	<p>A Systematic Review of Studies on Educational Robotics¹².</p>	<p>Este artigo investiga a robótica educacional e seu impacto nas habilidades acadêmicas e sociais de jovens aprendizes. Os robôs educacionais são usados dentro e fora dos ambientes escolares para aumentar o interesse, o envolvimento e o desempenho acadêmico dos alunos do ensino fundamental e médio em vários campos da educação STEM. Alguns estudos anteriores mostram evidências dos benefícios gerais da robótica educacional como sendo eficazes no fornecimento de experiências de aprendizado impactantes.</p>

¹² Uma Revisão Sistemática de Estudos sobre Robótica Educacional.

AUTOR	TÍTULO	OBJETIVO
Saito, Daisuke; Yajima, Risei; Washizaki, Hironori; Fukazawa, Yoshiaki – Ciências da Educação (2021)	Validation of Rubric Evaluation for Programming Education ¹³ .	Este estudo, introduz um método estatístico para avaliar as características das rubricas usando o método de métrica de pergunta de meta (GQM). Propusemos um método para medir quatro resultados de avaliação e características obtidas a partir de rubricas desenvolvidas com esse método estatístico. Ao avaliar o desempenho da aprendizagem de habilidades de pensamento de programação, o método de usar uma rubrica que descreve os itens de avaliação e os estágios de avaliação é amplamente empregado.
Bowen-Mendoza, Lorena; Pinargote- Ortega, Maricela; Meza, Jaime; Ventura, Sebastián – Revista de Computação no Ensino Superior (2022)	Design of Peer Assessment Rubrics for ICT Topics ¹⁴ .	Este estudo explora o valor educacional das rubricas de avaliação por pares, analisando a qualidade da rubrica por meio do estudo da validade de conteúdo, confiabilidade e consistência interna. A avaliação por pares consiste na avaliação dos alunos pelos seus pares seguindo critérios ou rubricas fornecidas pelo professor, onde é especificada a forma de avaliar os alunos para que alcancem as competências pretendidas. A qualidade do instrumento de medida deve atender a dois critérios essenciais: validade e confiabilidade.

Quadro 1: Estudos correlatos

Fonte: a autora

A pesquisa realizada nas bases de dados CAPES, SCIELO e ERIC revelou uma vasta literatura sobre robótica educacional, avaliação de software, desenvolvimento de software e critérios para elaboração de rubricas de avaliação pedagógica em sala de aula. Contudo, não foram identificados estudos específicos que abordassem a avaliação pedagógica de artefatos de robótica educacional. Essa

¹³ Validação de rubrica de avaliação para educação em programação.

¹⁴ Design de rubricas de avaliação de pares para tópicos de TIC

lacuna na pesquisa evidencia o propósito deste estudo com a criação da *Roboscore*, uma rubrica de avaliação do potencial pedagógico de artefatos de robótica educacional a partir de uma perspectiva construcionista de aprendizagem.

3.6. Instrumento de avaliação

Para Hartman (2015, p.135) "a avaliação deve incluir objetivos mensuráveis, padrões e critérios específicos em relação aos quais o desempenho será avaliado". Por meio da avaliação, é possível obter dados e evidências que auxiliam na tomada de decisões informadas, na melhoria contínua e no desenvolvimento de estratégias pedagógicas mais eficazes. A utilização de abordagens baseadas em evidências científicas proporciona uma base sólida para avaliar o potencial pedagógico dos artefatos de robótica educacional a partir de uma perspectiva construcionista de aprendizagem. De acordo com a definição do autor, é possível afirmar que a avaliação é uma prática comum no campo da educação e da pesquisa e está fundamentada em princípios científicos, buscando fornecer uma análise objetiva e sistemática do desempenho, do progresso e do impacto de determinados fenômenos, como, por exemplo, o objeto de estudo desta pesquisa: a avaliação pedagógica de artefatos de robótica educacional.

A partir da análise do referencial teórico, buscou-se identificar quais princípios construcionistas podem ser utilizados para a análise pedagógica de artefatos de robótica educacional. Estes critérios serviram de base para o desenvolvimento do instrumento em formato de rubrica. Para Cardoso et al. (2017, p. 30):

Rubrica é um conjunto de critérios ou padrões usados para avaliar o desempenho... As rubricas podem ser analíticas ou holísticas. As analíticas examinam um componente do desempenho de cada vez; as holísticas examinam um grupo de componentes de desempenho. É importante mencionar que podem ser usadas para classificar qualquer produto.

A criação de uma rubrica para avaliação de artefatos de robótica educacional auxilia a garantir que os principais aspectos do artefato robótico sejam avaliados de maneira consistente e objetiva. A rubrica aqui proposta visa operacionalizar a avaliação pedagógica de artefatos de robótica educacional, a fim de que instituições de ensino possam avaliar o kit ou artefato robótico oferecido ou desejado e, a partir de sua funcionalidade pedagógica, efetivar a sua aquisição e adoção.

A seguir, apresentaremos uma análise detalhada dos critérios utilizados para criar a rubrica de avaliação do potencial pedagógico de artefatos de robótica educacional a partir de uma perspectiva construcionista de aprendizagem. Explicaremos a importância de cada um desses critérios demonstrando sua importância e como eles contribuem para a avaliação de artefatos robóticos.

4. CRITÉRIOS DA RUBRICA *ROBOSCORE*

Depresbiteris (1998, p. 166), afirma: "critério de avaliação é um princípio que se toma como referência para julgar alguma coisa. Parâmetro, padrão de julgamento, padrão de referência são alguns sinônimos de critério".

Sete critérios foram definidos pela pesquisadora com base no referencial teórico fundamentado no capítulo 4, considerando a viabilidade econômica, seu potencial pedagógico, a abrangência de diferentes faixas etárias, níveis de aprendizagem, nível de dificuldade para o professor se apropriar do artefato de robótica educacional e dependência de recursos externos. Assim definimos os seguintes critérios: nível de dificuldade para o professor se apropriar do artefato de robótica educacional, nível de dependência de recursos do artefato, nível do potencial criativo do artefato, versatilidade do artefato, interação com o ambiente, acessibilidade para diferentes idades e viabilidade econômica. Critérios estes que promovem a aprendizagem.

O instrumento em formato de rubrica, chamado *Roboscore*, desenvolvido em planilha eletrônica, conforme demonstrado no apêndice C, define os sete critérios de avaliação na primeira coluna. Na segunda, terceira e quarta colunas são definidos três níveis para o instrumento/rubrica, sendo eles: alta, média ou baixa. Na intersecção dos critérios com os níveis estão as descrições de cada nível de um determinado critério. Na linha abaixo dos critérios e níveis, uma célula em branco chamada "Pontuação" para a digitação da pontuação relacionada ao nível de cada critério, são eles: dois, três ou cinco pontos. Na parte superior da rubrica, após a pontuação dos sete critérios definidos, tem-se o resultado da avaliação do potencial pedagógico de artefatos de robótica educacional a partir de uma perspectiva construcionista de aprendizagem. O processo de criação da rubrica evoluiu para o protótipo de um app com todas as telas desenhadas no software figma, conforme demonstrado no apêndice G.

Para analisar e estabelecer a ponderação de cada critério foram consideradas as seguintes situações:

- Para o primeiro critério da rubrica - nível de dificuldade para o professor se apropriar do artefato de robótica educacional - caracterizamos um artefato para ser utilizado na educação básica tendo em vista um avaliador que nem sempre tem maturidade tecnológica mais apurada, por isso a baixa dificuldade foi o nível mais valorizado.
- Para o segundo critério - dependência de recursos do artefato - avaliamos a necessidade de recursos externos ao artefato para sua plena utilização, sendo a baixa dependência de suporte tecnológico adicional o mais valorizado.
- Terceiro critério - nível de potencial criativo do artefato - o critério alto potencial criativo recebe nível mais alto de pontuação na medida em que proporciona ampla gama de componentes e funcionalidades que favorecem a criação de novas tecnologias e funcionalidades tecnológicas.
- O quarto critério - versatilidade do artefato - considera o nível alta versatilidade como maior pontuação por ser altamente flexível e adaptável, oferecendo maiores possibilidades de utilização pedagógica em um currículo STEAM.
- Quinto critério - interação com o ambiente - o nível - alta interação - recebe o valor máximo 5 (cinco), por responder com maior potencialidade às entradas externas como barreira, som, umidade, luz, movimento, sendo capaz de interagir mais ativamente com o ambiente.
- Sexto critério - acessibilidade para diferentes idades - o nível "alta acessibilidade" recebe valor máximo por avaliar em que medida o artefato robótico é adequado e adaptável às habilidades, conhecimentos e capacidades de diferentes faixas etárias.
- Sétimo critério - viabilidade econômica - o nível "alta viabilidade" recebe valor máximo por apresentar valores condizentes a capacidade aquisitiva da instituição de ensino.

4.1. Justificativa para a criação dos critérios da rubrica *Roboscore*

Os critérios propostos neste instrumento, em formato de rubrica, foram criados com base nas diferentes abordagens educacionais trazidas no referencial teórico deste estudo como: o construcionismo, que valoriza a construção ativa do

conhecimento pelo aluno; as metodologias ativas, que envolvem a participação ativa dos alunos na aprendizagem; a educação STEAM, que integra ciência, tecnologia, engenharia, arte e matemática; a cultura *maker*, que incentiva a criação e a experimentação; e a aprendizagem criativa, que estimula a expressão da criatividade dos alunos e trabalha as atividades propostas com artefatos robóticos com a metáfora do "piso baixo" (primeiros passos no projeto) - "teto alto" (avanço no projeto) e "paredes amplas" (contato direto com as tecnologias digitais - neste estudo: kits de robótica educacional). Além da realidade das escolas públicas brasileiras, foi estabelecido um critério específico para que o artefato robótico avaliado não seja excludente. Reforçando a necessidade da robótica educacional ser inclusiva e equitativa, é fundamental que os artefatos sejam acessíveis economicamente, permitindo que escolas com diferentes condições financeiras possam adquiri-los. Dessa forma, mais alunos terão a oportunidade de se beneficiar das experiências educacionais proporcionadas pela robótica, promovendo a igualdade de acesso e oportunidades.

A seguir os critérios, suas definições e níveis da rubrica de avaliação do potencial pedagógico de artefatos de robótica educacional a partir de uma perspectiva construcionista de aprendizagem:

1) Nível de dificuldade para o professor se apropriar do artefato de robótica educacional: Avalia a dificuldade para o professor se apropriar do artefato de robótica educacional para utilizá-lo como recurso pedagógico em seu plano de trabalho docente.

- a) Baixa dificuldade: O artefato é de simples compreensão, fornece suporte para o professor, como documentação completa e detalhada.
- b) Média dificuldade: O artefato é relativamente simples e pode ser utilizado por professores com conhecimentos básicos de robótica educacional. O artefato fornece suporte suficiente para o professor, como documentação completa e detalhada
- c) Alta dificuldade: O artefato é complexo e requer conhecimentos e habilidades específicas do professor para ser utilizado, como conhecimentos de programação, eletrônica ou mecânica. O artefato não fornece suporte suficiente para o professor, como documentação completa e detalhada.

2) Dependência de recursos do artefato: Avalia a capacidade do artefato robótico educacional de funcionar e realizar tarefas sem o auxílio de tecnologias de suporte adicionais.

- a) Baixa dependência: O artefato robótico educacional é capaz de realizar tarefas de forma autônoma, com pouca ou nenhuma intervenção de outras tecnologias.
- b) Média dependência: O artefato robótico educacional possui algumas capacidades autônomas, mas ainda requer o uso de outras tecnologias associadas para realizar tarefas.
- c) Alta dependência: O artefato robótico educacional requer um alto nível de uso de outras tecnologias associadas para realizar as tarefas.

3) Nível de potencial criativo do artefato: Avalia se o artefato robótico educacional leva em consideração a quantidade de peças, o leque de funcionalidades e o potencial de customização e programação para ser utilizado numa diversidade maior de projetos.

- a) Baixo potencial: O artefato robótico educacional é simples, com poucos componentes e funcionalidades básicas.
- b) Médio potencial: O artefato robótico educacional possui uma quantidade moderada de componentes e funcionalidades, permitindo um certo grau de customização e programação.
- c) Alto potencial: O artefato robótico educacional é altamente complexo, com uma ampla gama de componentes e funcionalidades avançadas, oferecendo possibilidades de customização e programação avançada.

4) Versatilidade do artefato: Avalia a capacidade do artefato robótico educacional ser utilizado em uma variedade de contextos pedagógicos, projetos e tarefas.

- a) Baixa versatilidade: O artefato robótico educacional tem um escopo limitado de uso pedagógico (exemplo trabalha só com movimento e não trabalha com múltiplos sensores).

- b) Média versatilidade: O artefato robótico educacional pode ser utilizado em diferentes contextos e tem um escopo variado na utilização pedagógica.
- c) Alta versatilidade: O artefato robótico educacional é altamente flexível e adaptável, e oferece ampla gama de possibilidades de utilização pedagógica.

5) Interação com o ambiente: Avalia o quanto o artefato robótico educacional pode reconhecer, compreender e responder a entradas externas, como barreiras, sons, luzes, movimentos e outros dados ambientais.

- a) Baixa interação: O artefato robótico educacional tem uma interação limitada com o ambiente externo, com poucos sensores e pouca capacidade de detecção.
- b) Média interação: O artefato robótico educacional possui sensores básicos e capacidades de detecção para interagir com o ambiente de forma limitada.
- c) Alta interação: O artefato robótico educacional é capaz de interagir ativamente com o ambiente, por meio de uma ampla gama de sensores e capacidades de detecção.

6) Acessibilidade para diferentes idades: Avalia em que medida o artefato robótico é adequado e adaptado às diferentes habilidades, conhecimentos e capacidades de diferentes faixas etárias.

- a) Baixa acessibilidade: O artefato robótico educacional é adequado apenas para faixas etárias específicas, com recursos e interfaces complexas.
- b) Média acessibilidade: O artefato robótico educacional pode ser usado por um público amplo, com recursos e interfaces adaptáveis para diferentes idades.
- c) Alta acessibilidade: O artefato robótico educacional é adequado para uma ampla faixa etária, com recursos e interfaces intuitivos e adaptáveis.

7) Viabilidade econômica: Avalia a capacidade do artefato robótico educacional de ser adquirido por um grande público, apesar de seus recursos ou restrições financeiras.

- a) Baixa viabilidade: O artefato robótico educacional não é acessível economicamente.
- b) Média acessibilidade: O artefato robótico educacional é medianamente acessível economicamente.
- c) Alta viabilidade: O artefato robótico educacional é economicamente acessível.

A partir do que foi exposto, vamos analisar minuciosamente os critérios que compõem a rubrica de avaliação do potencial pedagógico de artefatos de robótica educacional a partir de uma perspectiva construcionista de aprendizagem. Esses critérios estão fundamentados nos autores alinhados ao conceito construcionista de aprendizagem, mencionados na base teórica deste estudo no capítulo três. A seguir, exploraremos cada um dos sete critérios:

- O critério **nível de dificuldade para o professor se apropriar do artefato de robótica educacional** avalia a dificuldade para o professor se apropriar do artefato para utilizá-lo como recurso pedagógico em seu plano de trabalho docente. Este critério foi pensado e inserido na rubrica de acordo com o pensamento de Fagundes (2005) ao dizer que a capacitação docente com experiências similares às que proporcionarão aos alunos garante maior efetividade na aprendizagem.
- Os critérios **interação com o ambiente**, que avalia o quanto o artefato robótico educacional pode reconhecer, compreender e responder a entradas externas, como barreiras, sons, luzes, movimentos e outros dados ambientais, e o critério **dependência de recursos do artefato**, avaliando a capacidade do artefato robótico educacional de funcionar e realizar tarefas sem o auxílio de tecnologias de suporte adicionais foram criados a partir do conceito do movimento maker que oferece uma alternativa inovadora para a educação, priorizando a criatividade, a experimentação e a resolução de problemas de forma prática e colaborativa conforme afirmam Raabe e Gomes (2018).

- Moran (2018) sustenta que as metodologias ativas colocam o aluno no comando da sua aprendizagem, priorizando a prática e a colaboração. A integração das metodologias ativas com a robótica educacional potencializa a aprendizagem, envolvendo os alunos em experiências práticas que estimulam a criatividade. Com base nesse conceito foi pensado o critério **versatilidade do artefato**, o qual avalia a capacidade do artefato robótico educacional ser utilizado em uma variedade de contextos pedagógicos, projetos e tarefas.
- Os 4 Ps da aprendizagem criativa, Resnick (2020), promovem um ambiente de aprendizado colaborativo, significativo e divertido, onde os alunos se tornam protagonistas de seu aprendizado. A aprendizagem criativa de Resnick nos fez pensar no critério **nível de potencial criativo do artefato**, que avalia se o artefato robótico leva em consideração a quantidade de peças, o leque de funcionalidades e o potencial de customização e programação para ser utilizado numa diversidade maior de projetos.
- Bacich e Holanda (2022) sustentam que: "um projeto STEAM, os estudantes investigam e constroem soluções para problemas reais, colocando em prática conhecimentos de diferentes áreas", trazendo inspiração para a criação do critério **acessibilidade para diferentes idades** o qual avalia em que medida o artefato robótico é adequado e adaptado às diferentes habilidades, conhecimentos e capacidades de diferentes faixas etárias, pois, os aprendentes são desafiados a resolver problemas do mundo real, aplicando conhecimentos de diversas disciplinas para encontrar soluções inovadoras.
- O critério **viabilidade econômica**, que avalia a capacidade do artefato robótico educacional de ser adquirido por um grande público, apesar de seus recursos ou restrições financeiras, foi baseado em Blikstein (2023) que destaca a importância de tornar a robótica educacional acessível a todos os aprendentes, independentemente de sua origem socioeconômica.

4.2. Resultados da coleta de dados

A seguir apresentamos os resultados de uma pesquisa com trinta e sete respondentes do questionário, todos professores com experiência em robótica educacional, tanto de escolas públicas quanto privadas, disponível no apêndice B desta pesquisa, sobre a relevância de cada um dos sete critérios que compõem a

rubrica para a avaliação do potencial pedagógico de artefatos de robótica educacional a partir de uma perspectiva construcionista de aprendizagem:

- **Critério 1: Nível de dificuldade para o professor se apropriar do artefato de robótica educacional** – avalia a relevância do critério para o professor se apropriar do artefato de robótica educacional para utilizá-lo como recurso pedagógico em seu plano de trabalho docente para intervenção pedagógica construcionista.

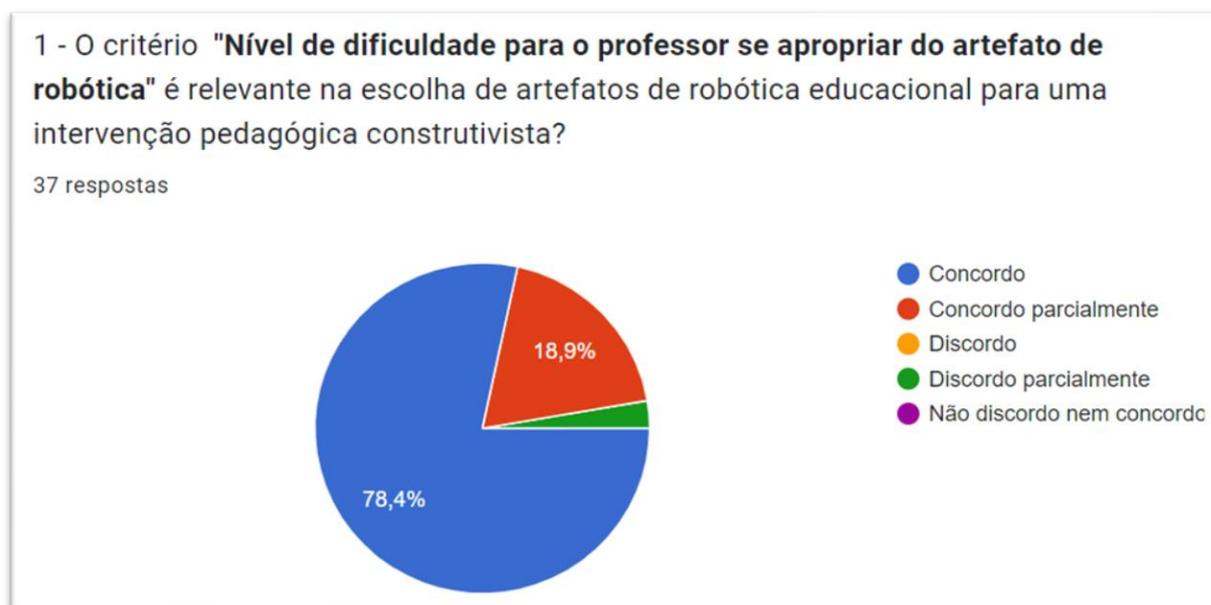


Figura 11: Critério "nível de dificuldade para o professor se apropriar do artefato de robótica".
Fonte: Google forms.

O gráfico acima ilustra os resultados de uma pesquisa com 37 professores sobre a relevância do critério "Nível de dificuldade para o professor se apropriar do artefato de robótica" constar no instrumento em formato de rubrica. Analisando o gráfico temos como resultado:

- 78,4% dos participantes concordam com a relevância do critério.
- 18,9% concordam parcialmente.

A análise dos dados revela que a grande maioria dos participantes, 97,7%, considera o critério "nível de dificuldade para o professor se apropriar do artefato de robótica" relevante ou parcialmente relevante para constar na rubrica para avaliação do potencial pedagógico de artefatos de robótica educacional a partir de uma perspectiva construcionista de aprendizagem. Apenas uma minoria discorda parcialmente da relevância do critério.

- **Critério 2: dependência de recursos do artefato** – critério que avalia a capacidade do artefato robótico de funcionar e realizar tarefas sem o auxílio de tecnologias de suporte adicionais como computadores, softwares, Internet.

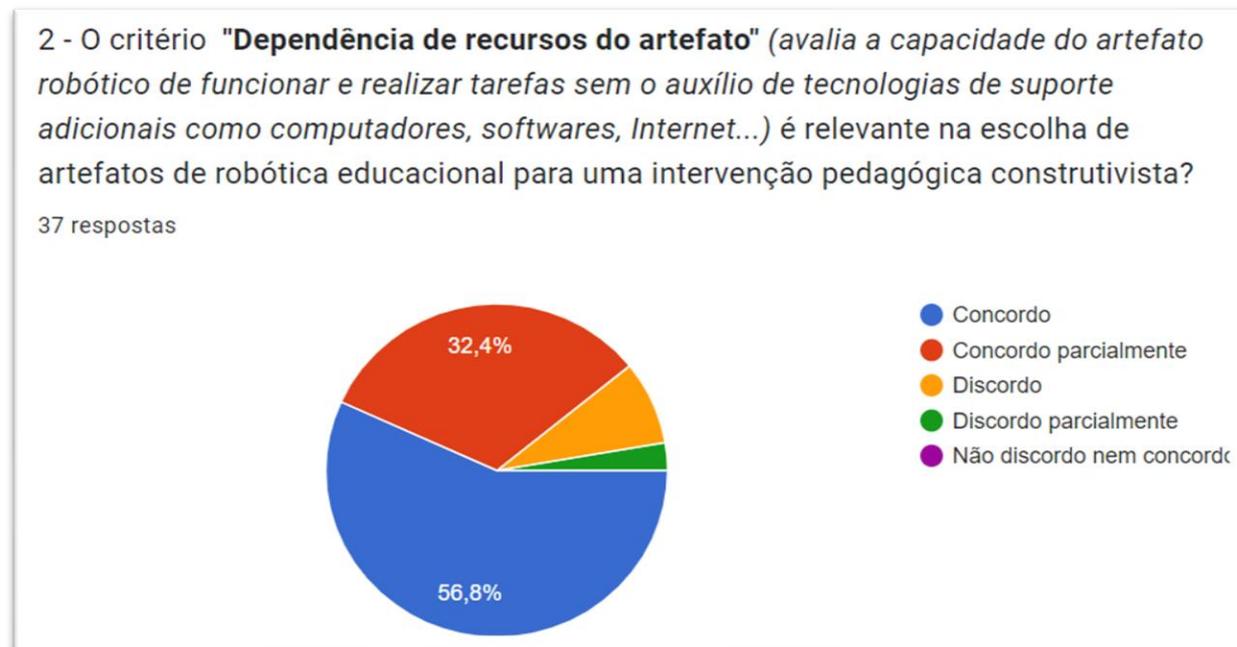


Figura 12: Critério "dependência de recursos do artefato".

Fonte: Google forms.

O gráfico apresentado ilustra a opinião de um grupo de pessoas sobre a relevância do critério "Dependência de Recursos do Artefato" para compor a rubrica de avaliação do potencial pedagógico de artefatos de robótica educacional a partir de uma perspectiva construcionista de aprendizagem, obtivemos os seguintes resultados:

- 56,8% concordam com a importância deste critério estar presente na rubrica de avaliação de artefatos robóticos.
- 32,4% concordam parcialmente com a importância deste critério estar presente na rubrica.
- Um pequeno percentual não discorda nem concorda sobre a importância deste critério.

A análise dos dados revela que, a maioria dos participantes reconhece a importância do critério "dependência de recursos do artefato" constar na rubrica de avaliação de artefatos robóticos. Os dados demonstram que o critério em questão possui relevância para a maioria dos participantes, 89,2%, permanecendo sua inclusão na rubrica de avaliação de artefatos robóticos.

- **Critério 3: nível de potencial criativo do artefato** – neste critério pretendemos avaliar se o artefato robótico leva em consideração a quantidade de peças, o leque de funcionalidades e o potencial de customização e programação para ser utilizado numa diversidade maior de projetos.



Figura 13: Critério "nível de potencial criativo do artefato".
Fonte: Google forms.

O gráfico apresentado ilustra a opinião de um grupo de pessoas sobre a relevância do critério "Nível de potencial criativo do artefato" para compor a rubrica de avaliação do potencial pedagógico de artefatos de robótica educacional a partir de uma perspectiva construcionista de aprendizagem, obtivemos os seguintes resultados:

- 73% concordam com a importância deste critério estar presente na rubrica de avaliação de artefatos robóticos.
- 18,9% concordam parcialmente com a importância deste critério estar presente na rubrica.

A alta porcentagem de participantes que concordaram total ou parcialmente com a afirmação (91,9%) indica que o nível de potencial criativo é um fator importante na escolha de artefatos de robótica educacional para a maioria dos participantes da pesquisa e, portanto, deve constar na rubrica de avaliação do potencial pedagógico de artefatos de robótica educacional a partir de uma perspectiva construcionista de aprendizagem.

- **Critério 4: versatilidade do artefato** – este critério avalia a capacidade do artefato robótico educacional ser utilizado em uma variedade de contextos pedagógicos, projetos e tarefas.

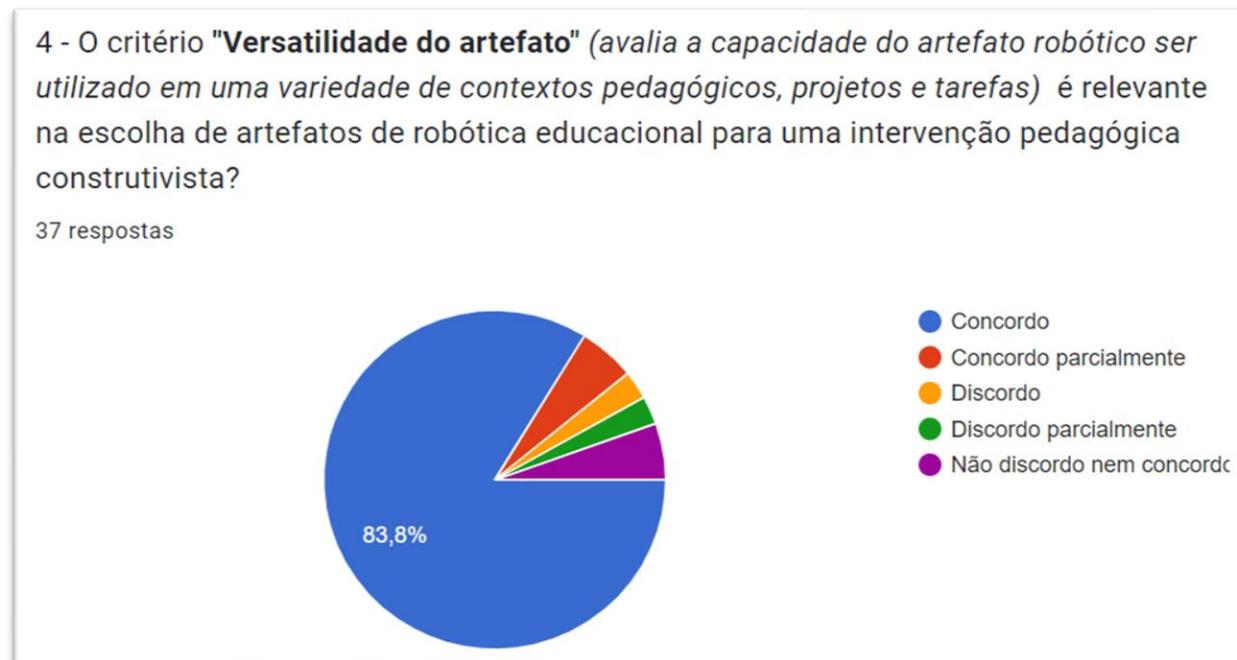


Figura 14: Critério "versatilidade do artefato robótico".

Fonte: Google forms

O gráfico apresentado ilustra a opinião de 37 pessoas sobre a importância do critério Versatilidade do artefato compor a rubrica de avaliação de artefatos robóticos, como resultado temos:

- 83,8% dos participantes concordam ou concordam parcialmente com a importância da versatilidade do artefato na seleção de recursos para intervenções pedagógicas construcionistas.
- As demais respostas discordam ou discordam parcialmente ou não têm opinião formada sobre a relevância deste critério constar na rubrica.

A pesquisa indica que a versatilidade é um critério importante na escolha de artefatos robóticos para intervenções pedagógicas com caráter construcionista.

- **Critério 5: interação com o ambiente** – este critério avalia o quanto o artefato robótico educacional pode reconhecer, compreender e responder a entradas externas, como barreiras, sons, luzes, movimentos e outros dados ambientais.

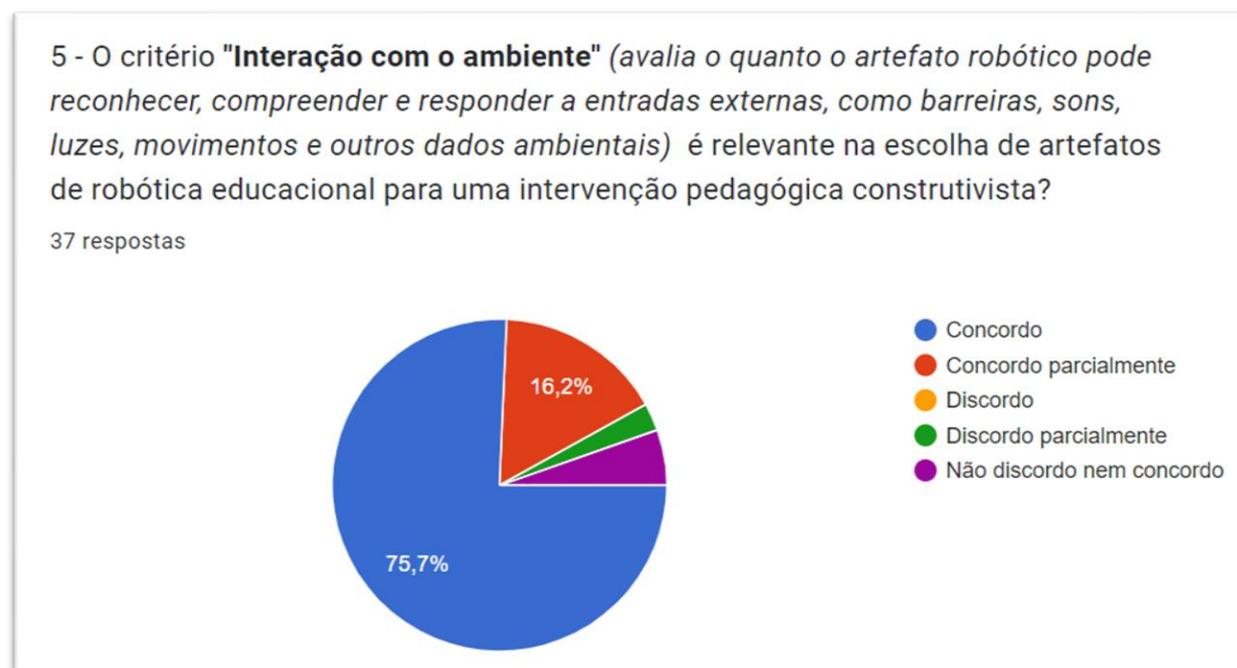


Figura 15: Critério "Interação com o ambiente".
Fonte: Google forms

Para o critério Interação com o ambiente temos os seguintes resultados sobre a importância deste critério para a avaliação dos artefatos robóticos:

- 75,7% dos participantes concordam que a interação com o ambiente é um critério relevante na escolha de artefatos de robótica educacional.
- 16,2% dos participantes concordam parcialmente com a relevância do critério.
- Os demais respondentes discordam parcialmente ou não têm opinião formada sobre a importância deste critério constar na rubrica.

A maioria dos participantes (91,9%) reconhece a importância deste critério, indicando que os participantes compreendem que a capacidade do artefato robótico responder, reconhecer e compreender entradas externas, é relevante para o aprendizado construcionista, pois permite que os alunos desenvolvam habilidades como pensamento crítico, resolução de problemas entre outras.

- **Critério 6: acessibilidade para diferentes idades** – critério que avalia em que medida o artefato robótico é adequado e adaptado às diferentes habilidades, conhecimentos e capacidades de diferentes faixas etárias.

6 - O critério "**Acessibilidade para diferentes idades**" (avalia em que medida o artefato robótico é adequado e adaptado às diferentes habilidades, conhecimentos e capacidades de diferentes faixas etárias para intervenções pedagógicas e andragógicas) é relevante na escolha de artefatos de robótica educacional para uma intervenção pedagógica construtivista?

37 respostas

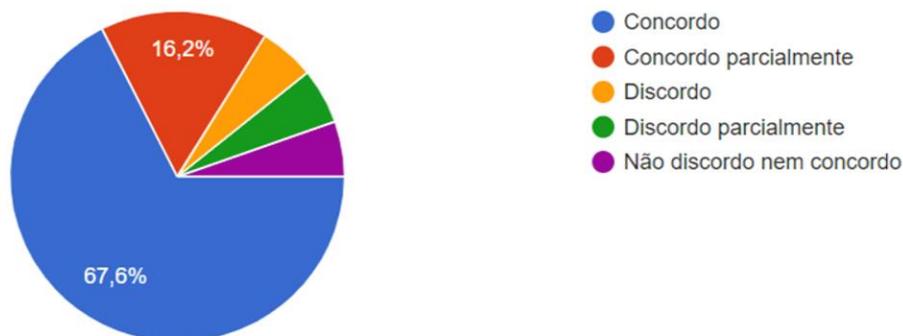


Figura 16: Critério "acessibilidade para diferentes idades".

Fonte: Google forms

A pesquisa retornou os seguintes resultados:

- Concordo: 67,6%
- Concordo parcialmente: 16,2%

Podemos concluir que a maioria dos respondentes concorda que a acessibilidade para diferentes idades é importante na escolha de artefatos robóticos para intervenções construcionistas. Os dados demonstram que o critério em questão possui relevância para a maioria dos participantes, 83,8%, permanecendo sua inclusão na rubrica de avaliação de artefatos robóticos.

- **Critério 7: viabilidade econômica** – este critério avalia a capacidade do artefato robótico educacional de ser adquirido por um grande público, apesar de seus recursos ou restrições financeiras.

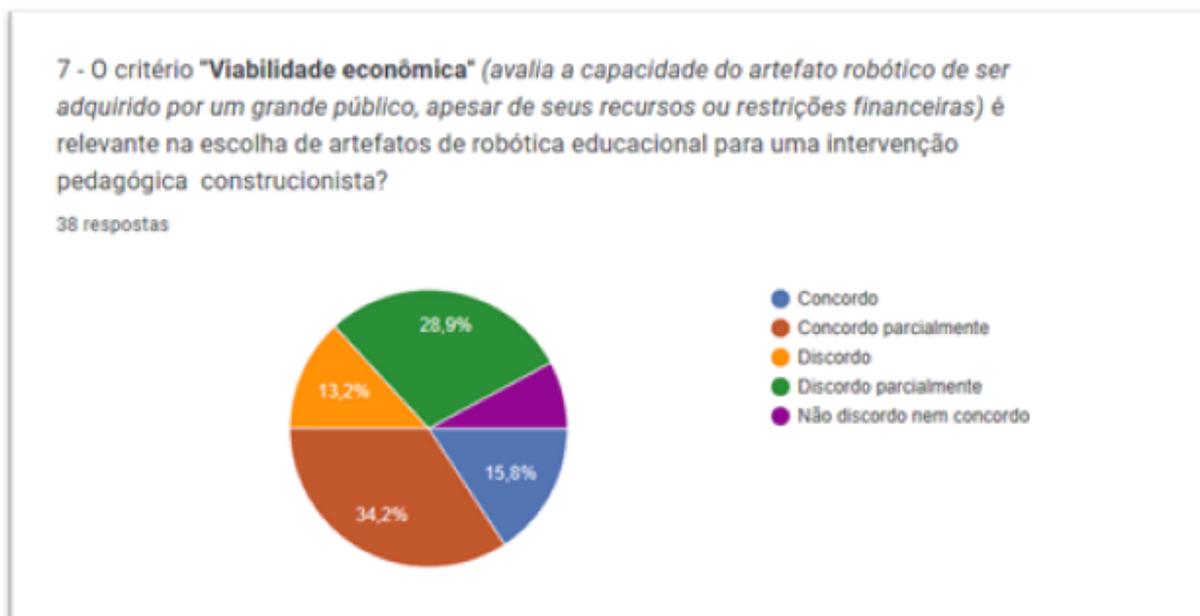


Figura 17: Critério "viabilidade econômica".

Fonte: Google forms

O gráfico apresentado mostra os resultados de uma pesquisa sobre a relevância do critério "Viabilidade econômica" constar na rubrica de avaliação de artefatos robóticos. A pesquisa foi respondida por 37 pessoas, e as opções de resposta foram:

- Concordo: 15,8%
- Concordo parcialmente: 34,2%
- Discordo: 13,2%
- Discordo parcialmente: 28,9%

É importante considerar o público-alvo da pesquisa e o contexto em que a avaliação será utilizada. O peso da viabilidade econômica pode variar em diferentes cenários. Por exemplo, as escolas públicas geralmente possuem orçamentos limitados, e a compra de artefatos robóticos para a inserção da robótica educacional na escola pode ser um investimento significativo. Por esse motivo, apesar dos números não terem sido favoráveis, optamos por considerar este critério na rubrica de avaliação do potencial pedagógico de artefatos de robótica educacional a partir de uma perspectiva construcionista de aprendizagem.

O resultado da pesquisa realizada com educadores, que se utilizam da robótica educacional como uma abordagem promissora de aprendizado, teve a última questão do questionário aberta, permitindo aos respondentes sugerir critérios que

considerassem relevantes para comporem a rubrica. As respostas foram variadas, sem um consenso claro. Assim, o instrumento em formato de rubrica para a avaliação do potencial pedagógico de artefatos de robótica educacional a partir de uma perspectiva construcionista de aprendizagem, foi desenvolvido com sete critérios: dificuldade para o professor se apropriar, dependência de recursos do artefato, nível do potencial criativo do artefato, versatilidade do artefato, versatilidade do artefato, interação com o ambiente, acessibilidade para diferentes idades e viabilidade econômica.

Após o resultado da pesquisa com os educadores sobre a relevância de cada critério para compor a rubrica, esta foi finalizada. Na sequência a pesquisadora avaliou três artefatos de robótica educacional, de acordo com os critérios, de caráter construcionista, estabelecidos na rubrica. Os artefatos com potencial pedagógico foram fornecidos a professores das Escolas SESI do Rio Grande do Sul, para turmas do contraturno escolar e do primeiro ano do ensino médio, para ser utilizado com caráter construcionista, primando pela participação e colaboração entre os pares e com a resolução de uma situação problema previamente definida no plano de aula do professor. A intervenção ocorreu em turmas cujos planos de aulas se valem da robótica educacional na resolução de situação problema prevista, com o uso dos artefatos robóticos previamente avaliados pela pesquisadora. No término da aula o educador recebeu um questionário online para a validação dos artefatos robóticos utilizados durante sua aula. Valendo-se das respostas recebidas realizou-se a análise dos dados e a geração do relatório, permitindo, assim, validar a rubrica comparando os resultados obtidos com o instrumento e os resultados verificados em campo.

4.3. Aplicação da avaliação do artefato robótico

Os valores quantitativos são uma referência para classificar os artefatos de robótica educacional com base nos critérios estabelecidos. A matemática auxilia no sentido que os critérios mais decisivos para compra e adoção dos artefatos robóticos educacionais têm valores diferenciados.

Para a avaliação do artefato robótico a rubrica tem como pontuação máxima trinta e cinco (35) pontos sendo a maior pontuação que um artefato de robótica educacional pode receber, enquanto quatorze (14) pontos é a menor pontuação. O

cálculo parte do princípio de que cada critério pode ter avaliação mínima de dois (2) pontos e máxima de cinco (5) pontos.

- O atingimento de uma avaliação menor que sessenta por cento (60%), ou seja, uma pontuação menor que 21 (vinte e um) na rubrica, o artefato robótico não é considerado viável pedagogicamente, pois, não satisfaz minimamente os critérios de avaliação da rubrica proposta.
- A avaliação maior ou igual a sessenta por cento e menor que setenta e cinco por cento ($\geq 60\%$ a $< 75\%$), representado na rubrica por pontuação maior ou igual a vinte e um, e menor que vinte e seis pontos e um quarto (≥ 21 a $< 26,25$), o artefato robótico é viável pedagogicamente para a faixa etária maior ou igual a seis anos a menor que quatorze anos (≥ 6 anos e < 14 anos), pois oferece recursos adequados para a etapa inicial da robótica educacional plugada, com crianças e adolescentes desta faixa etária.
- Artefatos robóticos avaliados com percentual maior ou igual a setenta e cinco ($\geq 75\%$) representando uma pontuação maior ou igual a vinte e seis pontos e um quarto ($\geq 26,25$), o artefato robótico é viável pedagogicamente para qualquer faixa etária, na medida que oferece recursos para o desenvolvimento de projetos com maior diversidade.

A interpretação da pontuação final leva em consideração o contexto pedagógico com caráter construcionista e os objetivos da avaliação de artefatos de robótica educacional e seu potencial pedagógico. O questionário, com o retorno dos professores que fizeram uso dos artefatos robóticos previamente avaliados, permitiu avaliar o alinhamento dos artefatos de robótica com os princípios construcionistas e verificar que os critérios da rubrica foram confirmados na prática.

4.4. Método de aplicação da rubrica

A avaliação do artefato robótico, por meio da rubrica desenvolvida, deve ser conduzida por um profissional com formação tanto pedagógica quanto em tecnologias digitais, com experiência na condução de aulas ou oficinas dedicadas à robótica educativa, permitindo uma análise completa, considerando os aspectos pedagógicos e tecnológicos do artefato analisado.

Para avaliar o potencial pedagógico de artefatos de robótica educacional sob uma perspectiva construcionista de aprendizagem, utilize a rubrica constituída por sete critérios. Cada critério deverá ser avaliado somente com as pontuações (2, 3 ou 5), no campo indicado na rubrica, conforme orientações a seguir:

1. Primeiro, avalie o nível de dificuldade para o professor se apropriar do artefato de robótica educacional: a pontuação 2 refere-se a opção "alta dificuldade de apropriação", sendo o artefato complexo que requer conhecimentos e habilidades específicos do professor para ser utilizado, como conhecimentos de programação, eletrônica ou mecânica, o valor de pontuação 3 é utilizado para média dificuldade, sendo artefato relativamente simples que pode ser utilizado por professores com conhecimentos básicos de robótica educacional. Por fim, a pontuação 5 pode ser aplicada quando o artefato for de simples compreensão, fornecendo suporte para o professor, como documentação completa e detalhada.
2. A avaliação da dependência de recursos do artefato, ou seja, a capacidade do artefato de robótica educacional funcionar e realizar tarefas sem o auxílio de tecnologias de suporte adicionais. A pontuação 5 refere-se a baixa dependência, sendo o artefato robótico educacional capaz de realizar tarefas de forma autônoma, com pouca ou nenhuma intervenção de outras tecnologias, a pontuação 3 é utilizado para a média dependência, sendo o artefato robótico educacional detentor de algumas capacidades autônomas, mas ainda requer o uso de outras tecnologias associadas para realizar tarefas. Por fim, o valor 2 é aplicado para a opção de alta dependência, quando o artefato robótico educacional requer um alto nível de uso de outras tecnologias associadas para realizar as tarefas.
3. O próximo passo é avaliar o nível do potencial criativo do artefato, neste critério você avaliará se o artefato robótico educacional leva em consideração a quantidade de peças, o leque de funcionalidades e o potencial de customização e programação para ser utilizado numa diversidade maior de projetos. Digite 2 para artefatos com baixo potencial, sendo que o artefato robótico educacional é simples, com poucos componentes e funcionalidades básicas. O valor 3 corresponde ao médio potencial, quando o artefato robótico educacional possui uma quantidade moderada de componentes e funcionalidades, permitindo um

certo grau de customização e programação. E o número 5 que identifica o alto potencial criativo do artefato, ou seja, o artefato robótico educacional oferece uma ampla gama de componentes e funcionalidades avançadas, com possibilidades de customização e programação avançada.

4. Avalie também a versatilidade do artefato, isto significa avaliar a capacidade do artefato robótico educacional ser utilizado em uma variedade de contextos pedagógicos, projetos e tarefas. Digite 2 para baixa versatilidade quando o artefato robótico educacional tem um escopo limitado de uso pedagógico, como por exemplo, o artefato trabalha só com movimento e não trabalha com múltiplos sensores. O número 3 refere-se a média versatilidade, no momento que o artefato robótico educacional pode ser utilizado em diferentes contextos e tem um escopo variado na utilização pedagógica. E o número 5 para a alta versatilidade, quando o artefato robótico educacional é altamente flexível e adaptável, e oferece ampla gama de possibilidades de utilização pedagógica.
5. Considere a interação com o ambiente, avaliando o quanto o artefato robótico educacional pode reconhecer, compreender e responder a entradas externas, como barreiras, sons, luzes, movimentos e outros dados ambientais. Sendo o número 2 a baixa interação, quando o artefato robótico tem uma interação limitada com o ambiente externo, com poucos sensores e pouca capacidade de detecção. O número 3 corresponde à média interação, quando o artefato robótico educacional possui sensores básicos e capacidades de detecção para interagir com o ambiente de forma limitada. Considere o número 5 na rubrica de avaliação se o artefato robótico possui alta interação, ou seja, é capaz de interagir ativamente com o ambiente, por meio de uma ampla gama de sensores e capacidades de detecção.
6. Para avaliar o sexto critério, acessibilidade para diferentes idades, leve em consideração à medida que o artefato robótico é adequado e adaptado às diferentes habilidades, conhecimentos e capacidades de diferentes faixas etárias. Digite 2 para baixa acessibilidade, sendo que o artefato robótico educacional é adequado apenas para faixas etárias específicas, com recursos e interfaces complexas. Digite 3 para média acessibilidade, ou seja, o artefato robótico pode ser utilizado por um público amplo, com recursos e interfaces adaptáveis para diferentes idades. E considere o número 5 no caso de alta

acessibilidade, sendo o artefato robótico adequado para uma ampla faixa etária, com recursos e interfaces intuitivos e adaptáveis.

7. Por último, avalie a viabilidade econômica do artefato robótico ser adquirido por um grande público, apesar de seus recursos ou restrições financeiras, digitando 2 para baixa viabilidade, quando o artefato robótico educacional não é acessível economicamente. Digite o número 3 no caso de média viabilidade, quando o artefato robótico educacional for medianamente acessível economicamente e por fim digite 5 no caso de alta viabilidade, quando o artefato robótico educacional é economicamente acessível.

Ao final da digitação dos pontos nos campos destinados a cada critério, na planilha eletrônica, a rubrica de avaliação de artefatos robóticos soma automaticamente a pontuação calculando o percentual atingido pela avaliação do artefato robótico. A interpretação da pontuação final leva em consideração o contexto pedagógico com caráter construcionista e os objetivos da avaliação de artefatos de robótica educacional e seu potencial pedagógico, conforme a tabela a seguir:

%	PONTOS	AVALIAÇÃO
<60%	<21	Artefato robótico não é considerado viável pedagogicamente, pois, não satisfaz minimamente os critérios de avaliação da rubrica proposta.
>=60% a <75%	>=21 a <26,25	Artefato robótico é viável pedagogicamente para a faixa etária maior ou igual a seis anos a menor que quatorze anos (>=6 anos e <14 anos), pois oferece recursos adequados para a etapa inicial da robótica educacional plugada, com crianças e adolescentes desta faixa etária.
>=75%	>=26,25	O artefato robótico é viável pedagogicamente para qualquer faixa etária, na medida que oferece recursos para o desenvolvimento de projetos com maior diversidade.

Quadro 2: Resultado da avaliação de artefatos robóticos.

Fonte: a autora

A rubrica visa auxiliar professores e gestores escolares na escolha e avaliação de artefatos de robótica educacional para diferentes contextos educativos, considerando as características e necessidades específicas de cada instituição educacional. Por meio da análise de sua funcionalidade educacional, instituições de ensino podem tomar decisões conscientes sobre a aquisição de tais recursos, assegurando que contribuam para o aprendizado significativo dos alunos. Acreditamos que a rubrica para avaliação do potencial pedagógico de artefatos de robótica educacional a partir de uma perspectiva construcionista de ensino, apresentada neste estudo, contribui para o avanço da prática da robótica educacional nas escolas, fornecendo um instrumento valioso para a avaliação e seleção de artefatos robóticos que estejam alinhados com os princípios do construcionismo e que promovam uma aprendizagem de qualidade para todos os alunos.

4.4.1. Processo de criação da rubrica

Primeiramente a rubrica foi construída em uma planilha sendo as linhas formadas pelos critérios e as colunas pelas respostas pontuadas. O cálculo foi inserido na célula que totaliza o somatório da pontuação, cada pontuação foi inserida em uma linha abaixo do critério correspondente. O somatório de pontuação recebida por cada critério dá origem ao total, que é transformado em valor percentual.

A partir desta planilha começamos o design para transformar a rubrica de avaliação do potencial pedagógico de artefatos de robótica educacional a partir de uma perspectiva construcionista de aprendizagem em um app denominado *Roboscore*. As imagens do futuro aplicativo para mobile estão no apêndice G desta pesquisa.

4.4.2. Aplicação da rubrica em artefatos robóticos

Com base em critérios de avaliação pré-definidos, foi elaborado um instrumento na forma de rubrica para avaliar artefatos robóticos. Três artefatos foram avaliados pela pesquisadora, obtendo pontuações detalhadas nos apêndices D, E e F deste estudo. Em seguida, esses artefatos foram utilizados por professores em aulas que integram a robótica educacional para a resolução de problemas previstos em seus planejamentos. O objetivo era validar, segundo os professores, se os artefatos contribuem para a aprendizagem dos alunos e se são adequados à faixa etária.

Avaliamos, por meio do instrumento em formato de rubrica de avaliação do potencial pedagógico de artefatos de robótica educacional a partir de uma perspectiva construcionista de aprendizagem as seguintes ferramentas robóticas:

4.4.2.1. Smart Motors

Este artefato robótico foi desenvolvido por alunos na *Tufts University* (universidade de pesquisa situada em *Medford/Somerville, Massachusetts*, nos Estados Unidos) em parceria com o MIT (*Massachusetts Institute of Technology*)¹⁵ com o objetivo de reduzir o grau de dificuldade, seja econômica ou cognitiva, na iniciação da robótica educacional por alunos e professores principiantes, tornando a robótica mais acessível às escolas públicas, desprovidas de recursos financeiros. A partir de 2020 o Instituto Federal do Rio Grande do Sul, no POA-LAB, passou a produzir outras versões deste artefato robótico.

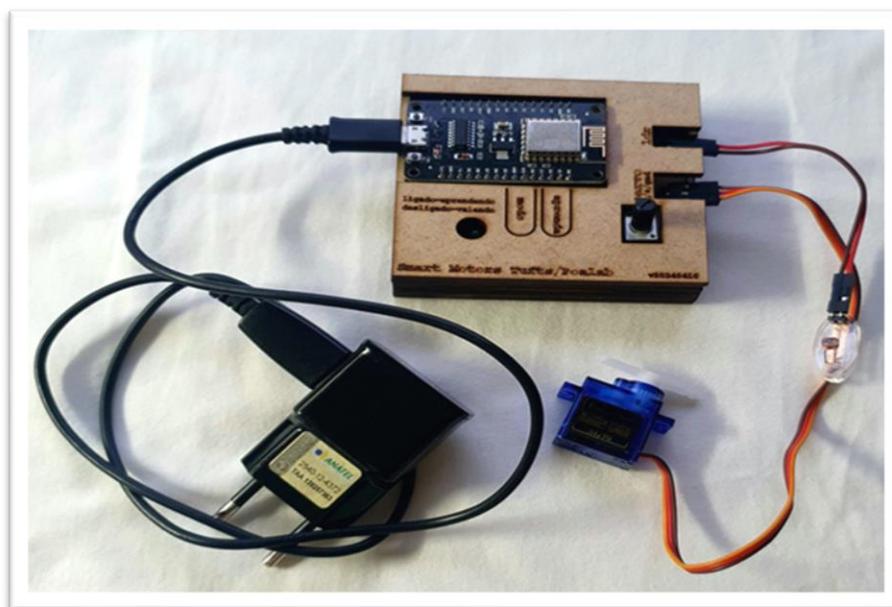


Figura 18: Smart Motors
Fonte: a autora

O artefato robótico Smart Motors obteve uma pontuação de 68,57% na rubrica de avaliação do potencial pedagógico de artefatos de robótica educacional a partir de uma perspectiva construcionista de aprendizagem, demonstrando sua viabilidade pedagógica para a faixa etária maior ou igual a seis anos a menor que quatorze anos. Detalhes da avaliação podem ser encontrados no apêndice C desta pesquisa.

¹⁵ Instituto de Tecnologia de Massachusetts.

4.4.2.2. Kit GOGO

A Gogo Board é um dispositivo programável com sensores que podem controlar motores e outros tipos de atuadores, 16 sensores para interagir com o ambiente, cabos e motores fazem parte do kit GoGo. Este kit foi criado por Arnan Sipitakiat e Paulo Blikstein. O princípio de design é que as pessoas gastem o máximo de tempo possível nas ideias e os desejos de criação e menos em detalhes técnicos da eletrônica de baixo nível envolvida. A GoGo board é compatível com muitos dos sensores e atuadores presentes no mercado atualmente.

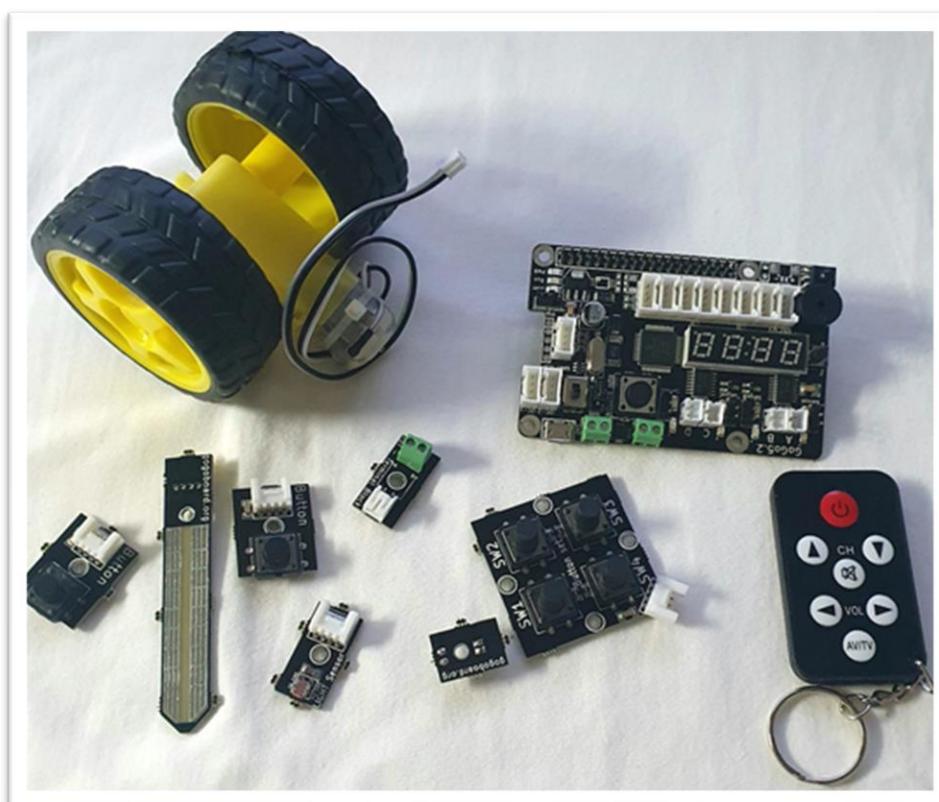


Figura 19: Kit GoGo
Fonte: a autora

O kit de robótica GoGo obteve uma pontuação de 88,57% na rubrica de avaliação do potencial pedagógico de artefatos de robótica educacional a partir de uma perspectiva construcionista de aprendizagem, demonstrando sua viabilidade pedagógica para qualquer faixa etária, na medida que oferece recursos para o desenvolvimento de projetos com maior diversidade. Detalhes da avaliação podem ser encontrados no apêndice D desta pesquisa.

4.4.2.3. Kit LEGO - EV3

O LEGO MINDSTORMS Education EV3 é um kit de robótica educacional que combina a versatilidade dos blocos de montar LEGO com tecnologia avançada, permitindo que crianças e adultos explorem o mundo da robótica e da programação de forma divertida e envolvente.



Figura 20: Kit Lego – EV3

Fonte: a autora

O kit de robótica Lego-EV3 obteve uma pontuação de 80,00% na rubrica de avaliação do potencial pedagógico de artefatos de robótica educacional a partir de uma perspectiva construcionista de aprendizagem, demonstrando sua viabilidade pedagógica para qualquer faixa etária, na medida que oferece recursos para o desenvolvimento de projetos com maior diversidade. Detalhes da avaliação podem ser encontrados no apêndice E desta pesquisa.

Na sequência, a rubrica foi distribuída a profissionais da área, que avaliaram os mesmos artefatos robóticos conforme a pesquisadora havia feito. Os resultados coincidiram com os obtidos pela pesquisadora, demonstrando a consistência da rubrica.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em síntese, a robótica educacional com caráter construcionista tem se mostrado como um enfoque promissor para promover uma aprendizagem significativa, proporcionando aos alunos experiências inovadoras e contribuindo para o desenvolvimento de diversas competências e habilidades, estimulando a criatividade, o pensamento crítico e a resolução de problemas nos aprendentes. Ao envolver os estudantes de forma ativa na construção do conhecimento, a método construcionista permite que eles se tornem protagonistas de sua própria aprendizagem, assumindo um papel ativo na criação de projetos e na solução de desafios. Ao integrar a robótica educacional com os conceitos e metodologias de ensino e aprendizagem discutidos neste estudo, os alunos encontram mais oportunidades para explorar recursos disponíveis e aprimorar seus conhecimentos por meio da criação de tecnologias adicionais, experimentação e invenção.

Para alcançar os objetivos propostos, a pesquisa iniciou-se com uma revisão da literatura existente, identificando autores seminais e contemporâneos alinhados ao conceito construcionista de ensino e aprendizagem. Durante a pesquisa, foi constatada a ausência de um instrumento específico para avaliação de artefatos robóticos. Atualmente, faltam ferramentas objetivas para analisar eficazmente o impacto da aquisição de kits de robótica, frequentemente adquiridos sem prévia avaliação, no ambiente escolar. A rubrica proposta neste estudo tem como objetivo operacionalizar a avaliação pedagógica desses artefatos, permitindo que instituições de ensino possam avaliar e adquirir kits ou artefatos robóticos com base em sua funcionalidade pedagógica de acordo com as necessidades das escolas. Dessa forma, este estudo apresenta critérios de avaliação fundamentados na literatura construcionista e de abordagens pedagógicas, incluindo robótica educacional, metodologias ativas, educação STEAM, cultura maker e aprendizagem criativa.

Foram desenvolvidos sete critérios que compõem a rubrica de avaliação do potencial pedagógico dos artefatos de robótica educacional, a partir de uma perspectiva construcionista de aprendizagem. Os critérios definidos para comporem o instrumento de avaliação foram: nível de dificuldade para apropriação do artefato pelo professor, dependência de recursos, potencial criativo, interação com o ambiente, acessibilidade para diferentes idades, viabilidade econômica e adequação à faixa etária. Surgindo assim, uma ferramenta valiosa em formato de rubrica para a

avaliação do potencial pedagógico de artefatos de robótica educacional a partir de uma perspectiva construcionista de aprendizagem.

A seguir, foram avaliados três artefatos robóticos — Smart Motors, Kit Lego e Kit GoGo — usando a rubrica *Roboscore*. Esses artefatos foram oferecidos aos professores para aplicação em turmas do primeiro ano do ensino médio e no contraturno escolar. O objetivo da avaliação era determinar, com base nas dimensões da rubrica, se os artefatos contribuíam para a aprendizagem dos alunos e se eram adequados para a faixa etária. A conclusão da avaliação, validada pelos retornos positivos dos professores, indicou que a análise da rubrica estava correta. Os professores, após responderem a um formulário online, concordaram que os kits GoGo e Lego são pedagogicamente viáveis para qualquer faixa etária, oferecendo recursos que enriquecem a diversidade de projetos. O Smart Motors foi considerado adequado para alunos com seis anos ou mais, até menores de quatorze anos, por fornecer recursos apropriados para a introdução à robótica educacional. Assim, os resultados obtidos pela rubrica e pela avaliação prática confirmam que estão alinhados com as expectativas pedagógicas estabelecidas.

A análise dos resultados desta pesquisa confirmou a eficácia na avaliação dos três artefatos robóticos utilizados. Os dados mostraram que os artefatos avaliados com a rubrica são pedagogicamente adequados para uso em sala de aula. Além disso, fornecemos a rubrica a outros professores para que eles pudessem avaliar os três artefatos robóticos conforme descrito pela pesquisadora, aplicando a rubrica *Roboscore*. Os resultados obtidos pelos professores foram semelhantes aos encontrados pela pesquisadora. No entanto, entendemos a necessidade de realizar mais testes e investigações futuras. Concluimos que a rubrica *Roboscore* tem potencial para avaliar qualquer artefato robótico, não para compará-los entre si, mas para validá-los pedagogicamente para diferentes públicos, como adultos, adolescentes e crianças.

Considerando o exposto, é possível concluir que os objetivos: a) Criar um instrumento, em formato de rubrica, para avaliação de artefatos de robótica educacional, considerando a intencionalidade pedagógica do seu uso e viabilidade econômica. b) Analisar artefatos de robótica educacional com critérios construcionistas. c) Avaliar artefatos robóticos a serem oferecidos para professores validarem seu potencial pedagógico. d) Realizar intervenções com os artefatos

selecionados, avaliando as dimensões definidas. e) Validar a rubrica comparando os resultados obtidos com o instrumento e os resultados verificados em campo, foram atingidos com êxito.

A rubrica para avaliar o potencial pedagógico de artefatos de robótica educacional a partir de uma perspectiva construcionista de aprendizagem traz benefícios como: implementação de projetos de robótica educacional mais eficazes e alinhados com as melhores práticas construcionistas, a promoção de uma aprendizagem significativa, mais ativa, engajadora e contextualizada para os alunos, maior segurança na escolha de artefatos robóticos que atendam às necessidades da escola e contribuam efetivamente para o processo de aprendizagem dos alunos. Além da otimização dos investimentos em materiais pedagógicos, garantindo que os recursos sejam direcionados para soluções com potencial de gerar impacto positivo na aprendizagem.

É importante ressaltar que o uso eficaz da robótica educacional na promoção da aprendizagem significativa e no desenvolvimento de habilidades dos alunos depende de professores preparados. Para que a tecnologia seja utilizada de maneira eficaz e alinhada com abordagens pedagógicas construcionistas, é essencial que os professores recebam formação adequada. A formação docente atualizada e significativa é fundamental para garantir que a tecnologia seja aproveitada ao máximo, potencializando o aprendizado dos alunos.

Ao alcançar os objetivos desta pesquisa, este estudo representa uma contribuição significativa para o campo da robótica educacional. Ele proporciona uma rubrica para avaliar o potencial pedagógico de artefatos de robótica educacional sob uma perspectiva construcionista de aprendizagem. Por meio desta rubrica, escolas podem investir na implementação da robótica educacional, garantindo a aquisição de ferramentas que realmente contribuem para o desenvolvimento dos alunos. Essa iniciativa abre portas para um ensino mais dinâmico, engajador e eficaz, preparando os estudantes para os desafios do século XXI. Além disso, a rubrica de avaliação garante que os artefatos robóticos atendam às necessidades da instituição de ensino antes de sua aquisição, visando a obtenção eficaz de recursos adequados a sua realidade.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA ME. **Informática e Educação: Diretrizes para uma Formação Reflexiva de Professores**. Dissertação de Mestrado, Pontifícia Universidade Católica – São Paulo, 1996.
- ALMEIDA, M. E. B.; VALENTE, J. A. **Integração Currículo e Tecnologias e a Produção de Narrativas Digitais**. Currículo sem Fronteiras, v. 12, n. 3, p. 57-82, Set/Dez 2012. Disponível em: <
<http://www.curriculosemfronteiras.org/vol12iss3articles/almeida-valente.pdf>> Acesso em: 28/06/2023.
- ARIAS, José O. Cardentey; YERA, Armando Pérez. **O que é a pedagogia Construtivista**. Revista Educação Pública. Cuiabá, v.5, n.8, jul/dez 1996. Disponível em
<http://www.periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/educacaopublica/article/viewFile/360/328> Acesso em 28/06/2023.
- BACICH, Lilian. HOLANDA, Leandro. **Educação STEAM Reflexões sobre a implementação em sala de aula, conexões com a BNCC e a formação de professores**. E-book, 2022.
- BACICH, Lilian. HOLANDA, Leandro. **STEAM em sala de aula: aprendizagem baseada em projetos integrando conhecimentos na educação básica**. Porto Alegre: Penso, 2020.
- BACICH, Lilian. MORAN, José. Disponível em: <https://curitiba.ifpr.edu.br/wp-content/uploads/2020/08/Metodologias-Ativas-para-uma-Educacao-Inovadora-Bacich-e-Moran.pdf> Acesso em: dezembro, 2022.
- BACICH, Lilian. MORAN, José. **Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática**. Porto Alegre: Penso, 2018.
- BARBOSA e Silva, Rodrigo. BLIKSTEIN, Paulo. **Robótica Educacional: experiências inovadoras na educação brasileira**. Porto Alegre. PENSO, 2020.
- BECKER, Fernando et al. **Apresentação de Trabalhos Escolares**. 9ª ed. Revisada e ampliada. Porto Alegre, Prodil, 1988. P.67.
- BECKER, Fernando. **O que é construtivismo. Desenvolvimento e aprendizagem sob o Enfoque da Psicologia II**. UFRGS- PEAD 2009/1
- BEHRENS, Maria Aparecida. **Projetos de aprendizagem colaborativa num paradigma emergente**. In: MORAN, José Manuel. **Novas tecnologias e mediação pedagógica**. Campinas – SP: Papirus, 2000.
- BLIKSTEIN, P. (2013). **Digital fabrication and ‘making’in education: The democratization of invention. FabLabs: Of machines, makers and inventors**, 1-21.

BLIKSTEIN, Paulo (2013). **Gears of our childhood: Constructionist toolkits, robotics, and physical computing, past and future.** In **Proceedings of the 12th International Conference on Interaction Design and Children – IDC '13** (pp. 173-182). New York, NY, USA.

BLIKSTEIN, Paulo. **Pensamento Computacional.** Disponível em: http://www.blikstein.com/paulo/documents/online/ol_pensamento_computacional.htm
| Acesso em: 20/01/2023, 2023.

BLIKSTEIN, Paulo. **Viagens em Troia com Freire: a tecnologia como um agente de emancipação.** Educ. Pesquisa. São Paulo, v. 42, n. 3, p. 837-856, jul./set. 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ep/a/smj6D5mtcLqNsVkzcxgsKcq/?lang=pt>
Acesso em 30/01/2022.

BLIKSTEIN, Paulo; MARTINEZ, Sylvia Libow. PANG, Heather Allen. **Meaningful Making: Projects and Inspirations for fab labs and makerspaces. Constructing Modern Knowledge** Press: Torrance, CA USA, 2014.

BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular, 2018, pp.9-10.

BURD, L. Prefácio à edição brasileira. *In*: RESNICK, M. **Jardim de Infância para a Vida Toda: por uma aprendizagem criativa, mão na massa e relevante para todos.** Porto Alegre, Brasil: Penso, 2020. p. 21-23. [E-book].

CAMPOS, F. R. (2011). **Currículo, tecnologias e robótica na educação básica.**

CAMPOS, Flavio Rodrigues et al. **Diálogo entre Paulo Freire e Seymour Papert: a prática educativa e as tecnologias digitais de informação e comunicação.** 2009.

CAMPOS, FLAVIO RODRIGUES, **Paulo Freire e Seymour Papert: educação, tecnologias e análise do discurso.** Editora: CRV, 2013.

CAMPOS, Flavio Rodrigues. **A robótica para uso educacional.** Editora Senac São Paulo, 2019.

CAMPOS, Flavio Rodrigues. **Robótica educacional no Brasil: questões em aberto, desafios e perspectivas futuras.** Revista Ibero-Americana de Estudos em Educação, Araraquara, v. 12, n. 4, p. 2108-2121, out/dez. 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.21723/riaee.v12.n4.out./dez.2017.8788>>. E-ISSN: 1982-5587.

CAMPOS, Flavio Rodrigues. Robótica educacional no Brasil: questões em aberto, desafios e perspectivas futuras. **Revista ibero-americana de estudos em educação**, v. 12, n. 4, p. 2108-2121, 2017.

CARDOSO, Shirley Sheila et al. **Avaliação da aprendizagem: sujeitos, conceitos e perspectivas.** Rede Marista, 2017.

CASTORINA, José Antônio et al. Piaget-Vygotsky: **Novas Contribuições para o Debate.** São Paulo: Editora: Ática, 2005.

CHAKUR, Cilene Ribeiro de Sá Leite. **A desconstrução do Construtivismo na educação: crenças e equívocos de professores, autores e críticos.** São Paulo: Editora Unesp Digital, 2014.

CRESWELL, John W.; CLARK, Vicki L. Plano. **Pesquisa de métodos mistos** [recurso eletrônico]. Porto Alegre: Penso, 2013.

DEPRESBITERIS, L. **Avaliação da Aprendizagem do Ponto de Vista Técnico-Científico e Filosófico Político**. In: Série Ideias n. 8. São Paulo: FDE, 1998, p. 161-172. Disponível em: http://www.crmariocovas.sp.gov.br/pdf/ideias_08_p161-172_c.pdf. Acesso em 03/06/2023.

Disponível em: < <https://pos.uea.edu.br/data/area/titulado/download/127-7.pdf>>

Disponível em: <<http://mtm.ufsc.br/geiaam/consiLogo2.PDF>>. Acesso em: 12/11/2022.

Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/component/tags/tag/33994r>>. Acesso em 28/06/2023.

Disponível em: <<https://blog.core-ed.org/blog/2014/08/the-logo-turtle-and-seymour-paperts-mindstorms-thirty-four-years-on.html>>. Acesso em: 12/11/2022.

Disponível em: <<https://dingco.co/seymour-papert-y-las-tortugas-robot-para-aprender-a-programar/>>. Acesso em: 12/11/2022.

Disponível em: <<https://educacaopublica.cecierj.edu.br/artigos/2/1/informaacutetica-na-educaccedilatildeo-instrucionismo-x-construcionismo>>. Acesso em: 05/10/2022.

Disponível em: <<https://proyectoidis.org/seymour-papert/>>. Acesso em: 05/10/2022.

Disponível em: <<https://www.sfgate.com/news/article/SUNDAY-INTERVIEW-Seymour-Papert-Computers-In-2856685.php>>. Acesso em: 05/10/2022.

Disponível em: <<https://www.ufrgs.br/psicoeduc/sitemap>>. Acesso: 24/06/2024

Disponível em: file:///home/chronos/u-cfb7e13d56687db732e9b509f1480e048695b498/MyFiles/Downloads/13536-57286-1-PB.pdf Acesso em: 05/10/2022.

Disponível em: <http://www.papert.org/articles/MaineYouthCenterArticle.html>. Acesso em: 22/06/2024

DRESCH, Aline et al. **Design Science Research: método de pesquisa para avanço da ciência e tecnologia**. Porto Alegre: Bookman, 2015.

E. (n.d.). **Movimento Maker** | Estadão. Movimento Maker | Estadão. <http://infograficos.estadao.com.br/e/focas/movimento-maker/index.php>

FAGUNDES, Léa da Cruz. **Inclusão digital**. *Revista Nova Escola*. p. 1-5, ago. 2005. Entrevista concedida a Marcelo Alencar. Disponível em: <https://novaescola.org.br/conteudo/987/entrevista-com-lea-fagundes-sobre-a-inclusao-digital>. Acesso em: 20/06/2024.

FAGUNDES, Léa. Disponível em <<https://novaescola.org.br/conteudo/987/entrevista-com-lea-fagundes-sobre-a-inclusao-digital>>. Acesso 20/06/2024

FINO, C. N. Dewey, Papert, **Construcionismo e currículo**. In: Fino, C. N.; Sousa, J. M. (Orgs.). (Contra) tempos de educação e democracia, evocando John Dewey. Funchal: Centro de Investigação em Educação, 2017. p. 21-30.

Fischer, M. C. B., & de Azevedo Basso, M. V. (2020). Léa da Cruz Fagundes: **Uma expert na formação de professores, em tempos de aprendizagem mediada por tecnologias digitais de informação e comunicação**. REMATEC, 15(34), 226-242.

FREIRE, P. **Pedagogia da Autonomia. Saberes Necessários à Prática Educativa**. 25. São Paulo: Paz: Paz e Terra (Coleção Leitura), 1996.

FREIRE, P. **Pedagogia da Indignação: Cartas Pedagógicas e Outros Escritos**. São Paulo: Editora UNESP, 2000.

FREIRE, Paulo. **Educação e Mudança**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1979b.

HAETINGER, M. G. **O universo criativo da criança na educação**. Coleção Criar, v. 3, 2005.

HARTMAN, Hope P. **Práticas de avaliação formativa**. In: **Como ser um professor reflexivo em todas as áreas do conhecimento**. Porto Alegre: AMGH, 2015.

LIMA, T.C.S de; MIOTO, R.C.T. **Procedimentos metodológicos na construção do conhecimento científico: a pesquisa bibliográfica**. Katál, Florianópolis, v.10, spe, 2007.

LOPES, Daniel de Queiroz. **Brincando com robôs: desenhando problemas e inventando porquês**. Santa Cruz do Sul: EDUNISC, 2010.

MARCONI, M. A; LAKATOS, E. M. **Fundamentos da Metodologia Científica**. São Paulo: Editora Atlas, 2003.

MARTINEZ, Silvia Libow. SAGER, Gary. **Making, Tinkering and Engineering in the classroom**. E-book version 1 (May 2013).

MORAN, J. **Metodologias ativas em sala de aula**. *Revista Pátio Ensino Médio, Profissional e Tecnológico*, v. 10, n. 39, p. 10-13, 2018/2019.

MORAN, J. **Metodologias Ativas**. In: BACICH, L.; MORAM, J. (Eds.). **Metodologias Ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática**. ed. Porto Alegre: Penso, 2018. p. 34–76. [E-Book].

PAPERT, S. **Constructionism: A new opportunity for elementary science education. A proposal to the National Science Foundation**, Massachusetts Institute of Technology, Media Laboratory, Epistemology and Learning Group, Cambridge, Massachusetts, 1986.

PAPERT, S. and CAPERTON, G. **Vision for Education: The Caperton-Papert Platform**. Disponível em: < www.papert.org >. Acesso em: 05/10/2022

PAPERT, Seymour. **A máquina das Crianças: Repensando a Escola na Era da Informática**. Porto Alegre: ARTMED, 2008.

PAPERT, Seymour. **Computadores e cultura do computador**. In: **Logo, computadores e educação**. São Paulo: Editora Brasiliense, 1985.

PAPERT, Seymour. **Constructionism**. New Jersey: Norwood, 1991.

PAPERT, Seymour. **LOGO: computadores e educação**. São Paulo: Brasiliense, 1985.

PAPERT, Seymour. **Mindstorms: children, computers, and powerful ideas**, 1980. Basic Books, Inc.

PERES, André; DE CASTRO BERTAGNOLLI, Silvia; OKUYAMA, Fábio Yoshimitsu. **Fabricação digital em espaços criativos educacionais**. Pimenta Cultural, 2021.

PIAGET, Jean. **A psicologia da inteligência** [recurso eletrônico]. Petrópolis, RJ: Vozes, 2013

RAABE, André. GOMES, Eduardo Borges. **Maker: uma nova abordagem para tecnologia na educação**. Revista Tecnologias na Educação – Ano 10 – Número/Vol.26 Edição Temática VIII – III Congresso sobre Tecnologias na Educação (Ctrl+E 2018). Disponível em: <http://tecedu.pro.br/wp-content/uploads/2018/09/Art1-vol.26-EdicaoTematicaVIII-Setembro2018.pdf> . Acesso em: 28/11/2021.

RAABE, André; COUTO, Natália Ellery Ribeiro; BLIKSTEIN, Paulo. **Diferentes Abordagens para a Computação na Educação Básica**. In: RAABE, André; ZORZO, Avelino; BLIKSTEIN, Paulo. **Computação na Educação Básica**. Porto Alegre: Penso, 2020, p.3-15.

RAABE, André; ZORZO, Avelino F.; BLINKSTEN, Paulo. **Computação na Educação básica: fundamentos e experiências**. Porto Alegre: Penso: 2020.

RBAC - **Rede Brasileira de Aprendizagem Criativa**

Disponível em <https://aprendizagemcriativa.org/biblioteca>. Acesso: 04/03/2023

RESNICK, M. **Jardim de Infância para a Vida Toda**: por uma aprendizagem criativa, mão na massa e relevante para todos. Porto Alegre: Penso, 2020. [E-book].

RESNICK, Mitchel. **Sowing the Seeds for a more Creative Society: Learning and Leanding with Technology**. ISTE, 2007.

SAMPIERE, Roberto Hernández; COLLADO, Carlos Fernández; LUCIO, María del Pilar Baptista. **Metodologia de Pesquisa** [recurso eletrônico]. Daisy Vaz de Moares (Trad.) Porto Alegre: Penso, 2013.

SANDHOLTZ, Judith Haymore, RINGSTAFF, Cathy e DWYER, David. **Ensinando com Tecnologia**. Criando Salas de Aula Centradas nos Alunos. Artes Médicas: Porto Alegre, 1997.

SILVA, Rodrigo Barbosa; BLIKSTEIN, Paulo. **Robótica Educacional: Experiências Inovadoras na Educação**. Porto Alegre: Penso, 2020.

SIPITAKIAT, Arnan; BLIKSTEIN, Paulo; CAVALLO, David P. **GoGo board: augmenting programmable bricks for economically challenged audiences.** 2004.

SIPITAKIAT, Arnan; BLIKSTEIN, Paulo; CAVALLO, David. (2004). **GoGo Board: Augmenting programmable bricks for economically challenged audiences. Proceedings of the International Conference of the Learning Sciences (ICLS)** (pp. 481 – 488). Los Angeles, USA.

SOUZA, E. P. DE; RUBIM, I. O. **As dobras e os movimentos da aprendizagem criativa nos Centros Juvenis de Ciência e Cultura.** Tecnologias, Sociedade e Conhecimento, v. 6, n. 2, p. 61–80, 2019.

TR Viegas, FY Okuyama, M Paravisi, SD Bertagnolli. **Uso das TICs no processo de ensino-aprendizagem de programação** Nuevas Ideas en Informática Educativa–TISE, 780-785, 2015.

VALENTE, José Armando (2022, p.1). **Informática na educação: instrucionismo x construcionismo.** Disponível em: https://aprendizagemcriativa.org/sites/default/files/2020-12/Informtica_na_educao_instrucionismo_x_construcionismo.pdf. Acesso em 05/01/2023.

VALENTE, José Armando. **A Espiral da Aprendizagem e as Tecnologias de Informação e Comunicação: Repensando Conceitos.** In: Joly, Maria Cristina R. Azevedo (org). *A tecnologia no Ensino: Implicações para a Aprendizagem*: São Paulo: Casa do Psicólogo, 2022.

VALENTE, José Armando. **Aspectos críticos das tecnologias nos ambientes educacionais e nas escolas.** Revista Educação e Cultura Contemporânea, v. 2, n. 3, p. 11-28, 2018.

VALENTE, José Armando. **Computadores e Conhecimento: Repensando a Educação.** Campinas, SP: UNICAMP/NIED, 1998.

WING, J. M. **Computational thinking. Communications of the ACM**, v. 49, n. 3, p. 33-35, 2006.

YIN, Roberto K. **Estudo de caso: planejamento e métodos.** 2ª Ed. Porto Alegre. Editora: Bookmam. 2001.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Pesquisa de avaliação pedagógica de artefatos robóticos

Questionário de Avaliação Pedagógica - para preenchimento pelos professores, de qualquer componente, que estiverem ministrando suas aulas com o uso da robótica educacional para a resolução de problemas previstos no seu plano de aula. A avaliação deve considerar a utilização do artefato robótico disponibilizado pela pesquisadora. Nenhuma pergunta deste questionário é obrigatória, o professor tem o direito de desistir de responder a qualquer momento. <https://forms.gle/xXFfZG9R7kGtHRei8>

- 1) Qual artefato robótico você utilizou neste período de aula?
 - () Smart Motors
 - () Kit de Robótica Lego – EV3
 - () Kit de Robótica GoGo
- 2) As atividades, utilizando este artefato de robótica educacional, auxiliaram os alunos a entenderem melhor os conceitos científicos envolvidos.
 - () Concordo totalmente
 - () Concordo parcialmente
 - () Não concordo nem discordo
 - () Discordo parcialmente
 - () Discordo totalmente
- 3) As atividades realizadas pelos alunos, utilizando este artefato de robótica educacional, promovem o desenvolvimento de habilidades para a resolução de problemas.
 - () Concordo totalmente
 - () Concordo parcialmente
 - () Não concordo nem discordo
 - () Discordo parcialmente
 - () Discordo totalmente
- 4) As atividades, utilizando este artefato de robótica educacional, colaboram para o desenvolvimento de habilidades de trabalho em equipe e colaboração entre os pares.
 - () Concordo totalmente
 - () Concordo parcialmente

- Não concordo nem discordo
 - Discordo parcialmente
 - Discordo totalmente
- 5) As atividades realizadas pelos alunos, utilizando este artefato de robótica educacional, promovem o desenvolvimento do pensamento crítico.
- Concordo totalmente
 - Concordo parcialmente
 - Não concordo nem discordo
 - Discordo parcialmente
 - Discordo totalmente
- 6) As atividades, utilizando este artefato de robótica educacional, apoiam os alunos no desenvolvimento do pensamento criativo, encontrando soluções para os desafios.
- Concordo totalmente
 - Concordo parcialmente
 - Não concordo nem discordo
 - Discordo parcialmente
 - Discordo totalmente
- 7) As atividades, utilizando este artefato de robótica educacional, ajudam os alunos a desenvolverem habilidades técnicas como codificação, eletrônica e engenharia.
- Concordo totalmente
 - Concordo parcialmente
 - Não concordo nem discordo
 - Discordo parcialmente
 - Discordo totalmente
- 8) As atividades, utilizando este artefato de robótica educacional, contribuem para os alunos entenderem melhor o papel da tecnologia digital na sociedade.
- Concordo totalmente
 - Concordo parcialmente
 - Não concordo nem discordo
 - Discordo parcialmente
 - Discordo totalmente

- 9) As atividades, utilizando este artefato de robótica educacional, contribuem para o desenvolvimento de aprendizagens ou desenvolvimento de habilidades num nível complexo.
- () Concordo totalmente
 - () Concordo parcialmente
 - () Não concordo nem discordo
 - () Discordo parcialmente
 - () Discordo totalmente
- 10) As atividades realizadas pelos alunos, utilizando este artefato de robótica educacional, promovem o desenvolvimento de uma abordagem interdisciplinar para a resolução de problemas.
- () Concordo totalmente
 - () Concordo parcialmente
 - () Não concordo nem discordo
 - () Discordo parcialmente
 - () Discordo totalmente
- 11) As atividades, utilizando este artefato de robótica educacional, promovem o desenvolvimento das habilidades de comunicação dos alunos.
- () Concordo totalmente
 - () Concordo parcialmente
 - () Não concordo nem discordo
 - () Discordo parcialmente
 - () Discordo totalmente
- 12) As atividades realizadas pelos estudantes, utilizando este artefato de robótica educacional, promovem o desenvolvimento do raciocínio lógico matemático.
- () Concordo totalmente
 - () Concordo parcialmente
 - () Não concordo nem discordo
 - () Discordo parcialmente
 - () Discordo totalmente
- 13) Descreva as possibilidades de uso deste artefato robótico para seus futuros planos de aula.
-

APÊNDICE B – Critérios de avaliação de artefatos de robótica educacional

A relevância da robótica educacional no processo de aprendizagem dos alunos nos fez definir critérios, com caráter construcionista, para comporem um instrumento de avaliação pedagógica de artefatos de robótica educacional. Este instrumento foi criado no modelo de rubrica para tornar a avaliação dos artefatos de robótica educacional uma maneira simplificada de verificação. Gostaríamos de contar com sua contribuição para entender a relevância dos critérios propostos para compor esta rubrica, que pretende avaliar se os artefatos de robótica educacional (kits de robótica, motor com microprocessador, dispositivos ou componentes) são viáveis pedagogicamente para uma intervenção pedagógica de caráter construcionista e se você considera outros critérios para esta avaliação. <https://forms.gle/CNhotLVdezsGgX4FA>

- 1) Nome da escola e se pública ou particular:

- 2) O critério "Nível de dificuldade para o professor se apropriar do artefato de robótica" é relevante na escolha de artefatos de robótica educacional para uma intervenção pedagógica construcionista?
 Concordo
 Concordo parcialmente
 Discordo
 Discordo parcialmente
 Não discordo nem concordo

- 3) O critério "Dependência de recursos do artefato" (avalia a capacidade do artefato robótico de funcionar e realizar tarefas sem o auxílio de tecnologias de suporte adicionais como computadores, softwares, Internet...) é relevante na escolha de artefatos de robótica educacional para uma intervenção pedagógica construcionista?
 Concordo
 Concordo parcialmente
 Discordo
 Discordo parcialmente
 Não discordo nem concordo

- 4) O critério "Nível de potencial criativo do artefato" (avalia se o artefato robótico leva em consideração a quantidade de peças, o leque de funcionalidades e o potencial de customização e programação para ser utilizado numa diversidade maior de projetos) é relevante na escolha de artefatos de robótica educacional para uma intervenção pedagógica construcionista?
- Concordo
 - Concordo parcialmente
 - Discordo
 - Discordo parcialmente
 - Não discordo nem concordo
- 5) O critério "Versatilidade do artefato" (avalia a capacidade do artefato robótico ser utilizado em uma variedade de contextos pedagógicos, projetos e tarefas) é relevante na escolha de artefatos de robótica educacional para uma intervenção pedagógica construcionista?
- Concordo
 - Concordo parcialmente
 - Discordo
 - Discordo parcialmente
 - Não discordo nem concordo
- 6) O critério "Interação com o ambiente" (avalia o quanto o artefato robótico pode reconhecer, compreender e responder a entradas externas, como barreiras, sons, luzes, movimentos e outros dados ambientais) é relevante na escolha de artefatos de robótica educacional para uma intervenção pedagógica construcionista?
- Concordo
 - Concordo parcialmente
 - Discordo
 - Discordo parcialmente
 - Não discordo nem concordo

- 7) O critério "Acessibilidade para diferentes idades" (avalia em que medida o artefato robótico é adequado e adaptado às diferentes habilidades, conhecimentos e capacidades de diferentes faixas etárias para intervenções pedagógicas e andragógicas) é relevante na escolha de artefatos de robótica educacional para uma intervenção pedagógica construcionista?
- Concordo
 - Concordo parcialmente
 - Discordo
 - Discordo parcialmente
 - Não discordo nem concordo
- 8) O critério "Viabilidade econômica" (avalia a capacidade do artefato robótico de ser adquirido por um grande público, apesar de seus recursos ou restrições financeiras) é relevante na escolha de artefatos de robótica educacional para uma intervenção pedagógica construcionista?
- Concordo
 - Concordo parcialmente
 - Discordo
 - Discordo parcialmente
 - Não discordo nem concordo
- 9) Você considera, além destes sete critérios apresentados, algum critério relevante para constar em uma rubrica de avaliação de artefatos robóticos para intervenções pedagógicas construcionistas? Qual?
-

APÊNDICE C – Rubrica de avaliação em formato de planilha

AVALIAÇÃO DE ARTEFATOS DE ROBÓTICA EDUCACIONAL			
Composição do artefato:		Data da avaliação:	
Profissional responsável pela análise:		Escola/Instituição de Ensino:	
PONTUAÇÃO FINAL	0,00%	O artefato robótico não é considerado viável pedagogicamente, pois, não satisfaz minimamente os critérios de avaliação da rubrica proposta.	
CRITÉRIOS	DESEMPENHO		
DIFICULDADE PARA O PROFESSOR SE APROPRIAR	ALTA DIFICULDADE - 2 pts	MÉDIA DIFICULDADE - 3 pts	BAIXA DIFICULDADE - 5 pts
Este critério avalia a dificuldade para o professor se apropriar do artefato de robótica educacional para utilizá-lo como recurso pedagógico em seu plano de trabalho docente.	O artefato é complexo e requer conhecimentos e habilidades específicos do professor para ser utilizado, como conhecimentos de programação, eletrônica ou mecânica. O artefato não fornece suporte suficiente para o professor, como documentação completa e detalhada.	O artefato é relativamente simples e pode ser utilizado por professores com conhecimentos básicos de robótica educacional. O artefato fornece suporte suficiente para o professor, como documentação completa e detalhada.	O artefato é de simples compreensão, fornece suporte para o professor, como documentação completa e detalhada.
PONTUAÇÃO:			
DEPENDÊNCIA DE RECURSOS DO ARTEFATO	ALTA DEPENDÊNCIA - 2 pts	MÉDIA DEPENDÊNCIA - 3 pts	BAIXA DEPENDÊNCIA - 5 pts
Avalia a capacidade do artefato robótico educacional de funcionar e realizar tarefas sem o auxílio de tecnologias de suporte adicionais.	O artefato robótico educacional requer um alto nível de uso de outras tecnologias associadas para realizar as tarefas.	O artefato robótico educacional possui algumas capacidades autônomas, mas ainda requer o uso de outras tecnologias associadas para realizar tarefas.	O artefato robótico educacional é capaz de realizar tarefas de forma autônoma, com pouca ou nenhuma intervenção de outras tecnologias.
PONTUAÇÃO:			
NÍVEL DO POTENCIAL CRIATIVO DO ARTEFATO	BAIXO POTENCIAL - 2 pts	MÉDIO POTENCIAL - 3 pts	ALTO POTENCIAL - 5 pts
Avalia a complexidade técnica e operacional do artefato robótico educacional que leva em consideração a quantidade de peças, o leque de funcionalidades e o potencial de customização e programação.	O artefato robótico educacional é simples, com poucos componentes e funcionalidades básicas.	O artefato robótico educacional possui uma quantidade moderada de componentes e funcionalidades, permitindo um certo grau de customização e programação.	O artefato robótico educacional é altamente complexo, com uma ampla gama de componentes e funcionalidades avançadas, oferecendo possibilidades de customização e programação avançada.
PONTUAÇÃO:			
VERSATILIDADE DO ARTEFATO	BAIXA VERSATILIDADE - 2 pts	MÉDIA VERSATILIDADE - 3 pts	ALTA VERSATILIDADE - 5 pts
Avalia a capacidade do artefato robótico educacional ser utilizado em uma variedade de contextos pedagógicos, projetos e tarefas.	O artefato robótico educacional tem um escopo limitado de uso pedagógico (exemplo trabalha só com movimento e não trabalha com múltiplos sensores).	O artefato robótico educacional pode ser utilizado em diferentes contextos e tem um escopo variado na utilização pedagógica.	O artefato robótico educacional é altamente flexível e adaptável, e oferece ampla gama de possibilidades de utilização pedagógica.
PONTUAÇÃO:			
INTERAÇÃO COM O AMBIENTE	BAIXA INTERAÇÃO - 2 pts	MÉDIA INTERAÇÃO - 3 pts	ALTA INTERAÇÃO - 5 pts
Avalia o quanto o artefato robótico educacional pode reconhecer, compreender e responder a entradas externas, como barreiras, sons, luzes, movimentos e outros dados ambientais.	O artefato robótico educacional tem uma interação limitada com o ambiente externo, com poucos sensores e pouca capacidade de detecção.	O artefato robótico educacional possui sensores básicos e capacidades de detecção para interagir com o ambiente de forma limitada.	O artefato robótico educacional é capaz de interagir ativamente com o ambiente, por meio de uma ampla gama de sensores e capacidades de detecção.
PONTUAÇÃO:			
ACESSIBILIDADE PARA DIFERENTES IDADES	BAIXA ACESSIBILIDADE - 2 pts	MÉDIA ACESSIBILIDADE - 3 pts	ALTA ACESSIBILIDADE - 5 pts
Avalia em que medida o artefato robótico é adequado e adaptado às diferentes habilidades, conhecimentos e capacidades de diferentes faixas etárias.	O artefato robótico educacional é adequado apenas para faixas etárias específicas, com recursos e interfaces complexas.	O artefato robótico educacional pode ser usado por um público amplo, com recursos e interfaces adaptáveis para diferentes idades.	O artefato robótico educacional é adequado para uma ampla faixa etária, com recursos e interfaces intuitivos e adaptáveis.
PONTUAÇÃO:			
VIABILIDADE ECONÔMICA	BAIXA VIABILIDADE - 2 pts	MÉDIA VIABILIDADE - 3 pts	ALTA VIABILIDADE - 5 pts
Avalia a capacidade do artefato robótico educacional de ser adquirido por um grande público, apesar de seus recursos ou restrições financeiras.	O artefato robótico educacional não é acessível economicamente.	O artefato robótico educacional é medianamente acessível economicamente.	O artefato robótico educacional é economicamente acessível.
PONTUAÇÃO:			

Figura 21: Rubrica de avaliação do potencial pedagógico de artefatos de robótica educacional a partir de uma perspectiva construcionista de aprendizagem

Fonte: a autora

APÊNDICE D – Rubrica de avaliação: artefato robótico Smart Motors

AVALIAÇÃO DE ARTEFATOS DE ROBÓTICA EDUCACIONAL			
Composição do artefato: SMART MOTORS		Data da avaliação: 30/07/2024	
Profissional responsável pela análise: RIVKA MAJDENBAUM		Escola/Instituição de Ensino: IFRS - POA	
PONTUAÇÃO FINAL		68,57%	
O artefato robótico é viável pedagogicamente para a faixa etária maior ou igual a seis anos a menor que quatorze anos.			
CRITÉRIOS		DESEMPENHO	
DIFICULDADE PARA O PROFESSOR SE APROPRIAR	ALTA DIFICULDADE - 2 pts	MÉDIA DIFICULDADE - 3 pts	BAIXA DIFICULDADE - 5 pts
Este critério avalia a dificuldade para o professor se apropriar do artefato de robótica educacional para utilizá-lo como recurso pedagógico em seu plano de trabalho docente.	O artefato é complexo e requer conhecimentos e habilidades específicos do professor para ser utilizado, como conhecimentos de programação, eletrônica ou mecânica. O artefato não fornece suporte suficiente para o professor, como documentação completa e detalhada.	O artefato é relativamente simples e pode ser utilizado por professores com conhecimentos básicos de robótica educacional. O artefato fornece suporte suficiente para o professor, como documentação completa e detalhada.	O artefato é de simples compreensão, fornece suporte para o professor, como documentação completa e detalhada.
PONTUAÇÃO:		5	
DEPENDÊNCIA DE RECURSOS DO ARTEFATO	ALTA DEPENDÊNCIA - 2 pts	MÉDIA DEPENDÊNCIA - 3 pts	BAIXA DEPENDÊNCIA - 5 pts
Avalia a capacidade do artefato robótico educacional de funcionar e realizar tarefas sem o auxílio de tecnologias de suporte adicionais.	O artefato robótico educacional requer um alto nível de uso de outras tecnologias associadas para realizar as tarefas.	O artefato robótico educacional possui algumas capacidades autônomas, mas ainda requer o uso de outras tecnologias associadas para realizar tarefas.	O artefato robótico educacional é capaz de realizar tarefas de forma autônoma, com pouca ou nenhuma intervenção de outras tecnologias.
PONTUAÇÃO:		5	
NÍVEL DO POTENCIAL CRIATIVO DO ARTEFATO	BAIXO POTENCIAL - 2 pts	MÉDIO POTENCIAL - 3 pts	ALTO POTENCIAL - 5 pts
Avalia a complexidade técnica e operacional do artefato robótico educacional que leva em consideração a quantidade de peças, o leque de funcionalidades e o potencial de customização e programação.	O artefato robótico educacional é simples, com poucos componentes e funcionalidades básicas.	O artefato robótico educacional possui uma quantidade moderada de componentes e funcionalidades, permitindo um certo grau de customização e programação.	O artefato robótico educacional é altamente complexo, com uma ampla gama de componentes e funcionalidades avançadas, oferecendo possibilidades de customização e programação avançada.
PONTUAÇÃO:		2	
VERSATILIDADE DO ARTEFATO	BAIXA VERSATILIDADE - 2 pts	MÉDIA VERSATILIDADE - 3 pts	ALTA VERSATILIDADE - 5 pts
Avalia a capacidade do artefato robótico educacional ser utilizado em uma variedade de contextos pedagógicos, projetos e tarefas.	O artefato robótico educacional tem um escopo limitado de uso pedagógico (exemplo trabalha só com movimento e não trabalha com múltiplos sensores).	O artefato robótico educacional pode ser utilizado em diferentes contextos e tem um escopo variado na utilização pedagógica.	O artefato robótico educacional é altamente flexível e adaptável, e oferece ampla gama de possibilidades de utilização pedagógica.
PONTUAÇÃO:		2	
INTERAÇÃO COM O AMBIENTE	BAIXA INTERAÇÃO - 2 pts	MÉDIA INTERAÇÃO - 3 pts	ALTA INTERAÇÃO - 5 pts
Avalia o quanto o artefato robótico educacional pode reconhecer, compreender e responder a entradas externas, como barreiras, sons, luzes, movimentos e outros dados ambientais.	O artefato robótico educacional tem uma interação limitada com o ambiente externo, com poucos sensores e pouca capacidade de detecção.	O artefato robótico educacional possui sensores básicos e capacidades de detecção para interagir com o ambiente de forma limitada.	O artefato robótico educacional é capaz de interagir ativamente com o ambiente, por meio de uma ampla gama de sensores e capacidades de detecção.
PONTUAÇÃO:		2	
ACESSIBILIDADE PARA DIFERENTES IDADES	BAIXA ACESSIBILIDADE - 2 pts	MÉDIA ACESSIBILIDADE - 3 pts	ALTA ACESSIBILIDADE - 5 pts
Avalia em que medida o artefato robótico é adequado e adaptado às diferentes habilidades, conhecimentos e capacidades de diferentes faixas etárias.	O artefato robótico educacional é adequado apenas para faixas etárias específicas, com recursos e interfaces complexas.	O artefato robótico educacional pode ser usado por um público amplo, com recursos e interfaces adaptáveis para diferentes idades.	O artefato robótico educacional é adequado para uma ampla faixa etária, com recursos e interfaces intuitivos e adaptáveis.
PONTUAÇÃO:		3	
VIABILIDADE ECONÔMICA	BAIXA VIABILIDADE - 2 pts	MÉDIA VIABILIDADE - 3 pts	ALTA VIABILIDADE - 5 pts
Avalia a capacidade do artefato robótico educacional de ser adquirido por um grande público, apesar de seus recursos ou restrições financeiras.	O artefato robótico educacional não é acessível economicamente.	O artefato robótico educacional é medianamente acessível economicamente.	O artefato robótico educacional é economicamente acessível.
PONTUAÇÃO:		5	

Figura 22: Avaliação, via rubrica, do artefato robótico SMART MOTORS

Fonte: a autora

APÊNDICE E – Rubrica de avaliação: kit de robótica LEGO_EV3

AVALIAÇÃO DE ARTEFATOS DE ROBÓTICA EDUCACIONAL			
Composição do artefato: KIT LEGO - EV3		Data da avaliação: 30/07/2024	
Profissional responsável pela análise: RIVKA MAJDENBAUM		Escola/Instituição de Ensino: IFRS - POA	
PONTUAÇÃO FINAL		80,00%	
O artefato robótico é viável pedagogicamente para qualquer faixa etária, na medida que oferece recursos para o desenvolvimento de projetos com maior diversidade.			
CRITÉRIOS		DESEMPENHO	
DIFICULDADE PARA O PROFESSOR SE APROPRIAR	ALTA DIFICULDADE - 2 pts	MÉDIA DIFICULDADE - 3 pts	BAIXA DIFICULDADE - 5 pts
Este critério avalia a dificuldade para o professor se apropriar do artefato de robótica educacional para utilizá-lo como recurso pedagógico em seu plano de trabalho docente.	O artefato é complexo e requer conhecimentos e habilidades específicos do professor para ser utilizado, como conhecimentos de programação, eletrônica ou mecânica. O artefato não fornece suporte suficiente para o professor, como documentação completa e detalhada.	O artefato é relativamente simples e pode ser utilizado por professores com conhecimentos básicos de robótica educacional. O artefato fornece suporte suficiente para o professor, como documentação completa e detalhada.	O artefato é de simples compreensão, fornece suporte para o professor, como documentação completa e detalhada.
PONTUAÇÃO:		5	
DEPENDÊNCIA DE RECURSOS DO ARTEFATO	ALTA DEPENDÊNCIA - 2 pts	MÉDIA DEPENDÊNCIA - 3 pts	BAIXA DEPENDÊNCIA - 5 pts
Avalia a capacidade do artefato robótico educacional de funcionar e realizar tarefas sem o auxílio de tecnologias de suporte adicionais.	O artefato robótico educacional requer um alto nível de uso de outras tecnologias associadas para realizar as tarefas.	O artefato robótico educacional possui algumas capacidades autônomas, mas ainda requer o uso de outras tecnologias associadas para realizar tarefas.	O artefato robótico educacional é capaz de realizar tarefas de forma autônoma, com pouca ou nenhuma intervenção de outras tecnologias.
PONTUAÇÃO:		5	
NÍVEL DO POTENCIAL CRIATIVO DO ARTEFATO	BAIXO POTENCIAL - 2 pts	MÉDIO POTENCIAL - 3 pts	ALTO POTENCIAL - 5 pts
Avalia a complexidade técnica e operacional do artefato robótico educacional que leva em consideração a quantidade de peças, o leque de funcionalidades e o potencial de customização e programação.	O artefato robótico educacional é simples, com poucos componentes e funcionalidades básicas.	O artefato robótico educacional possui uma quantidade moderada de componentes e funcionalidades, permitindo um certo grau de customização e programação.	O artefato robótico educacional é altamente complexo, com uma ampla gama de componentes e funcionalidades avançadas, oferecendo possibilidades de customização e programação avançada.
PONTUAÇÃO:		5	
VERSATILIDADE DO ARTEFATO	BAIXA VERSATILIDADE - 2 pts	MÉDIA VERSATILIDADE - 3 pts	ALTA VERSATILIDADE - 5 pts
Avalia a capacidade do artefato robótico educacional ser utilizado em uma variedade de contextos pedagógicos, projetos e tarefas.	O artefato robótico educacional tem um escopo limitado de uso pedagógico (exemplo trabalha só com movimento e não trabalha com múltiplos sensores).	O artefato robótico educacional pode ser utilizado em diferentes contextos e tem um escopo variado na utilização pedagógica.	O artefato robótico educacional é altamente flexível e adaptável, e oferece ampla gama de possibilidades de utilização pedagógica.
PONTUAÇÃO:		3	
INTERAÇÃO COM O AMBIENTE	BAIXA INTERAÇÃO - 2 pts	MÉDIA INTERAÇÃO - 3 pts	ALTA INTERAÇÃO - 5 pts
Avalia o quanto o artefato robótico educacional pode reconhecer, compreender e responder a entradas externas, como barreiras, sons, luzes, movimentos e outros dados ambientais.	O artefato robótico educacional tem uma interação limitada com o ambiente externo, com poucos sensores e pouca capacidade de detecção.	O artefato robótico educacional possui sensores básicos e capacidades de detecção para interagir com o ambiente de forma limitada.	O artefato robótico educacional é capaz de interagir ativamente com o ambiente, por meio de uma ampla gama de sensores e capacidades de detecção.
PONTUAÇÃO:		3	
ACESSIBILIDADE PARA DIFERENTES IDADES	BAIXA ACESSIBILIDADE - 2 pts	MÉDIA ACESSIBILIDADE - 3 pts	ALTA ACESSIBILIDADE - 5 pts
Avalia em que medida o artefato robótico é adequado e adaptado às diferentes habilidades, conhecimentos e capacidades de diferentes faixas etárias.	O artefato robótico educacional é adequado apenas para faixas etárias específicas, com recursos e interfaces complexas.	O artefato robótico educacional pode ser usado por um público amplo, com recursos e interfaces adaptáveis para diferentes idades.	O artefato robótico educacional é adequado para uma ampla faixa etária, com recursos e interfaces intuitivos e adaptáveis.
PONTUAÇÃO:		5	
VIABILIDADE ECONÔMICA	BAIXA VIABILIDADE - 2 pts	MÉDIA VIABILIDADE - 3 pts	ALTA VIABILIDADE - 5 pts
Avalia a capacidade do artefato robótico educacional de ser adquirido por um grande público, apesar de seus recursos ou restrições financeiras.	O artefato robótico educacional não é acessível economicamente.	O artefato robótico educacional é medianamente acessível economicamente.	O artefato robótico educacional é economicamente acessível.
PONTUAÇÃO:		2	

Figura 23: Avaliação, via rubrica, do Kit LEGO-EV3

Fonte: a autora

APÊNDICE F – Rubrica de avaliação: kit GOGO

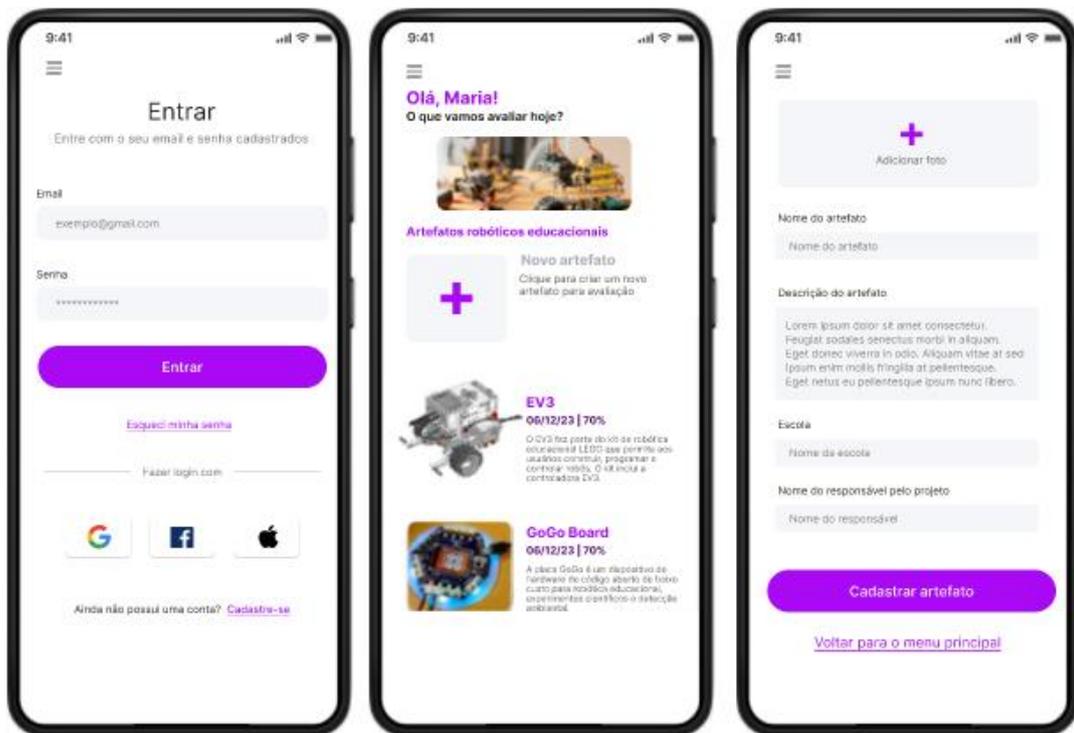
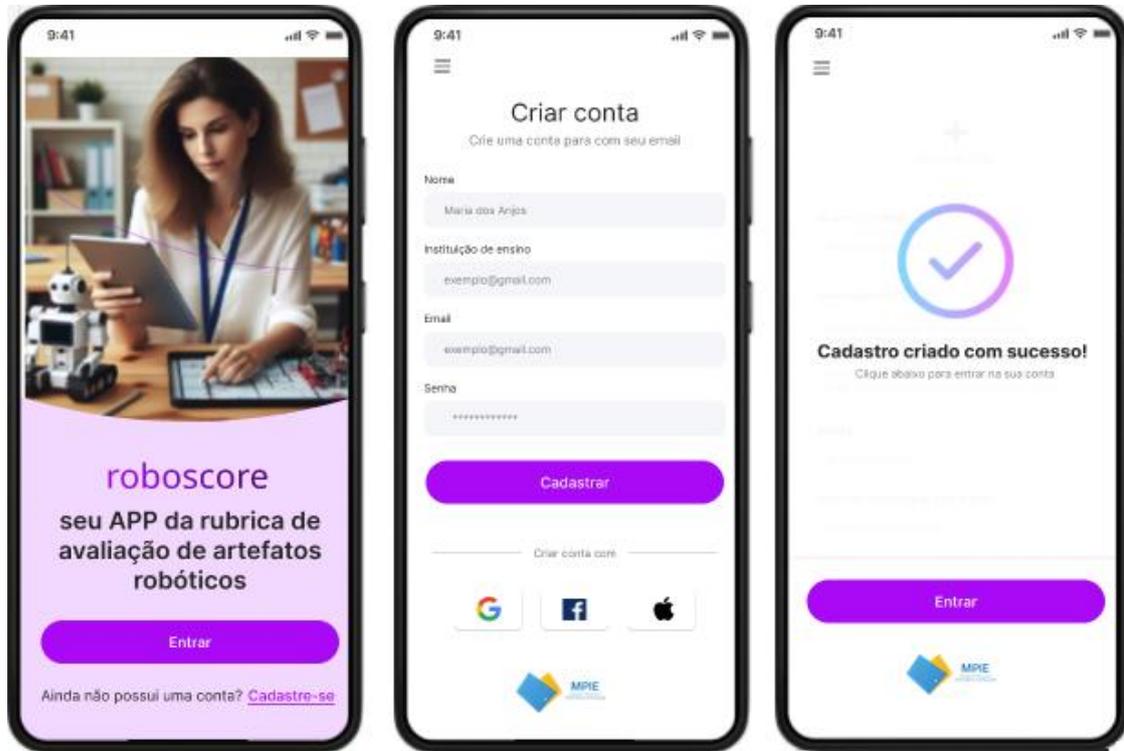
AVALIAÇÃO DE ARTEFATOS DE ROBÓTICA EDUCACIONAL			
Composição do artefato:	KIT GOGO	Data da avaliação:	30/07/2024
Profissional responsável pela análise:	RIVKA MAJDENBAUM	Escola/Instituição de Ensino:	IFRS - POA
PONTUAÇÃO FINAL	88,57%	O artefato robótico é viável pedagogicamente para qualquer faixa etária, na medida que oferece recursos para o desenvolvimento de projetos com maior diversidade.	
CRITÉRIOS	DESEMPENHO		
DIFICULDADE PARA O PROFESSOR SE APROPRIAR	ALTA DIFICULDADE - 2 pts	MÉDIA DIFICULDADE - 3 pts	BAIXA DIFICULDADE - 5 pts
Este critério avalia a dificuldade para o professor se apropriar do artefato de robótica educacional para utilizá-lo como recurso pedagógico em seu plano de trabalho docente.	O artefato é complexo e requer conhecimentos e habilidades específicos do professor para ser utilizado, como conhecimentos de programação, eletrônica ou mecânica. O artefato não fornece suporte suficiente para o professor, como documentação completa e detalhada.	O artefato é relativamente simples e pode ser utilizado por professores com conhecimentos básicos de robótica educacional. O artefato fornece suporte suficiente para o professor, como documentação completa e detalhada.	O artefato é de simples compreensão, fornece suporte para o professor, como documentação completa e detalhada.
PONTUAÇÃO:	3		
DEPENDÊNCIA DE RECURSOS DO ARTEFATO	ALTA DEPENDÊNCIA - 2 pts	MÉDIA DEPENDÊNCIA - 3 pts	BAIXA DEPENDÊNCIA - 5 pts
Avalia a capacidade do artefato robótico educacional de funcionar e realizar tarefas sem o auxílio de tecnologias de suporte adicionais.	O artefato robótico educacional requer um alto nível de uso de outras tecnologias associadas para realizar as tarefas.	O artefato robótico educacional possui algumas capacidades autônomas, mas ainda requer o uso de outras tecnologias associadas para realizar tarefas.	O artefato robótico educacional é capaz de realizar tarefas de forma autônoma, com pouca ou nenhuma intervenção de outras tecnologias.
PONTUAÇÃO:	5		
NÍVEL DO POTENCIAL CRIATIVO DO ARTEFATO	BAIXO POTENCIAL - 2 pts	MÉDIO POTENCIAL - 3 pts	ALTO POTENCIAL - 5 pts
Avalia a complexidade técnica e operacional do artefato robótico educacional que leva em consideração a quantidade de peças, o leque de funcionalidades e o potencial de customização e programação.	O artefato robótico educacional é simples, com poucos componentes e funcionalidades básicas.	O artefato robótico educacional possui uma quantidade moderada de componentes e funcionalidades, permitindo um certo grau de customização e programação.	O artefato robótico educacional é altamente complexo, com uma ampla gama de componentes e funcionalidades avançadas, oferecendo possibilidades de customização e programação avançada.
PONTUAÇÃO:	5		
VERSATILIDADE DO ARTEFATO	BAIXA VERSATILIDADE - 2 pts	MÉDIA VERSATILIDADE - 3 pts	ALTA VERSATILIDADE - 5 pts
Avalia a capacidade do artefato robótico educacional ser utilizado em uma variedade de contextos pedagógicos, projetos e tarefas.	O artefato robótico educacional tem um escopo limitado de uso pedagógico (exemplo trabalha só com movimento e não trabalha com múltiplos sensores).	O artefato robótico educacional pode ser utilizado em diferentes contextos e tem um escopo variado na utilização pedagógica.	O artefato robótico educacional é altamente flexível e adaptável, e oferece ampla gama de possibilidades de utilização pedagógica.
PONTUAÇÃO:	5		
INTERAÇÃO COM O AMBIENTE	BAIXA INTERAÇÃO - 2 pts	MÉDIA INTERAÇÃO - 3 pts	ALTA INTERAÇÃO - 5 pts
Avalia o quanto o artefato robótico educacional pode reconhecer, compreender e responder a entradas externas, como barreiras, sons, luzes, movimentos e outros dados ambientais.	O artefato robótico educacional tem uma interação limitada com o ambiente externo, com poucos sensores e pouca capacidade de detecção.	O artefato robótico educacional possui sensores básicos e capacidades de detecção para interagir com o ambiente de forma limitada.	O artefato robótico educacional é capaz de interagir ativamente com o ambiente, por meio de uma ampla gama de sensores e capacidades de detecção.
PONTUAÇÃO:	5		
ACESSIBILIDADE PARA DIFERENTES IDADES	BAIXA ACESSIBILIDADE - 2 pts	MÉDIA ACESSIBILIDADE - 3 pts	ALTA ACESSIBILIDADE - 5 pts
Avalia em que medida o artefato robótico é adequado e adaptado às diferentes habilidades, conhecimentos e capacidades de diferentes faixas etárias.	O artefato robótico educacional é adequado apenas para faixas etárias específicas, com recursos e interfaces complexas.	O artefato robótico educacional pode ser usado por um público amplo, com recursos e interfaces adaptáveis para diferentes idades.	O artefato robótico educacional é adequado para uma ampla faixa etária, com recursos e interfaces intuitivos e adaptáveis.
PONTUAÇÃO:	3		
VIABILIDADE ECONÔMICA	BAIXA VIABILIDADE - 2 pts	MÉDIA VIABILIDADE - 3 pts	ALTA VIABILIDADE - 5 pts
Avalia a capacidade do artefato robótico educacional de ser adquirido por um grande público, apesar de seus recursos ou restrições financeiras.	O artefato robótico educacional não é acessível economicamente.	O artefato robótico educacional é medianamente acessível economicamente.	O artefato robótico educacional é economicamente acessível.
PONTUAÇÃO:	5		

Figura 24: Avaliação, via rubrica, do KIT GoGo
Fonte: a autora

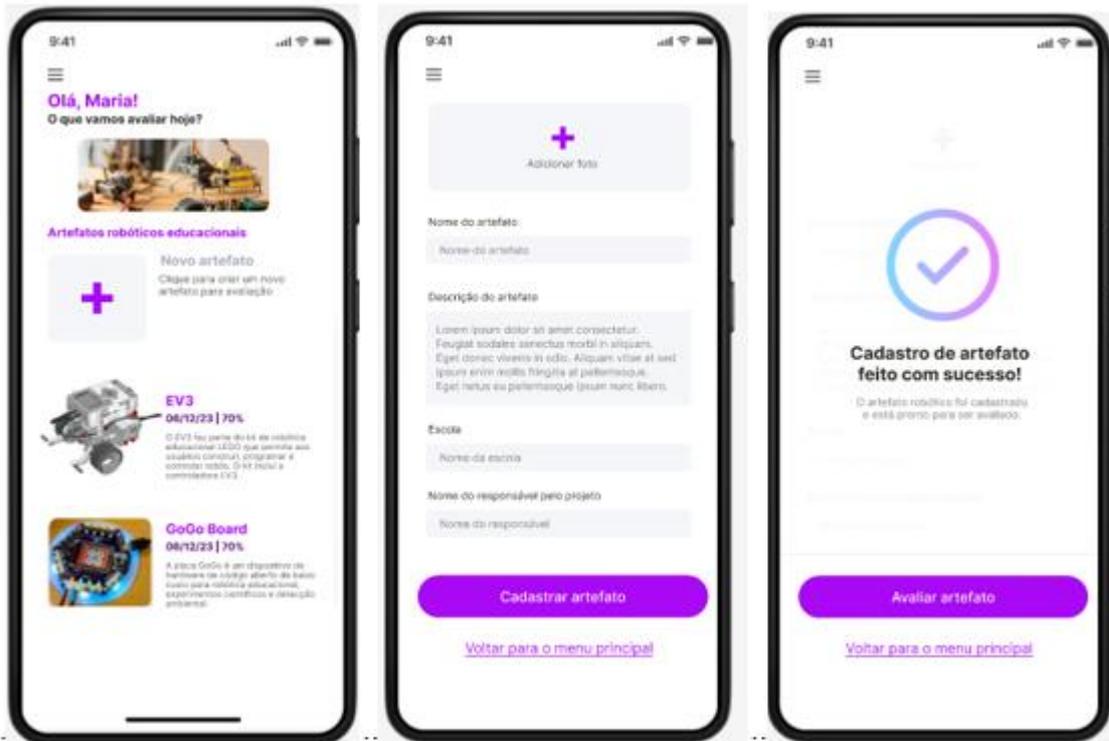
APÊNDICE G – Protótipo do aplicativo para mobile - *Roboscore*

A partir desta planilha começamos o design para transformar este instrumento de avaliação em um app para mobile, conforme segue:

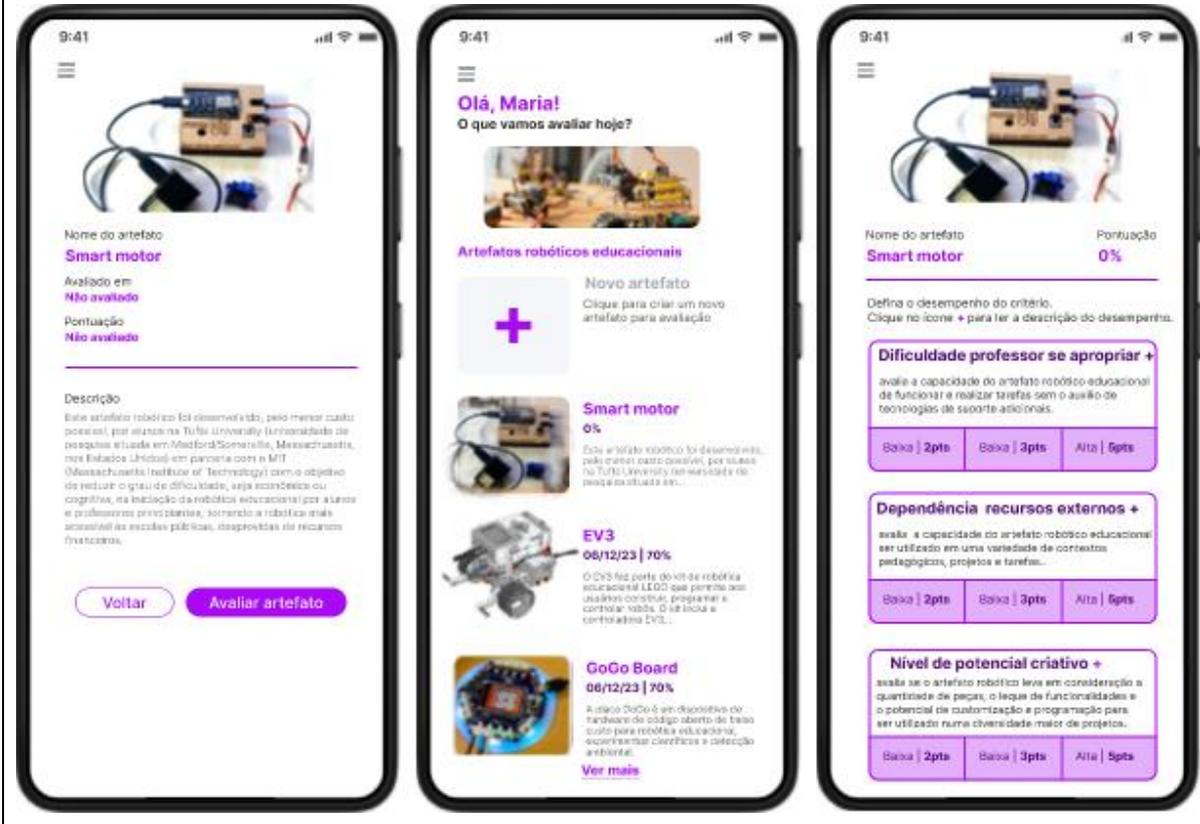
Cadastrar uma conta e acessar o APP

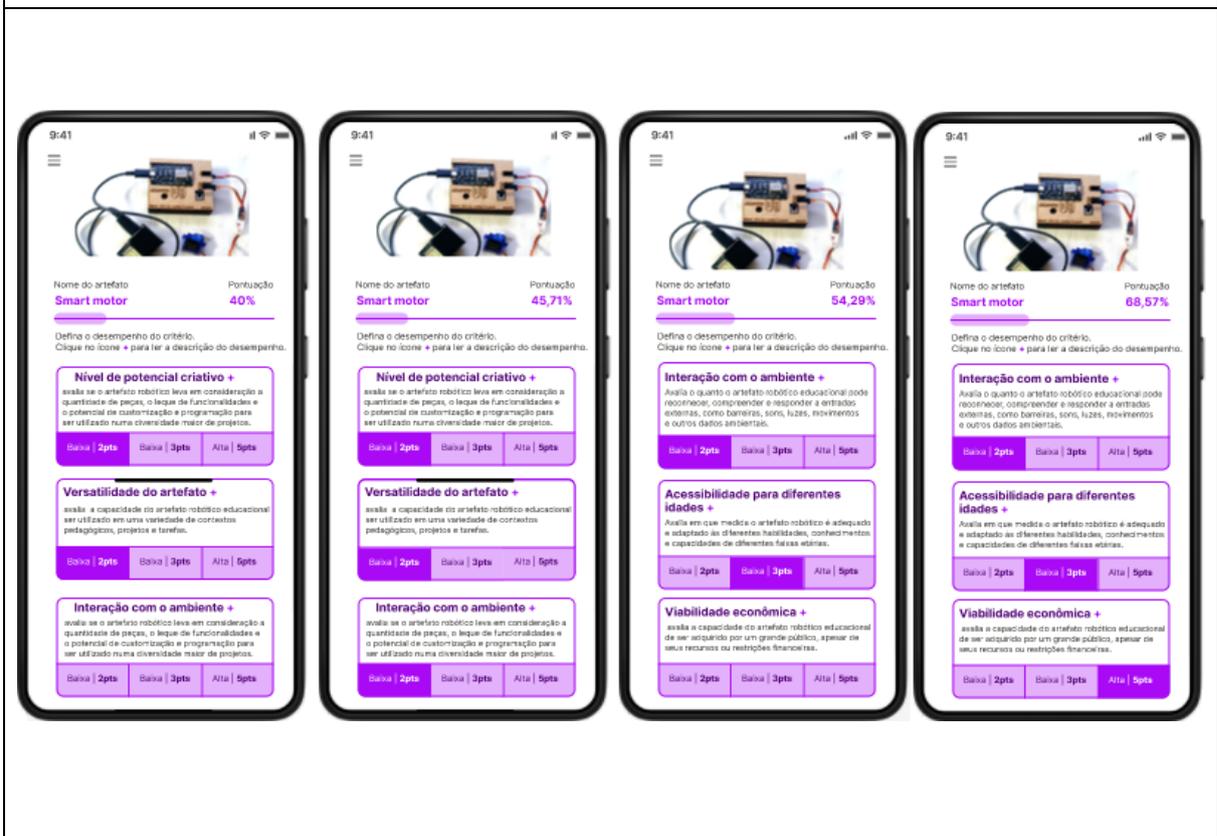
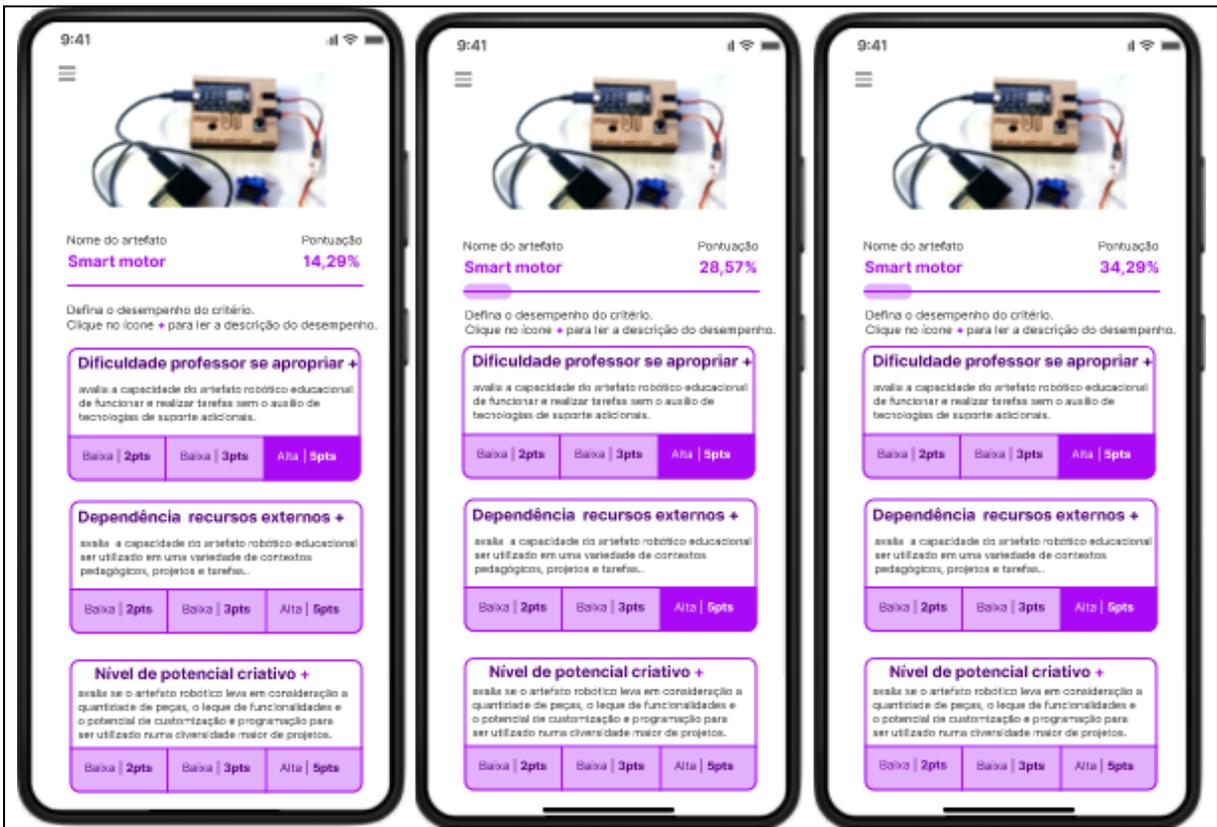


Cadastro de novo artefato robótico para avaliação

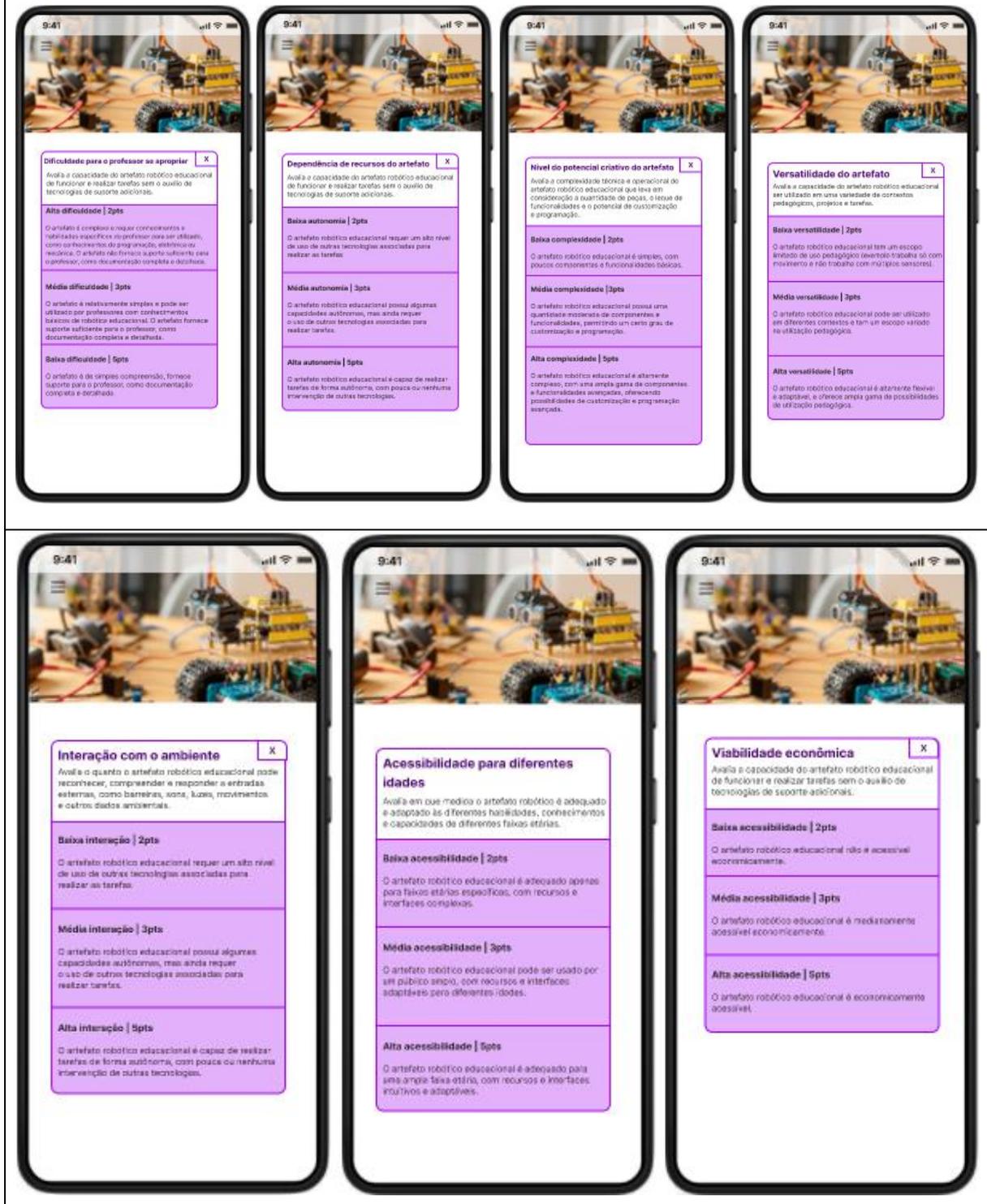


Avaliação de artefato robótico





Pontuação de cada critério:



Quadro 3: Protótipo do APP da rubrica de avaliação do potencial pedagógico de artefatos de robótica educacional a partir de uma perspectiva construcionista de aprendizagem.

Fonte: a autora.

APÊNDICE H – Manual de uso da rubrica de avaliação – formato planilha eletrônica

A seguir, apresentamos um guia detalhado para a utilização da rubrica de avaliação do potencial pedagógico de artefatos de robótica educacional a partir de uma perspectiva construcionista de aprendizagem, desenvolvido no formato de planilha eletrônica. Este manual foi elaborado para orientar profissionais da educação na avaliação de artefatos robóticos, assegurando que estes recursos tecnológicos sejam adequados às necessidades pedagógicas e promovam um aprendizado significativo, conforme os princípios da aprendizagem construcionista. Além disso, a rubrica de avaliação garante que os artefatos robóticos atendam às necessidades da instituição de ensino antes de sua aquisição, visando a obtenção eficaz de recursos adequados a sua realidade.

O link a seguir contém a rubrica de avaliação do potencial pedagógico de artefatos de robótica educacional a partir de uma perspectiva construcionista de aprendizagem e o manual de utilização da rubrica:

https://drive.google.com/drive/folders/1LrZi7MkjduMLG23acVnJYZE9CjCay6JC?usp=drive_link



Figura 25: Manual de utilização da rubrica no formato PDF.
Fonte: a autora

Conteúdo do manual de uso da rubrica de avaliação

Este manual é disponibilizado em formato PDF e acompanhará a rubrica de avaliação do potencial pedagógico de artefatos de robótica educacional a partir de uma perspectiva construcionista de aprendizagem, que será fornecida em formato de planilha eletrônica.

A rubrica de avaliação a seguir foi desenvolvida para auxiliar você educador ou gestor escolar na escolha e avaliação de artefatos de robótica educacional, considerando uma perspectiva construcionista de aprendizagem. Esta ferramenta visa garantir que os artefatos selecionados sejam adequados aos objetivos pedagógicos e às necessidades específicas de cada contexto educativo. A rubrica deve ser utilizada em uma planilha eletrônica que calcula automaticamente o resultado com base nas pontuações atribuídas a cada critério.

A avaliação do artefato robótico, por meio desta rubrica, deve ser conduzida por um profissional com formação tanto pedagógica quanto em tecnologias educacionais, com experiência na condução de aulas ou oficinas dedicadas à robótica educativa, permitindo uma análise completa, considerando os aspectos pedagógicos e tecnológicos do artefato analisado.

Para avaliar o potencial pedagógico de artefatos de robótica educacional sob uma perspectiva construcionista de aprendizagem, você utilizará a rubrica composta por sete critérios de avaliação.

MÉTODO DE APLICAÇÃO DA RUBRICA

- Para aplicar a rubrica de avaliação, siga as orientações abaixo:
- Certifique-se de ter acesso ao arquivo da planilha eletrônica destinada à avaliação dos artefatos robóticos.
- Acesse a rubrica de avaliação do potencial pedagógico de artefatos de robótica educacional a partir de uma perspectiva construcionista de aprendizagem.
- Para cada critério selecione a pontuação mais adequada (2, 3 ou 5) conforme a performance do artefato e digite a pontuação no local indicado na planilha.
- Digite apenas as pontuações (2, 3 ou 5) atribuídas a cada critério nas células indicadas na cor amarelo na planilha eletrônica. Após pressionar a tecla ENTER o somatório dos pontos e o resultado serão calculados automaticamente pela planilha, proporcionando o percentual alcançado pela avaliação do artefato robótico.

1) Primeiro, avalie o nível de dificuldade para o professor se apropriar do artefato de robótica educacional:

Pontuação 2: "alta dificuldade de apropriação"

artefato robótico complexo que requer conhecimentos e habilidades específicas do professor para ser utilizado, como conhecimentos de programação, eletrônica ou mecânica.

Pontuação 3: "média dificuldade de apropriação"

artefato robótico relativamente simples que pode ser utilizado por professores com conhecimentos básicos de robótica educacional.

Pontuação 5: "baixa dificuldade de apropriação"

artefato robótico de simples compreensão pelo professor.

2) Segundo avalie a dependência de recursos do artefato (capacidade do artefato de robótica educacional funcionar e realizar tarefas sem o auxílio de tecnologias digitais adicionais):

Pontuação 2: "baixa dependência"

O artefato robótico é capaz de realizar tarefas de forma autônoma, com pouca ou nenhuma intervenção de outras tecnologias.

Pontuação 3: "média dependência"

O artefato robótico tem algumas capacidades autônomas, mas ainda requer o uso de outras tecnologias associadas para realizar tarefas.

Pontuação 5: "alta dependência"

O artefato robótico requer um alto nível de uso de outras tecnologias associadas para realizar as tarefas.

3) Terceiro avalie o "nível do potencial criativo do artefato" (se o artefato robótico leva em consideração a quantidade de peças, o leque de funcionalidades e o potencial de customização e programação para ser utilizado numa diversidade maior de projetos):

Pontuação 2: "baixo potencial"

O artefato robótico é simples, com poucos componentes e funcionalidades básicas.

Pontuação 3: "médio potencial"

O artefato robótico possui uma quantidade moderada de componentes e funcionalidades, permitindo um certo grau de customização e programação.

Pontuação 5: “alto potencial”

O artefato robótico oferece uma ampla gama de componentes e funcionalidades avançadas, com possibilidades de customização e programação avançada.

- 4) Quarto avalie a “**versatilidade do artefato**” (capacidade do artefato robótico educacional ser utilizado em uma variedade de contextos pedagógicos, projetos e tarefas):

Pontuação 2: “baixa versatilidade”

O artefato robótico tem um escopo limitado de uso pedagógico, como por exemplo, o artefato trabalha só com movimento e não trabalha com múltiplos sensores.

Pontuação 3: “média versatilidade”

O artefato robótico pode ser utilizado em diferentes contextos e tem um escopo variado na utilização pedagógica.

Pontuação 5: “alta versatilidade”

O artefato robótico é altamente flexível e adaptável oferecendo ampla gama de possibilidades de utilização pedagógica.

- 5) Quinto avalie a “**interação com o ambiente**” (avalia o quanto o artefato robótico pode reconhecer, compreender e responder a entradas externas, como barreiras, sons, luzes, movimentos e outros dados ambientais):

Pontuação 2: “baixa interação”

O artefato robótico tem uma interação limitada com o ambiente externo, com poucos sensores e pouca capacidade de detecção.

Pontuação 3: “média interação”

O artefato robótico possui sensores básicos e capacidades de detecção para interagir com o ambiente de forma limitada.

Pontuação 5: “alta interação”

O artefato robótico é capaz de interagir ativamente com o ambiente, por meio de uma ampla gama de sensores e capacidades de detecção.

6) Sexto avalie a “**acessibilidade para diferentes idades**” (o artefato robótico é adequado e adaptado às diferentes habilidades, conhecimentos e capacidades de diferentes faixas etárias):

Pontuação 2: “baixa acessibilidade”

O artefato robótico é adequado apenas para faixas etárias específicas, com recursos e interfaces complexas.

Pontuação 3: “média acessibilidade”

O artefato robótico pode ser utilizado por um público amplo, com recursos e interfaces adaptáveis para diferentes idades.

Pontuação 2: “alta acessibilidade”

O artefato robótico é adequado para uma ampla faixa etária, com recursos e interfaces intuitivos e adaptáveis.

7) Sétimo avalie a “**viabilidade econômica do artefato**” (pode ser adquirido por um grande público, apesar de seus recursos ou restrições financeiras):

Pontuação 2: “baixa viabilidade”

O artefato robótico não é acessível economicamente.

Pontuação 3: “média viabilidade”.

O artefato robótico é medianamente acessível economicamente.

Pontuação 5: “alta viabilidade”

O artefato robótico é economicamente acessível.

INTERPRETAÇÃO DA PONTUAÇÃO

A interpretação da pontuação final considera o contexto pedagógico construcionista.

- Pontuação < 60% (menos de 21 pontos): Artefato não é viável pedagogicamente.
- Pontuação >= 60% e < 75% (21 a menos de 26,25 pontos): Viável para faixa etária específica (>=6 e <14 anos).
- Pontuação >= 75% (26,25 pontos ou mais): Viável pedagogicamente para qualquer faixa etária.

A rubrica de avaliação de artefatos robóticos visa auxiliar educadores e gestores na escolha e avaliação de recursos de robótica educacional, considerando as especificidades pedagógicas e tecnológicas de cada artefato.

Por meio dessa avaliação estruturada, é possível garantir que os recursos adquiridos contribuam efetivamente para o aprendizado significativo dos alunos.

Em breve esta rubrica de avaliação do potencial pedagógico de artefatos de robótica educacional a partir de uma perspectiva construcionista de aprendizagem estará disponível na sua loja de aplicativos pela Internet.