

A UTILIZAÇÃO DA ROBÓTICA EDUCACIONAL PARA ENSINAR CRIANÇAS A PROGRAMAR: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA.

JESSICA TOLEDO SALLES

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA JÚLIO DE MESQUITA FILHO (UNESP)

JAIRO CARDOSO DE OLIVEIRA

UNIVERSIDADE NOVE DE JULHO (UNINOVE)

CRISTIANE PELISOLLI CABRAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL (UFRGS)

ALEXANDRE DA SILVA SIMÕES

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA JÚLIO DE MESQUITA FILHO (UNESP)

A UTILIZAÇÃO DA ROBÓTICA EDUCACIONAL PARA ENSINAR CRIANÇAS A PROGRAMAR: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA.

I. INTRODUÇÃO

Robótica é um tema que até a década de 1990 era praticamente exclusivo para pesquisadores de escolas de engenharias (SILVA; BLIKSTEIN, 2020). Décadas mais tarde, esse assunto ainda direciona nosso pensamento quase imediatamente ao Ensino Superior, sobretudo nas áreas de engenharias ou ainda em cursos técnicos voltados para a capacitação profissional. Isso acontece, pois a robótica pode envolver as principais áreas da engenharia como elétrica, mecânica e programação, e também é muito utilizada na indústria principalmente no setor de automação (CABRAL, 2011). Por outro lado, segundo Cabral (2011), existe uma modalidade de robótica cuja popularidade tem crescido no meio escolar e tem se mostrado uma importante ferramenta que estimula os alunos a pensar para resolver problemas, promove o trabalho em grupo, desenvolve a criatividade, além de aumentar a motivação e o interesse dos alunos durante as aulas: a Robótica Educacional.

A Robótica Educacional (RE) é uma atividade que facilita a compreensão dos conceitos teóricos estudados na sala de aula uma vez que é possível ver suas aplicações na prática, através da construção e programação de robôs (CABRAL, 2011). A RE pode ser desenvolvida utilizando kits que foram projetados para ensinar crianças a programar sem utilizar uma linguagem de programação “para adultos”. A proposta de um kit de robótica é transformar uma tarefa técnica complexa, como a programação e o controle de um robô, em uma atividade acessível para o nível de abstração e aprendizagem da criança sem simplificar exageradamente as atividades para não comprometer o engajamento do aluno (SILVA; BLIKSTEIN, 2020).

Tipicamente, durante a aula, o professor ensina os conceitos de lógica que serão estudados no período e promove a construção de um protótipo (um robô) utilizando as peças de um kit de robótica. Em seguida, ele auxilia os alunos a transformar a linguagem humana em linguagem de programação (CABRAL, 2019) utilizando um software compatível com o código que está sendo estudado. Através do caráter lúdico das aulas de robótica, o aluno pode aprender por si próprio, interagir com a realidade e desenvolver suas habilidades para refletir, formular e equacionar problemas.

Apesar das vantagens oferecidas pelas aulas de robótica e este ser um assunto bastante atrativo para jovens e crianças, poucas escolas oferecem este curso como disciplina extracurricular. Com o avanço da tecnologia e o aumento da curiosidade das crianças para entender como os aplicativos de celular são feitos, como é possível movimentar um carrinho de brinquedo pelo celular, entre outras dúvidas relacionadas com o dia a dia, foi percebida a necessidade de ampliar o acesso a este tipo de informação. Por esse motivo, foram criadas as escolas privadas de programação e robótica para o público infanto-juvenil. A receptividade dessas escolas foi tão grande que, em 2015, havia mais de 5 escolas com unidades espalhadas pelo Brasil. Entre elas, podemos citar as escolas Code Buddyⁱ, Ctrl + Playⁱⁱ, Happy Codeⁱⁱⁱ, Futura Code^{iv} e Super Geeks^v. Ainda que estas escolas aparentem ter baixa representatividade em relação as demais escolas que oferecem cursos extracurriculares, esta data é bastante significativa para a educação, pois foi o momento em que tanto a robótica quanto a ciência da computação saíram do anonimato para chamar a atenção das crianças e mostrar aos pais os benefícios que esta área pode ter.

Assim sendo, o objetivo desta pesquisa é discutir as diferentes possibilidades de utilizar a robótica inserida em um contexto educacional como ferramenta para desenvolver o raciocínio lógico e ensinar crianças a programar, buscando compreender quais são os kits robóticos utilizados, os benefícios, os desafios e as limitações existentes na utilização desta tecnologia.

II. METODOLOGIA

Foi realizada uma revisão sistemática da literatura para encontrar publicações relevantes sobre a utilização da RE para o desenvolvimento de lógica e conceitos de programação em crianças e adolescentes durante a fase escolar. A pesquisa foi realizada em quatro bases de dados eletrônicas: IEEE Xplore, Scopus, Web of Science (WoS) e ACM. A expressão de busca utilizada em todos os bancos de dados foi a seguinte: ("robot" OR "robots" OR "robotic" OR "robotics") AND ("children" OR "child" OR "kids" OR "kid") AND ("school") AND ("programming" OR "program" OR "programming logic" OR "coding") AND ("kit") AND ("education" OR "educational" OR "teaching") AND NOT ("game" OR "games") AND NOT ("autism") AND NOT ("medicine") AND NOT ("food") AND NOT ABS ("curriculum") AND NOT ("biology").

Durante as pesquisas preliminares percebeu-se a necessidade de filtrar a busca, retirando elementos como “medicine”, “games”, “autism”, “food”, “curriculum” e “biology” que podem estar relacionados com a robótica, como no desenvolvimento de equipamentos médicos e para a indústria alimentícia, porém não se encaixam na área da Robótica Educacional. Apesar da RE ter um lado lúdico e muitas vezes ser vista como uma brincadeira pelas crianças, neste estudo ela não será utilizada para o desenvolvimento de jogos, nem como uma brincadeira de caráter recreativo, nem sequer como ferramenta de interação com humanos como na dança, arte ou até mesmo em uma sessão de terapia.

Posteriormente, foram aplicados critérios de inclusão e exclusão para encontrar publicações apropriadas para responder aos objetivos da pesquisa. Os critérios de inclusão selecionados são:

- utilização de kits de robótica ou softwares de programação em RE;
- pesquisas publicadas a partir de 2015;

Foram adotados os seguintes critérios de exclusão para os artigos:

- aplicabilidade apenas na área de educação ou psicologia e na capacitação de professores e/ou adultos na área da RE;
- pesquisas cujo objetivo é desenvolver alguma linguagem de programação específica e não o desenvolvimento da lógica de programação independente da linguagem utilizada;
- desenvolvimento de uma disciplina de robótica dentro do currículo escolar tradicional;
- utilizar a robótica como ferramenta para ensinar outras disciplinas (matemática, física, entre outras);
- eventos como competições e workshops.

Ao final da pesquisa, respondemos as seguintes perguntas:

1. Quais kits são utilizados atualmente?
2. Quais são os benefícios e as limitações existentes na Robótica Educacional?
3. Qual é a principal área de pesquisa: engenharia ou educação?

Os critérios de inclusão e exclusão dos artigos foram aplicados inicialmente no título e no resumo; dessa forma, houve a triagem dos artigos que deveriam ser analisados. Uma seleção aconteceu após a leitura de cada texto, mantendo os mesmos critérios utilizados inicialmente. Por fim, foram incluídos na revisão apenas pesquisas que se encaixavam nos critérios determinados.

III. LEVANTAMENTO DOS ARTIGOS

A. IEEE

Utilizando a expressão de busca apresentada na metodologia desta pesquisa foram encontrados dois artigos sobre Robótica Educacional. Ambos os artigos foram lidos integralmente e um deles foi descartado, pois o principal conteúdo abordado era o desenvolvimento de uma atividade extracurricular e o processo de capacitação de professores para ministrar aulas de robótica. Dessa forma, o resultado foi apenas um artigo para análise.

B. ACM

A pesquisa inicial retornou um total de 17 artigos na área da Robótica Educacional; destes artigos, foram eliminados 13 que não correspondiam aos critérios de pesquisa adotados. O tema mais recorrente entre os artigos excluídos é a explicação do que é a RE e os benefícios que ela traz para o desenvolvimento tanto intelectual quanto cognitivo das crianças. Apesar deste tema ser a base de toda pesquisa sobre RE, ele não inclui o desenvolvimento da lógica de programação e, desta forma, não se encaixa nos critérios de inclusão desta pesquisa. Um segundo corte foi realizado com os demais artigos sendo três artigos excluídos e um separado para análise final.

C. Web of Science

A pesquisa nessa base de dados retornou um total de quatro artigos. Foram excluídos artigos com foco na inclusão da Robótica Educacional no currículo escolar e em tarefas que comparavam o comportamento de crianças de diferentes idades durante o período de interação com um kit de robótica. Por fim, foram selecionados dois artigos.

D. Scopus

Foram obtidos 116 artigos quando realizada a consulta inicial na base de dados. Um primeiro corte foi realizado resultando em 37 artigos aderentes ao tema pesquisado e sem duplicações. Um segundo corte foi efetuado após a leitura completa dos artigos selecionados, eliminando temas como aqueles observados na base ACM: a capacitação de professores na área da robótica, como elaborar cursos e workshops para ensinar robótica para crianças e a utilização de robôs para ensinar outras disciplinas como matemática, física e biologia. Foram selecionados quatro artigos ao final da leitura.

E. Resultado da revisão

Para cada artigo selecionado para a revisão sistemática foi realizado o levantamento de informações como ano da publicação, país de origem, o banco de dados de onde foram extraídos e, por fim, as publicações foram classificadas em três grupos distintos. Os grupos são:

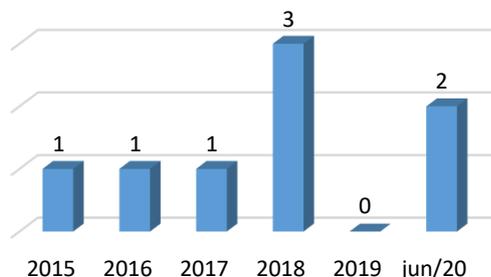
- Engenharia – artigos que propõem o desenvolvimento de um robô, kit de robótica, um software de programação independente ou um software de programação capaz de se comunicar com kits de robótica já existentes. Nesta categoria era imprescindível que os autores dos artigos especificassem a parte técnica do projeto.
- Educação – artigos cujo foco é utilizar um kit ou software para ensinar crianças a programar e analisar como este processo acontece.
- Comparativo – artigos que fizessem a comparação entre dois kits de robótica ou dois softwares de programação.

A base que apresentou a maior quantidade de dados para esta pesquisa foi a Scopus com quatro artigos, seguida pela Web of Science com dois artigos e, por fim, IEEE e ACM com um artigo cada uma.

A Robótica Educacional não é um campo de estudo tão recente e vem sendo utilizada nas escolas há muitos anos, contudo, as pesquisas no meio acadêmico ainda são pouco numerosas

apesar de crescentes. Como pode ser observado na figura 1, até a metade de 2020 já foi ultrapassado o total de artigos publicados no ano de 2017. Por outro lado, o ano de 2019 não apresentou resultados, o que não necessariamente significa que não houve pesquisa na área da RE nesse período. A justificativa mais plausível para este fenômeno é que neste ano não houve pesquisas capazes de atender o objetivo desta revisão sistemática da literatura.

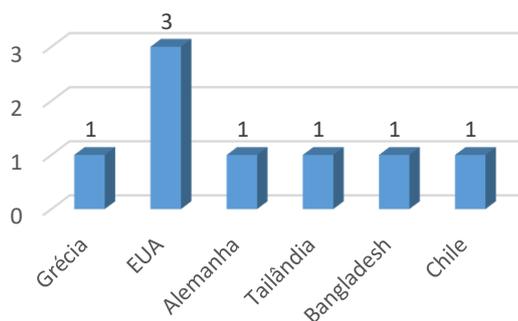
Figura 1 - Total de publicações por ano.



Fonte: Resultados originais da pesquisa.

Em relação aos países de origem dos artigos, a figura 2 evidencia que não existe um grande número de nações interessadas por este tipo de pesquisa. Entre envolvidos, os Estados Unidos é o país que mais se destaca possuindo três dos oito artigos analisados. Em relação ao Brasil, não foram encontrados resultados atendendo aos critérios de pesquisa nas bases de dados escolhidas.

Figura 2 - Total de publicações por país.



Fonte: Resultados originais da pesquisa.

Os artigos foram divididos em três grupos distintos a fim de facilitar suas análises. Foram levantados quatro artigos correspondentes à área da engenharia; foram detectados dois artigos da área de educação e dois artigos foram classificados como comparativos

IV. ANÁLISE DOS ARTIGOS

Nessa seção é apresentada uma análise dos artigos levantados ao longo dessa pesquisa. A avaliação foi realizada respeitando a divisão de grupos apresentada na seção III, de forma a facilitar a identificação de padrões de pesquisa e possíveis lacunas ainda não exploradas na Robótica Educacional.

A. Engenharia

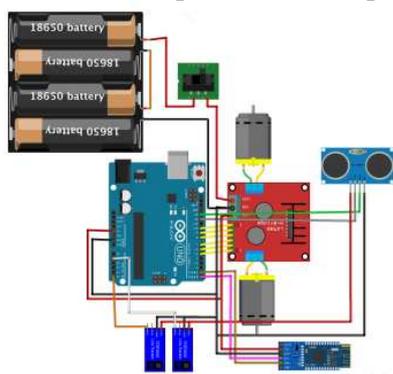
A maioria dos artigos selecionados para essa pesquisa foram identificados como sendo da área de engenharia, representando 50% do total. Isso demonstra que o tema pesquisado tem inspirado acadêmicos a explorar os conceitos da Robótica Educacional para desenvolver novos kits de robótica. Três, dos quatro trabalhos analisados, projetaram kits compostos por um robô

e atividades de programação, são eles: Arducation Bot (PHETSRIKRAN et al., 2018), Rupai (MASUM et al., 2018) e Pre-robot (COIRO et al., 2020). O outro projetou um aplicativo chamado MyNXT (MANOUSARIDIS et al., 2015), que se comunica com o módulo de programação NXT do kit de robótica Lego Mindstorms.

Os kits de robótica como Lego Mindstorms, KIBO, entre outros, são inacessíveis para muitas escolas devido ao seu valor elevado. A preocupação com o alto custo desse material foi um dos fatores que motivou o desenvolvimento de projetos com uma estrutura "faça você mesmo" (PHETSRIKRAN et al., 2018; MASUM et al., 2018; COIRO et al., 2020) utilizando componentes eletrônicos de valor acessível, fáceis de montar e de fácil replicação. A estrutura de hardware desses robôs apresentou um padrão de componentes como microcontrolador Arduino, sensores (ultrassônico e de refletância), LED's, motores e um ponto de conexão bluetooth ou wi-fi para conectar o robô ao software de programação (PHETSRIKRAN et al., 2018; MASUM et al., 2018; COIRO et al., 2020). De forma geral, com essa estrutura os robôs são capazes de andar para frente, para trás, fazer curvas para a direita ou esquerda, identificar bloqueios no caminho, entre outras funções. A maior diferença entre os projetos está na programação dos robôs, que pode ser física ou digital.

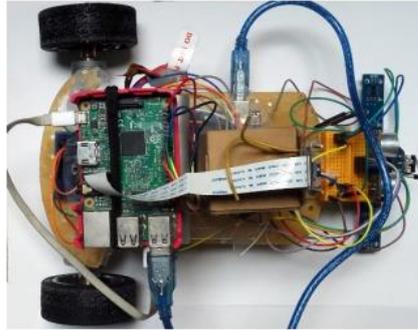
Em relação à parte estrutural, verificou-se que as estruturas externas, isto é, os corpos dos robôs (chassis), são diferentes. Os autores não entram em detalhes dos projetos estruturais, porém eles explicam como os chassis devem ser construídos para sustentar o hardware e seus periféricos permitindo que o robô execute todos os comandos programados. A figura 3 apresenta um modelo de hardware feito a partir do microcontrolador Arduino, enquanto a figura 4 mostra um chassi de um robô. Os robôs projetados por Phetsrikan et al. (2018) e Masum et al. (2018) apresentam uma vantagem em relação aos kits prontos, pois permitem que a criança use a imaginação para criar e enfeitar seu próprio robô uma vez que ela pode construir uma carcaça utilizando sucata e outros materiais que ela tenha em casa. Entretanto, poder montar a estrutura externa do robô não é uma novidade para kits de robótica, uma vez que o kit Lego já permite que as crianças criem essa estrutura. Porém, construir um robô de sucata permite que o kit seja independente de peças e acessórios caros, mantendo a proposta de criar um kit de baixo custo.

Figura 3 – Diagrama do circuito com a placa Arduino para o robô Arducation Bot.



Fonte: Phetsrikan et al. (2018).

Figura 4 – Estrutura de hardware acoplada ao chassi do robô.



Fonte: Masum et al. (2018).

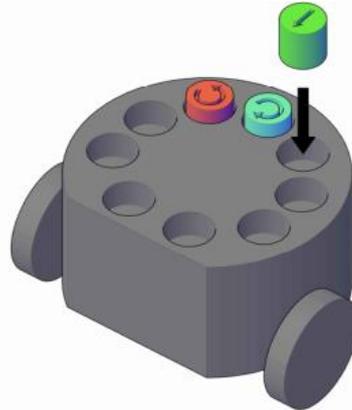
Coiro et al. (2020) propuseram uma estrutura externa diferente; foi projetado um chassi circular de plástico com furos em sua superfície onde são encaixados os blocos de programação (pequenos cilindros de plástico). Diferente dos robôs anteriores, este kit não pode ter seu chassi modificado, pois a programação do robô é física, ou seja, ela acontece quando os blocos são encaixados na estrutura do robô.

Quanto ao software utilizado para a programação em meio digital, Phetsrikran et al. (2018) desenvolveram dois softwares diferentes: um para a comunicação entre o microcontrolador Arduino e o iPad e outro, o iOS, que fornece a interface de comunicação com o usuário (o meio de programação). O segundo, um aplicativo para dispositivos móveis, foi projetado para ser intuitivo, interativo e de fácil manipulação para as crianças; ele conta com uma programação em blocos os quais podem ser arrastados para o espaço de trabalho designado para a estruturação do código. Além disso, o aplicativo conta com atividades de quebra-cabeça que ensinam os conceitos de sequenciamento, repetição e condicionais. Esse kit de robótica necessita do auxílio de um iPad para programar um robô.

Já Masum et al. (2018) desenvolveram um editor de linguagem de programação visual (LPV) que pode ser acessado através de um navegador de internet. O LPV utiliza uma linguagem de programação em blocos, os quais podem ser arrastados até a área de trabalho designada para a escrita do código. A interface com o usuário é simples, intuitiva e permite que o usuário escolha o nível de dificuldade do código que ele deseja programar (fácil, médio ou difícil). Os blocos de programação podem ser utilizados em atividades nas quais a criança consegue desenvolver conceitos de lógica, controle, matemática, funções, variáveis, entre outros. Assim como o Arducation Bot, o Rupai demanda a utilização de um computador ou dispositivo móvel para a criança aprender a programar e poder interagir com o robô.

Por outro lado, Coiro et al. (2020) não utilizam um software digital para programar. O Pre-robot foi projetado para crianças em idade pré-escolar, período no qual a criança passa pela fase do desenvolvimento motor e tem grande interesse em atividades manuais. Dessa forma, a programação do protótipo é realizada ao encaixar peças de formato cilíndrico na superfície do chassi do robô; cada peça contém um símbolo que representa o movimento que o robô deve fazer e constitui um bloco de programação, conforme pode ser verificado na figura 5. O código final é composto por vários blocos colocados em sequência.

Figura 5 – Desenho do protótipo Pre-robot.



Fonte: Coiro et al. (2020).

Enquanto Phetsrikran et al. (2018), Masum et al. (2018) e Coiro et al. (2020) projetaram kits completos de robótica, Manousaridis et al. (2015) identificaram uma limitação em um kit já existente e projetou um aplicativo para contornar o problema. O aplicativo desenvolvido é o MyNXT, produzido para dispositivos móveis. Esse aplicativo possui uma interface simples, intuitiva, comunicando-se com o NXT através do bluetooth e apresenta um campo para a criança criar sua lógica de programação. O código é elaborado através do clique de botões que contém instruções necessárias para fazer o robô se movimentar. A motivação desse projeto veio da dificuldade encontrada na interação das crianças com o software de programação do kit Lego Mindstorms; foi observado que apesar do Lego ser um produto voltado para o ensino de programação para crianças, seu software possui limitações como a falta de interação com outras linguagens de programação e um sistema de comunicação complexo que dificulta a compreensão sobre o seu funcionamento.

Do ponto de vista da engenharia, nenhum trabalho apresentou a utilização de um componente ou tecnologia novos; todos os objetos para o ensino de programação são relativamente simples e de baixo custo. Apesar dos projetos não serem inovadores, Phetsrikran et al. (2018), Masum et al. (2018) e Coiro et al. (2020) têm como um de seus objetivos a replicabilidade do projeto, o que pode ser visto como uma justificativa para a simplicidade dos robôs. Por outro lado, Manousaridis et al. (2015), Phetsrikran et al. (2018), Masum et al. (2018) e Coiro et al. (2020) possuem um grande diferencial de outros projetos de engenharia, pois suas pesquisas tem uma base sólida na educação. Os autores apresentam a importância de estudar conceitos além da engenharia para entender as transformações que a tecnologia está trazendo para a educação e a vida das crianças. Esse conhecimento, aliado à engenharia, possibilita o desenvolvimento de kits ou até mesmo brinquedos para Robótica Educacional que permitem que crianças interajam com a tecnologia de forma divertida e desde pequenas obtenham estímulos que possam ajudar no processo de formação do pensamento computacional, sem prejudicar o processo natural do desenvolvimento cognitivo.

Uma limitação observada em Manousaridis et al. (2015), Masum et al. (2018) e Coiro et al. (2020) foi a falta de testes dos projetos com as crianças. Essa experimentação é de extrema importância para avaliar se os protótipos estão de fato atendendo às expectativas e ajudando os educadores a estimular o pensamento computacional e ensinar crianças a programar. Além disso, através de avaliações, é possível determinar quais são as maiores dificuldades enfrentadas pelas crianças, como entender o que é um algoritmo, como as informações são transmitidas do computador para o robô, como funciona um loop, por que o robô não se mexe, entre outras dúvidas. Também é possível estudar qual forma de programação (física ou digital) é mais

adequada para cada etapa do desenvolvimento da criança e projetar ou alterar os materiais de forma a melhorar a educação do público alvo. No artigo de Phetsrikran et al. (2018), o Arducation Bot foi testado com alguns grupos de diferentes crianças e através de avaliações percebeu-se uma queda no desempenho quando os alunos tentaram resolver os exercícios de dificuldade maior. Para os pesquisadores, esse comportamento mostra que os conceitos mais avançados de programação precisam ser passados e reforçados mais de uma vez pelos educadores até as crianças assimilarem o conteúdo.

De forma geral, existe uma discordância entre os autores dos trabalhos em relação à classificação do sujeito como criança. Manousaridis et al. (2015) classificam como crianças as pessoas com idades de 8 a 15 anos; Coiro et al. (2020) não trazem uma idade específica, mas elabora um projeto voltado para sujeitos em idade pré-escolar, ou seja, crianças até 6 anos de idade. Já Phetsrikran et al. (2018) e Masum et al. (2018), não deixam claro a faixa de idade que eles consideram o sujeito como criança, porém do contexto depreende-se uma idade a partir de 10 anos. Não ter uma faixa etária específica para classificar o sujeito como criança não prejudica o entendimento dos artigos, porém dificulta o mecanismo de busca na literatura.

B. Educação

Apesar dos demais grupos de artigos também apresentarem características de pesquisa na área da educação, os trabalhos assim classificados estão focados em aplicar uma ferramenta de robótica e estudar como a criança interage com tarefas de programação, assim como observar seu comportamento ao se relacionar com um novo objeto tecnológico.

O estudo descrito por Elkin et al. (2016) explora uma ferramenta de nome KIBO, um kit de robótica voltado para crianças de 4 a 7 anos, desenvolvido para ensinar conceitos de engenharia, estimular crianças a programar e a construir seu próprio protótipo. Esse kit possui componentes eletrônicos como motor, rodas e sensores, e contém peças decorativas que estimulam a criação e imaginação para a criança personalizar o seu próprio robô. A programação não depende de dispositivos digitais como computador ou tablet, ela é totalmente física e o código é escrito ao colocar blocos de madeira em sequência. Estes blocos são os blocos de programação e cada um contém um símbolo indicando o movimento que o robô deve fazer; todos os itens do kit foram projetados para serem grandes e fáceis de manipular. Os atributos palpáveis auxiliam no desenvolvimento de habilidades motoras permitindo que a criança tenha uma experiência tátil e concreta ao poder tocar e programar o robô com suas próprias mãos.

Apesar do kit ser recomendado para crianças de idade a partir de 4 anos, a pesquisa foi realizada com crianças de idade a partir de 3 anos a fim de verificar se nessa idade elas já conseguem assimilar os conceitos de programação. Esses conceitos foram passados durante 6 aulas através de atividades lúdicas e interdisciplinares, nas quais as crianças trabalharam em grupos. Após a última aula, os alunos foram submetidos a avaliações individuais para verificar o tipo de tarefa que eles conseguiriam resolver sozinhos. As tarefas consistiam em empregar a linguagem de programação do KIBO para resolver um problema proposto em uma história que lhes foi contada. Eram quatro atividades, sendo duas mais fáceis, nas quais os alunos deveriam colocar quatro comandos em sequência; e duas mais difíceis, nas quais era necessário sequenciar cinco ou mais comandos incluindo o comando de repetição.

O desempenho individual dos alunos foi analisado e separado em duas categorias:

Erros: entre os principais erros cometidos, foi observado que alguns eram erros de sintaxe, ou seja, havia erro na lógica de programação de forma que o código não iria funcionar no robô, e outros estavam relacionados com a história contada aos alunos (o código estava correto, porém não tinha relação com o contexto da história). De forma geral, os alunos apresentaram ter bom domínio sobre os conceitos básicos de programação, porém foi observada uma

diferença no desempenho entre as tarefas. A média de notas dos exercícios de sequenciar quatro instruções foi superior às notas daqueles que envolviam mais instruções sendo que a maior dificuldade foi observada no exercício que necessitava da utilização do comando de repetição.

Idade: os autores identificaram estatisticamente que havia uma diferença de performance relacionada à idade dos alunos, porém eles não apresentaram dados numéricos para informar qual idade teve o melhor ou pior desempenho. Dessa forma, essa parte do estudo foi considerada como rasa e incompleta e entendida como parte da limitação do trabalho.

Desse artigo depreende-se que é possível ensinar teorias de programação como colocar algumas instruções em sequência e comandos de repetição para crianças a partir de 3 anos. Contudo, quanto maior o número de instruções para colocar em sequência, maior a dificuldade de elaborar um programa correto. Esse comportamento era esperado, pois crianças menores não conseguem trabalhar com mais de cinco instruções simultaneamente, uma vez que seu campo de memória ainda não está maduro o suficiente para trabalhar estas informações. Além disso, independentemente da idade, acrescentar o comando de repetição na tarefa aumentou a dificuldade, pois este comando necessita de mais blocos de programação e exige conhecimento matemático para trabalhar com parâmetros numéricos.

Por fim, vale ressaltar que o fato do kit de robótica KIBO não envolver dispositivos digitais para programar o robô traz benefícios não só para o desenvolvimento motor e cognitivo da criança como também para sua saúde uma vez que reduz seu tempo de exposição à de tela desses dispositivos.

Já o estudo descrito por Ananthanarayan e Boll (2020) trabalha com crianças de 8 e 9 anos de idade. Para elas foi apresentada uma placa cujo nome é Calliope, que traz o formato parecido com uma estrela de seis pontas, composta por LEDs, botões, um motor, comunicação bluetooth e diversos sensores. Seguindo os princípios construcionistas de Papert, matemático, educador e criador da linguagem de programação LOGO (também conhecida como "linguagem da tartaruga") (CABRAL, 2011), a Calliope foi apresentada para as crianças e elas ficaram livres para explorar a placa por conta própria ao invés de assistir uma aula expositiva sobre o seu funcionamento; o auxílio de um instrutor poderia ser solicitado quando necessário. Uma vez familiarizadas com a tecnologia, foram propostas duas atividades: criar uma fantasia interativa para o Halloween e um acessório interativo para suas mochilas.

Ao longo das atividades, os autores perceberam que as crianças apresentavam interesses distintos. As crianças com maior interesse na parte criativa, que consistia em cortar, desenhar e pintar a fantasia, tiveram maior dificuldade em desempenhar a parte interativa da programação. Por outro lado, o grupo de crianças que demonstrou maior afinidade com a parte interativa, obteve um desempenho pior na parte criativa.

O grupo majoritário foi o de crianças com maior facilidade no lado criativo, o que era esperado, considerando a idade (oito a nove anos), sendo assim também maior o número de crianças que apresentou entraves na criação do código e sua inserção na placa que seria acoplada à sua fantasia ou mochila.

De acordo com os autores, as crianças descreveram a Calliope como fácil de programar, porém difícil de entender. A maior dificuldade foi entender como fazer o programa funcionar na placa. Para as crianças não era intuitivo que para passar a informação do computador para a placa era necessário conectar ambos os aparelhos através de um cabo, baixar o programa, desconectar a placa e por fim acoplar a placa na fantasia ou na mochila. Outra dificuldade era proveniente da falta de visualização do código no meio físico, isto é, as crianças não conseguiam enxergar na Calliope o que cada linha de seus códigos estava fazendo ou deixando de fazer.

Apesar das ferramentas apresentadas por Elkin et al. (2016) e Ananthanarayan e Boll (2020) serem interativas, permitirem com que as crianças trabalhem em grupo e sejam educativas ao mesmo tempo que fornecem diversão, ambas apresentam limitações que podem dificultar as aulas de programação. Segundo Ananthanarayan e Boll (2020), as dificuldades apresentadas são provenientes da programação digital, o que indica que mesmo que a criança saiba utilizar ferramentas digitais como tablets e computadores, elas ainda não conseguem entender e mentalmente visualizar como as informações são processadas dentro do dispositivo e transferidas de um para outro. Isso nos mostra que apesar da programação no meio digital ser mais rápida e prática, as crianças respondem melhor à programação em meio físico no qual elas conseguem literalmente enxergar quando o robô está fazendo o movimento selecionado e assim compreender onde está o erro ou acerto do seu programa. Para Elkin et al. (2016), a maior dificuldade encontrada era ter uma quantidade de kits limitada para trabalhar com os alunos. No que diz respeito ao trabalho em grupo, este fator não foi um problema, porém é uma barreira para trabalhar com os alunos individualmente. Isso se torna mais evidente quando uma turma de alunos é composta por crianças de idades diferentes e estão em diferentes fases do desenvolvimento; uma quantidade maior de kits permitiria com que as crianças participassem ativamente das atividades respeitando o desenvolvimento individual de cada um.

C. Comparativo

Existem inúmeros kits de robótica e softwares com linguagens diversas voltados para ensinar crianças e adultos a programar. Porém, para ter um bom desempenho na área é preciso descobrir qual ferramenta é a mais adequada para o usuário. Para isso, devemos considerar a idade do usuário e, no caso das crianças, em qual fase do desenvolvimento cognitivo e motor elas se encontram.

No trabalho de Pugnali et al. (2017), por exemplo, foi realizado um estudo com crianças de idades variando de 4 a 7 anos para investigar o impacto que a interface com o usuário pode ter no desenvolvimento do pensamento computacional das crianças. Foram utilizadas duas ferramentas distintas: o ScratchJr, cuja programação é digital e necessita de um computador ou dispositivo móvel para programar, e o kit de robótica KIBO, um robô que pode ser programado através do sequenciamento de pequenos cubos de madeira. Todas as peças desse kit são concretas e o algoritmo pode ser "escrito" sem utilizar um computador ou tablet.

As crianças foram divididas em dois grupos, cada um com uma ferramenta; as atividades propostas possuíam pequenas diferenças devido à natureza da tecnologia que estava sendo utilizada, contudo elas exploravam os mesmos conceitos de pensamento computacional.

A principal dificuldade apresentada pelas crianças foi durante a atividade de sequenciamento e *debugging* (depuração do código); apesar do desempenho ter caído nos dois grupos, verificou-se que o grupo do ScratchJr obteve notas inferiores ao grupo do KIBO. Para os autores, esse resultado pode ser explicado pela natureza palpável dos blocos de programação do KIBO em comparação com a interface totalmente gráfica do ScratchJr. Ao utilizar o KIBO as crianças estão usando as próprias mãos para organizar os blocos, criar uma linha de código e passar essa informação ao robô de forma que elas poderão visualizar no espaço físico o código programado. Já na programação com ScratchJr, todos os blocos e ações de movimento acontecem na tela de um dispositivo eletrônico dificultando para a criança entender se o robô está executando as mesmas ações que elas idealizaram mentalmente. Esse estudo indica que o tipo de interface escolhida para ensinar lógica de programação tem impacto sobre a experiência que a criança terá ao programar.

De forma semelhante, o estudo de Cabrera et al. (2019) comparou dois ambientes digitais de programação e analisados os comportamentos dos usuários. O primeiro ambiente, MicroBlocks, é digital, utiliza programação em blocos e permite que o usuário tenha uma resposta física

imediate, ou seja, não é necessário fazer o download do código na placa que está sendo utilizada. A criança faz um programa e já pode interagir. O segundo ambiente é o MakeCode, um ambiente que permite a programação escrita ou através de blocos, é digital, não apresenta uma resposta física imediata (precisa fazer o download do código) e possui um simulador que permite que o usuário execute e teste o código programado antes de enviá-lo para a placa.

Para os autores, as crianças que testaram o ambiente MicroBlocks tiveram um comportamento dentro do previsto. Como este ambiente permite o teste do programa direto na placa, as crianças escreviam o código, testavam apertando os botões da placa, e voltavam para o código para alterar os erros ou continuar a atividade. Para os usuários do MakeCode era esperado um comportamento diferente uma vez que o ambiente tinha a possibilidade de usar um simulador e não apresentava o resultado direto na placa. Dessa forma, era esperado que as crianças escrevessem o código, testassem no simulador, fizessem o download na placa e por último tentassem interagir fisicamente. Porém as crianças não tiveram esse comportamento. Apesar de todas utilizarem o simulador pelo menos uma vez antes de testar o código na placa, a maioria interagiu diretamente com os botões da placa antes de fazer o download do programa obtendo um resultado insatisfatório e até mesmo frustrante.

O comportamento das crianças que estavam programando no ambiente MakeCode não era esperado, porém é compreensível. A interação física com o objeto que está sendo programado facilita a visualização do que foi escrito no código e poder ver o resultado de cada etapa do algoritmo ajuda a entender os erros cometidos. Além disso, a resposta imediata também é bastante esperada pelas crianças e um ambiente de programação que não tem esse comportamento pode não ser tão prazeroso e estimulante.

V. CONCLUSÕES

Após o levantamento e análise dos principais trabalhos relativos à Robótica Educacional visando ensinar crianças a programar e desenvolver o pensamento computacional, foi possível concluir que a maioria de textos encontrados na literatura explica o que é Robótica Educacional e porque ela deve ser inserida no currículos escolares; essa abordagem é muito ampla e não fornece os dados buscados nesta pesquisa. Isso demonstra que o âmbito de pesquisas acadêmicas ainda é bastante reduzido e apresenta poucas informações sobre a aplicação da RE. A pesquisa brasileira em RE não apresentou resultados nas bases de dados escolhidas. Desse modo, para verificar a existência dessas publicações será necessário investigar bases nacionais, uma vez que nos motores de busca internacionais não foram obtidos trabalhos brasileiros.

Ainda que o tema seja pouco explorado, os trabalhos encontrados sugerem que engenheiros são capazes de criar kits de robótica para suprir a demanda do mercado, porém não conseguem identificar quais são as dificuldades de aprendizado das crianças; por outro lado, educadores conseguem justificar através das fases do desenvolvimento da criança porque determinada ferramenta cumpriu ou deixou de cumprir seu objetivo. Dessa forma, ficou evidente que as barreiras que separam essas duas frentes de pesquisa precisam ser quebradas, pois a união da engenharia com a educação se faz necessária para desenvolver um bom kit de robótica.

As ferramentas de robótica são diversificadas e podem ser compradas como um kit único e pronto ou adquiridas por partes a serem montadas e/ou programadas pelo usuário. Em ambos os casos, esses kits aguçam a curiosidade de jovens e crianças e são ferramentas desenvolvidas para ensinar-lhes de forma pedagógica como funciona a tecnologia presente em suas rotinas. Além de ensinar sobre tecnologia, nas aulas de robótica as crianças desenvolvem habilidades sociais e morais ao trabalhar em grupo; habilidades cognitivas, motoras e conceitos de engenharia ao unir peças e trabalhar com suas próprias mãos; tem a imaginação e o lado criativo

estimulado com as histórias presentes nas tarefas; e podem trabalhar suas emoções como a alegria de atingir o objetivo desejado ou a frustração por ter errado.

Porém, apesar de todos os benefícios que a Robótica Educacional pode ter para as crianças, esta tecnologia depende de profissionais capacitados na área para a transmissão deste conhecimento específico e ainda apresenta um valor elevado restringindo o acesso do público. Até o momento, estes são os maiores fatores limitantes para a disseminação da Robótica Educacional.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ananthanarayan, S., Boll, S., Physical Computing for Children: Shifting the Pendulum Back to Papertian Ideals. **Interactions**, v.27, n.3, abr. 2020.

Cabral, P. C., **Psicogênese da noção de algoritmo na atividade de programação com crianças de 4 a 12 anos**. 2019. 105f. Tese de qualificação (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2019.

Cabral, P. C., Tecnologia e educação: da informatização à Robótica Educacional. **ÀGORA**, p. 36-59, 2011.

Cabrera et al., Programs in the Palm of your Hand. How Live Programming Shapes Children's Interactions with Physical Computing Devices. **Proceedings of the 18th ACM International Conference on Interaction Design and Children**, p. 227-236, jun. 2019.

Coiro et al., Pre-robot: an open-source educational robotics platform for preschoolers. **5th Congress on Robotics and Neuroscience**, fev. 2020

Elkin et al., Programming with the KIBO Robotics Kit in Preschool Classrooms. **Interdisciplinary Journal of Practice, Theory, and Applied Research**, v. 33, Issue 3, p. 169-186, set. 2016.

Manousaridis et al., Introducing an innovative robot-based mobile platform for programming learning. **International Conference on Interactive Mobile Communication Technologies and Learning (IMCL)**, p. 33, nov. 2015.

Masum et al., A framework for developing graphically programmable low-cost robotics kit for classroom education. **Proceedings of the 10th International Conference on Education Technology and Computers**, p. 22-26, out. 2018.

Phetsrikran et al., A feasibility study of arducation bot an educational robotics and mobile application kit for computational thinking skills. **22nd International Computer Science and Engineering Conference (ICSEC)**, nov. 2018.

Pugnali et al., The impact of user interface on young children's computational thinking. **Journal of Information Technology Education: Innovations in Practice**, v. 16, p. 171-193, jun. 2017.

Silva, R., Blikstein, P. **Robótica Educacional: Experiências Inovadoras na Educação Brasileira**. Porto Alegre: Penso Editora, 2020.

Notas

ⁱ Disponível em: <https://www.codebuddy.com.br/> . Acesso em: 24 jun. 2020.

ⁱⁱ Disponível em: <https://www.ctrlplay.com.br/> . Acesso em: 24 jun. 2020.

ⁱⁱⁱ Disponível em: <https://happycodeschool.com/> . Acesso em: 24 jun. 2020.

^{iv} Disponível em: <http://www.futuracode.com.br/> . Acesso em: 24 jun. 2020.

^v Disponível em: <https://supergeeks.com.br/> . Acesso em: 24 jun. 2020.