
Pensando a Robótica na Educação Básica

Leonardo José da Silva¹

Felipe José Rezende de Carvalho²

Resumo

Neste artigo apresentamos resultados parciais de uma pesquisa que tem como questão central analisar o modo como alunos do Ensino Médio de uma escola pública desenvolvem pequenos projetos de Robótica. O objetivo é construir uma proposta metodológica a fim de inseri-la no contexto didático do Ensino Médio, norteado pelo construcionismo e preconizando Cenários Investigativos, visando o “aprender a aprender”, em um ambiente menos assimétrico e de parceria entre professor e alunos. A investigação, de cunho qualitativo, através da observação participante, apontou seu olhar para uma dupla de estudantes que, colaborativamente, optou pela construção de um detector de fumaça microcontrolado por uma placa programável Arduino. Nossos resultados apontam positivamente para um aprendizado ativo e potencialmente interdisciplinar, mais autônomo, em que as habilidades desenvolvidas vão além dos conhecimentos específicos da Robótica, visto que os alunos se ocupavam em planejar, avaliar e tomar decisões baseadas em intenso processo de negociação.

Palavras-chave: Robótica Educacional. Pensamento Computacional. Construcionismo. Arduino. Educação Matemática.

Thinking Robotics in Basic Education

Abstract

In this article we present partial results of a research that has as central question to analyze the way in which students of the High School of a public school develop small projects of Robotics. The objective is to construct a methodological proposal aiming to insert it in the didactic context of the High School, guided by the constructionism and recommending Research Scenarios, aiming at the "learning to learn", in a less asymmetric environment and of partnership between teacher and students. The qualitative research, through participant observation, pointed his gaze to a pair of students who, collaboratively, opted for the construction of a microcontrolled smoke detector by an Arduino programmable board. Our results point positively to an active and potentially interdisciplinary, more autonomous learning in which the skills developed go beyond the specific knowledge of Robotics, since the students were busy in planning, evaluating and making decisions based on an intense negotiation process.

Keywords: Educational Robotics. Computational Thinking. Construction. Arduino. Mathematical Education.

¹ Doutor em Educação para a Ciência - Unesp/Bauru/SP. Professor do Colégio de Aplicação João XXIII/UFJF - Grupo de Pesquisa EMAVEB - leonardo.silva@ufjf.edu.br

² Mestrando em Educação Matemática - Unioeste/PR. Professor do Colégio de Aplicação João XXIII/UFJF - Grupo de Pesquisa EMAVEB - felipe.carvalho@ufjf.edu.br

INTRODUÇÃO

As diversas possibilidades trazidas pelas novas tecnologias digitais vêm influenciando diretamente o modo de vida das pessoas, afetando suas formas de organização nos mais variados níveis, seja econômico, social, político e cultural. Assim, novas maneiras de trabalhar, de se comunicar, de aprender e de pensar, vem nos impondo, de acordo com Castells (2000, p. 60) um "[...] novo paradigma tecnológico, organizado em torno das tecnologias da informação". Fato esse que vem obrigando professores, pesquisadores e governos a repensarem a educação.

Nesse sentido, devemos refletir sobre um novo *design* para sala de aula, com novos métodos de trabalho e também privilegiar novos conhecimentos e objetivos. Atualmente, é consenso na comunidade educativa a necessidade de repensarmos a escola diante da sociedade do conhecimento. Dentre as várias competências e objetivos de aprendizagem trazidas pela Base Nacional Comum Curricular, destaca-se:

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 (BRASIL, 2017, p. 41);

De modo geral, as pessoas, especialmente os jovens, passam boa parte do tempo conectados em seus dispositivos móveis, expostos a uma gama de informações, jogando *games*, assistindo vídeos, trocando imagens e mensagens com diversos contatos, que, muitas vezes, apenas se conhecem virtualmente. As compras via Internet (*e-commerce*) já se naturalizaram entre as pessoas, especialmente os mais jovens. A educação a distância vem se consolidando como importante meio de formação, sobretudo no ensino superior, apesar das diversas críticas e desconfianças acerca de sua qualidade. A grande maioria das operações bancárias podem ser feitas via *smartphone*, inclusive operações de compra e venda de ações na bolsa de valores. As redes sociais ganham cada vez mais espaço entre as mais variadas camadas da população, se tornando importantes meios de comunicação e influenciando o comportamento das pessoas e organizações. Como podemos observar, estamos diante de uma verdadeira cultura digital, que afeta a vida de

praticamente todas as pessoas, nas suas mais variadas práticas, alterando o modo de compreensão do mundo.

No entanto, as escolas, em grande medida, não reconhecem essa nova cultura digital, mantendo práticas que estão cristalizadas há décadas, valorizando processos de memorização de informações que estão disponíveis online, acessíveis a qualquer momento, à distância de poucos toques numa pequena tela. Assim, as escolas vêm se tornando cada vez mais desinteressantes e distantes do cotidiano dos nossos estudantes, ampliando problemas como evasão, repetência e, em muitos casos, a violência.

Na busca de construir novos conhecimentos e refletir sobre o uso das Tecnologias Digitais na escola básica, criamos o Projeto de Robótica Educacional no Colégio de Aplicação da Universidade Federal de Juiz de Fora. Este projeto está vinculado ao Grupo de Pesquisa EMAVEB (Educação Matemática e Ambientes Virtuais na Escola Básica). No presente artigo buscamos analisar parcialmente os primeiros resultados de nosso trabalho, cuja principal ação é oferecer pequenos cursos (Ágoras) para alunos do Ensino Médio no contraturno das aulas regulares.

Na pesquisa, de cunho qualitativo, conforme proposto por Bogdan e Biklen (2013), atuamos como professores e também como pesquisadores, assim, o método de investigação se enquadra como observação participante, na qual nos preocupamos em observar o processo de desenvolvimento de pequenos projetos, em especial de uma dupla de alunos (Wallace e Eduardo)³, que utilizando uma placa microcontroladora Arduino⁴ e um módulo Sensor de Monóxido de Carbono, desenvolveram o projeto "Detector de Fumaça", cujos detalhes serão explicitados na continuidade do texto. Nossas fontes de dados foram as observações de todo trabalho, ao longo de uma semana, e também as análises da transcrição do áudio da apresentação do projeto pela dupla, algo que todos os grupos devem fazer ao final do curso.

³ Nomes fictícios.

⁴ Arduino é uma plataforma livre para construção de circuitos eletrônicos. Foi criada no intuito de permitir que qualquer pessoa possa criar protótipos interativos. Mais informações podem ser encontradas no site oficial <<https://www.arduino.cc/>>. Acessado em 21 dez. 2017.

CONTEXTUALIZANDO A ROBÓTICA EDUCACIONAL

Conforme o dicionário da língua portuguesa Priberam⁵ em uma de suas definições, robô é um “aparelho capaz de agir de maneira automática numa dada função”. A partir dessa definição, inferimos e observamos que um robô está presente em nosso cotidiano, assumindo as mais diversas funções, desde uma linha de montagem de veículos até nossas residências, por exemplo, em uma máquina de lavar roupas.

Esses equipamentos são considerados robôs, pois foram programados para executar determinadas funções (montar um carro ou lavar roupas) e as fazem de maneira autônoma. Essas ações foram previamente pensadas e programadas para que eles as desenvolvessem.

Considerando a Robótica como um conjunto de técnicas para construir e manipular robôs, vemos na Robótica Educacional (a construção de robôs no âmbito escolar) possibilidades para a exploração de conceitos que envolvam diversas áreas do conhecimento, como a Matemática, Química, Física. Conforme destacado por Almeida (2015), a Robótica possui um caráter interdisciplinar e ainda pode estimular o raciocínio lógico, na medida em que os alunos decompõem um problema maior a que se propõem a resolver em outros menores, os quais são resolvidos por meio da programação de robôs.

A decomposição de problemas é uma das habilidades para o desenvolvimento do Pensamento Computacional (PC)⁶. Conforme Costa, Campos e Guerrero (2016, p. 1060) “o PC está diretamente relacionado com abstração, decomposição de problemas e estratégias algorítmicas que permitem a organização de soluções usando recursos computacionais”.

Para Wing (2014 *tradução nossa*), “o pensamento computacional será uma habilidade fundamental - como a leitura, a escrita e a aritmética - utilizada por todos em meados do século XXI”. A autora destaca que, para se desenvolver essa habilidade, não necessariamente é preciso utilizar máquinas. Conforme ressalta, a decomposição de

⁵ "robô", in Dicionário Priberam da Língua Portuguesa. Disponível em <<https://www.priberam.pt/dlpo/robô>>. Acessado em 8 dez. 2017.

⁶ Segundo Wing (2016), o pensamento computacional é uma habilidade de aplicação dos conceitos da Ciência da Computação em outras áreas. Para essa autora, o “pensamento computacional envolve a resolução de problemas, projeção de sistemas, e compreensão do comportamento humano, através da extração de conceitos fundamentais da ciência da computação” (WING, 2016, p.2).

problemas para resolvê-los por meio de sequências lógicas, a construção de outros problemas, a capacidade de abstração e estabelecimento de estratégias de resolução, a utilização de ferramentas capazes de automatizar a resolução de problemas, são habilidades que podem ser desenvolvidas por meio do pensamento computacional.

É no sentido de contribuir para o desenvolvimento do PC dos alunos que voltamos nosso olhar para a Robótica Educacional. Proporcionar aos alunos meios para raciocinarem de maneira lógica e fortalecerem seu aprendizado, na medida em que fomentam a capacidade de solucionar problemas (COSTA; CAMPOS; GUERRERO, 2016).

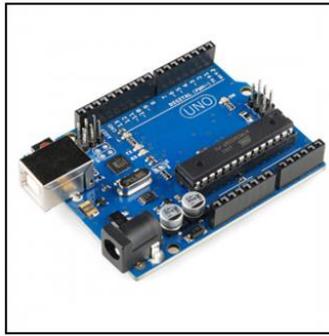
Mesmo compreendendo que para avançar no desenvolvimento do pensamento computacional não é necessária a utilização de máquinas (WING, 2014), acreditamos que o trabalho com a construção de artefatos pelos alunos, além de trabalhar o PC, pode potencializar seu aprendizado, motivando-os e atraindo-os ao que estão produzindo (PAPERT, 1994).

Por meio de uma revisão de literatura, Araújo, Andrade e Guerrero (2016) observaram que a programação de computadores tem sido o recurso mais utilizado para o desenvolvimento do pensamento computacional. Conforme sua análise, os autores verificaram que “a programação tem se revelado uma abordagem habitual tanto para disseminar o pensamento computacional como para avaliar a aprendizagem de pensar computacionalmente por parte do aluno” (ARAÚJO; ANDRADE; GUERRERO, 2016, p. 1153).

Zanetti e Oliveira (2015), no intuito de facilitar o entendimento da lógica de programação por parte dos alunos, trabalharam com o software de programação visual (S4A⁷) articulado à Robótica Educacional, utilizando para tanto uma placa Arduino, a qual ilustramos por meio da Figura 1. Conforme suas observações, os autores concluíram que, quando os alunos trabalham com a programação de robôs (objeto concreto), a aprendizagem pode ser mais efetiva, visto que é possível observarem sua movimentação e, por meio de um *feedback* instantâneo, podem retomar sua programação e analisarem seu erro.

⁷ O *software* S4A (Scratch para Arduino) surgiu como uma modificação do *software* de programação visual Scratch. Essa modificação consiste em acréscimos de blocos de programação que permitem manipular a placa Arduino conectada ao computador. Mais informações podem ser encontradas no site oficial <<http://s4a.cat/>>. Acessado em 21 dez. 2017.

Figura 1: Placa Arduino Uno



Fonte: os autores

No contexto educacional, valorizar atividades que possibilitem uma melhor reflexão dos alunos em relação às suas ações podem ser mais eficazes na construção do conhecimento. É nesse sentido que procuramos trabalhar a Robótica Educacional, valorizando o construcionismo proposto por Papert (1985) que valoriza uma postura mais ativa dos estudantes.

CONSTRUCIONISMO E CENÁRIOS INVESTIGATIVOS

Como já visto, a Robótica Educacional vem se tornando presente em diversos projetos educativos, visando aprofundar os conhecimentos dos estudantes acerca das tecnologias com ênfase no pensamento computacional, contribuindo, assim, para a construção de um espaço escolar mais conectado com os novos tempos.

É nesse contexto, então, que propomos a inserção das atividades ligadas à Robótica Educacional, pois, como destaca Souza Júnior (2014, p. 03)

A Robótica, considerada como uma das novas tecnologias a serviço do processo educativo fomenta a criatividade dos alunos por meio de situações desafiadoras que promovem o desenvolvimento de habilidades e a construção de conhecimentos nas diversas áreas do saber.

Porém, ao propor a inserção de tais atividades no contexto escolar, é necessário refletir profundamente no modo como fazê-lo, para não utilizá-la com fim em si mesma, e deixando escapar seu importante potencial educativo. Nesse sentido, estamos buscando, inicialmente, apoio nas ideias de Seymour Papert (1928 - 2016), professor do

MIT (Instituto de Tecnologia de Massachusetts), cuja transição de matemático para educador se deu quando começou a utilizar o computador em suas pesquisas matemáticas, na medida em que conseguia transformar complexos problemas abstratos em situações concretas, mais palpáveis e significativas. Papert foi muito influenciado pelos estudos que realizou junto a Jean Piaget (1896 - 1980), em Paris, acerca do construtivismo. Abordagem essa que preconiza o desenvolvimento cognitivo da criança como um processo ativo de construção e reconstrução das estruturas mentais, ou seja, o aprendiz aprende melhor fazendo (MALTEMPI, 2012).

Papert vislumbrou desenvolver no computador um ambiente propício para construção de conhecimentos norteados pelos ideais construtivistas. Assim, coordenou junto à sua equipe o desenvolvimento da linguagem de programação LOGO, baseada nos movimentos programáveis de uma "tartaruginha", que se move na tela do computador de acordo com as "ordens" dadas pelo programador, cujos comandos estão relacionados com conceitos da Geometria, tais como: "PARAFRENTE 100 faz com que a tartaruga se desloque em linha reta para a frente numa distância de 100 passos de Tartaruga, mais ou menos de 1 mm cada" (PAPERT, 1985, p. 27). Mas se desejar que ela mude de direção, por exemplo, para direita, então basta ordenar PARADIREITA 90, então ela gira 90° para direita, mas permanecendo no mesmo lugar (PAPERT, 1985, p. 75; PAPERT, 1994, p. 35). Assim, a geometria da Tartaruga de Papert torna mais natural a programação em ambiente computacional, se aproximando das crianças e facilitando a construção de conhecimentos, especialmente conceitos matemáticos, mas de uma Matemática mais "apropriável" como assevera Papert (1985, p. 76).

A abordagem proposta por esse autor se esforça em fortalecer o vínculo entre aprendizagem de um conceito e o próprio conceito através da ação, e não da instrução: "[...] a meta é ensinar de forma a produzir a maior aprendizagem a partir do mínimo de ensino" (PAPERT, 1994, p. 125). Em outras palavras, seria "dar a vara ao invés de dar peixe". A essa abordagem, Papert chamou de *construcionismo* que, convém enfatizar, não nega a importância do ensino, mas destaca que a criança aprende melhor fazendo descobertas a partir de seus interesses, quando se sentem desafiadas e podem usar toda a sua criatividade. Algo distante do padrão de "aula tradicional" vigente, cuja ênfase

didática é centrada no instrucionismo⁸, que cerceia a criatividade e desestimula o desenvolvimento da autonomia dos alunos (DEMO, 2011).

No contexto da Educação Matemática, Skovsmose (2000) critica o que chama de paradigma do exercício, padrão de aula no qual o professor conduz o ensino baseado em sua autoridade, carente de argumentação e diálogos. O foco está em acertar as respostas, que já são conhecidas pelo professor e disponíveis nas páginas finais do livro-texto. Os diálogos entre professor e aluno, quando acontecem, seguem um padrão de pergunta e resposta em que a fala do aluno acontece "sanduichada", tentando adivinhar a resposta esperada pelo professor. O erro, tão importante no processo de construção do conhecimento, é algo que deve ser evitado ao máximo, pois denota fracasso, trazendo constrangimento e desânimo para os estudantes. Assim, no contexto de aulas baseadas no paradigma do exercício, importantes habilidades para as atividades humanas, tais como planejar, argumentar, avaliar, não são valorizadas e nem desenvolvidas. Como resultado, entre outros fatores, temos a grande maioria dos alunos que encaram a Matemática como algo chato e difícil, acessível apenas para os "mais inteligentes", prejudicando a formação de nossos jovens, e contribuindo para a ampliação das desigualdades sociais.

Em contraposição ao paradigma do exercício, Skovsmose (2000) apresenta os Cenários para Investigação (Modelo CI), trazendo uma proposta de exploração e justificção matemática, por parte dos alunos, na direção de uma Educação Matemática crítica. Nesse contexto, o trabalho vai além de se estudar habilidades matemáticas, mas também de desenvolver a "competência de interpretar e agir numa situação social e política estruturada pela Matemática" (SKOVSMOSE, 2000, p. 68). Sendo assim, os alunos são convidados a trabalhar em atividades mais abertas, com enunciados menos direcionadores, deixando espaço para a investigação e diálogos. Caso o convite não seja aceito pelos alunos, cabe ao professor entender as razões e reformulá-lo, a fim de seduzir os estudantes para a atividade.

O modelo CI se caracteriza pelos diálogos dentro de um processo de cooperação investigativa em sala de aula, no qual o papel do professor questionador se confunde com o de professor investigador. Nesse cenário, de acordo com Alro e Skovsmose

⁸ Entendemos como instrucionismo a crença de que uma boa educação depende de uma boa instrução, ou seja, para se melhorar a escola, deve-se "ensinar melhor" (PAPERT, 1994, p.124).

(2010), o professor demonstra uma atitude de curiosidade e maravilhamento, e suas perguntas, muitas vezes, não tem resposta certa.

Como podemos perceber, as bases norteadoras dos Cenários para Investigação de Skovsmose, embora apontem para aulas de Matemática, pode servir para as diversas áreas, no nosso caso, a Robótica Educacional. Assim, para refletir sobre nosso trabalho de Robótica com alunos do Ensino Médio, observamos muitas convergências do Modelo CI, além das ideias de Papert, como veremos a seguir.

Nesses termos, na pesquisa aqui relatada, trazemos como questão central o modo como alunos do Ensino Médio trabalham na construção de um pequeno projeto de Robótica, na perspectiva do construcionismo de Papert (1985, 1994), ambientado num Cenário de Investigação segundo Alro e Skovsmose (2010) e Skovsmose (2000). Ao longo do texto, procuramos refletir sobre possibilidades de se trabalhar com a Robótica com alunos do Ensino Médio. Cabe ressaltar a importância em desenvolver a autonomia dos alunos, levá-los a refletir de modo mais profundo acerca da tecnologia e seus impactos no nosso dia a dia, além de introduzi-los no Pensamento Computacional (COSTA, CAMPOS, GUERRERO, 2016; WING, 2014).

AS AULAS: ÁGORA DE ROBÓTICA

O Colégio de Aplicação da Universidade Federal de Juiz de Fora assegura em sua estrutura curricular do Ensino Médio uma parte diversificada, conforme previsto na Lei de Diretrizes e Bases da Educação Básica em seu artigo 26 (BRASIL, 1996). O objetivo é flexibilizar o currículo e oferecer conhecimentos que complementem a parte comum, a fim de atender características específicas da sociedade e, assim, estar mais conectado com os interesses dos estudantes.

As Ágoras, conforme são denominadas essas aulas, são oferecidas aos alunos do Ensino Médio, no horário contrário às aulas regulares, no formato de pequenos cursos. As temáticas das Ágoras são diversas, podendo ser trabalhados temas transversais ou outros que os professores acharem que possam interessar aos alunos. Cabe ressaltar que esses estudantes são sondados e têm oportunidade de opinar sobre os possíveis temas a serem desenvolvidos. Com o objetivo de auxiliar os alunos na escolha das Ágoras que querem cursar, no início do ano letivo é organizada uma mostra das Ágoras, na qual os

professores apresentam suas propostas aos alunos e também aos demais professores⁹. Assim, os alunos tiram suas dúvidas e ficam mais bem informados sobre o conteúdo dos cursos, possibilitando escolhas mais adequadas e melhor aproveitamento dos trabalhos desenvolvidos.

É de caráter obrigatório ao aluno a participação em pelo menos três dessas Ágoras ao longo do ano letivo. As turmas das Ágoras podem ser somente com alunos de determinado ano escolar ou mesclada, envolvendo os três anos do Ensino Médio, a critério do professor proponente, segundo seus objetivos propostos.

Conforme as normas do Colégio de Aplicação, as Ágoras:

- a) São disciplinas de curta duração, oferecidas pelos professores, de caráter obrigatório, com discussões de temas transversais ou outros temas que julguem relevantes, utilizando metodologias alternativas.
 - b) Cada aluno deverá fazer, obrigatoriamente, três Ágoras, uma por trimestre, durante o ano letivo, podendo fazer mais de uma, por trimestre, caso haja vaga. [...]
 - d) A carga horária será de 2 aulas, por dia, durante uma semana, totalizando 10h/aulas. [...]
 - f) As matrículas acontecerão no início de cada trimestre, por opção do aluno e de acordo com as vagas oferecidas.
 - g) A avaliação da Ágora será feita por frequência, participação e/ou por trabalhos, sendo atribuídos os conceitos “A” apto, ou “I” inapto ao final de cada trimestre. [...]
 - k) Ao final das Ágoras, os alunos serão certificados pela escola, desde que tenham o conceito A.
 - l) Poderão ser matriculados de 10 a 20 alunos em cada Ágora.
- (AGENDA ESCOLAR, 2017, p. 29-30)

A partir dessa oportunidade de trabalho com temáticas que transcendem o currículo tradicional, surgiu a oportunidade de trabalhar a Robótica. Nessa Ágora, procuramos construir um ambiente no qual os alunos tenham oportunidade de desenvolver projetos de seu interesse, utilizando os componentes eletrônicos disponíveis. Além da construção da parte eletrônica, é necessária sua programação e, portanto, oferecemos também uma introdução à programação de computadores utilizando linguagem de programação visual, em blocos.

⁹ Na última mostra, no início de 2017, um professor de Química e outro de Física tiveram a oportunidade de conhecer sobre nosso trabalho com a Robótica Educacional, e se mostraram muito interessados em participar de nossos estudos sobre o tema. Atualmente fazem parte do nosso Grupo de Robótica, cujo objetivo principal é, além de estudar sobre Robótica, refletir sobre suas possibilidades pedagógicas.

Quanto à concepção pedagógica de organização dos trabalhos nessa Ágora, preconizamos uma proposta construcionista, valorizando os Cenários Investigativos, ambos já discutidos anteriormente, pois, em nossa dinâmica de trabalho, o que importa não é o resultado final, mas sim o seu processo de realização. É durante a construção do projeto que o aluno vai atribuindo significados e construindo seu próprio método de resolução dos problemas, segundo seu estilo de aprendizagem (ALMEIDA, 2000).

No trabalho com os projetos de Robótica, construções mentais podem ser concretizadas, cujo "protótipo pode ser mostrado, discutido, examinado, sondado e admirado" (PAPERT, 1994, p. 127), renovando um ciclo de abstrações e construção de conhecimentos numa articulação entre concreto e abstrato. Nesse sentido, o que importa não é memorizar regras, procedimentos, fórmulas, corrigir possíveis erros, mas sim incentivar o estudante a chegar a uma solução aceitável. Solução essa que, diferente da perspectiva instrucionista, pode não significar o fim da tarefa, mas o início de um novo projeto, cujo processo é continuamente por nós avaliado.

No ano letivo de 2017, tivemos a realização de três Ágoras de Robótica, uma para cada trimestre letivo, atendendo cerca de 40 alunos. Quanto à qualidade do trabalho desenvolvido, que era nossa preocupação central, pudemos observar claramente como os projetos dos alunos, em cada Ágora, foram amadurecendo, acompanhando nosso próprio processo de apropriação de conhecimentos sobre o tema. Tal fato confirma o fundamental papel que o professor exerce no planejamento, coordenação e avaliação das atividades pedagógicas, especialmente quando se utiliza as tecnologias digitais, algo bem distante das previsões iniciais acerca do impacto dessas tecnologias no trabalho docente que, para muitos, poderia substituir o professor na sua tarefa de ensinar, mas que, de acordo com Libâneo (2011), tal impacto era desejável, a fim de ajudar os professores no seu trabalho, transformando sua prática, mas que jamais o substituiria.

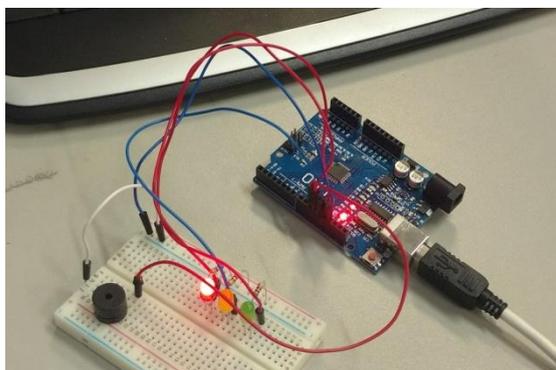
ANÁLISE E RESULTADOS

Na primeira turma, os projetos dos alunos se limitavam à construção de sequências para controlar LEDs¹⁰ coloridos, que acendiam e apagavam de acordo com a

¹⁰ LED é uma sigla do inglês (Light Emitting Diode) que significa "diodo emissor de luz". Disponível em <https://pt.wikipedia.org/wiki/Diodo_emissor_de_luz>. Acessado em 21 dez. 2017.

programação feita pelos estudantes. Um projeto comum era a simulação de semáforos de trânsito, além do funcionamento de buzinas (*buzzers*) utilizando as placas Arduino, conforme apresentamos na Figura 2 e já abordado em Silva e Carvalho (2017).

Figura 2: Projeto semáforo com *buzzer*



Fonte: a pesquisa

Na Figura 2, podemos observar três LEDs que simulam as luzes de um semáforo e também, no canto esquerdo da ilustração, o *buzzer* utilizado pelos alunos para emitir apitos.

À medida que avançávamos em nossos estudos no Grupo de Robótica, os projetos feitos pelos alunos foram ficando mais elaborados, apesar do curto espaço de tempo durante as Ágoras. Em nossa última Ágora, por exemplo, podemos destacar os seguintes projetos: (1) Simulador de Código Morse: à medida que uma letra era selecionada no teclado, um *buzzer* soava bips correspondentes a essa letra no Código Morse¹¹; (2) Construção de um jogo no qual uma sequência de LEDs coloridos acendiam de forma aleatória, então, o jogador deveria memorizar a sequência e reproduzi-la no teclado. Erros e acertos eram computados e, ao final, era elaborado um *ranking*; (3) Sensor de estacionamento: utiliza um Sensor Ultrassônico, no qual os alunos programam a distância necessária que, quando alcançada, faz com que LEDs acendam e um bip seja acionado, alertando o motorista sobre a proximidade de um obstáculo; (4) Detector de Fumaça: nesse projeto, a presença de fumaça ou gás

¹¹ Convém destacar que este projeto foi concluído posteriormente pelo grupo, nas reuniões do Grupo de Robótica, pois durante a Ágora o tempo não foi suficiente para chegar no resultado desejado pelo grupo.

inflamável, de acordo com a calibragem feita pelo aluno via programação, faz com que LEDs sejam acesos e buzinas toquem.

Nesse artigo, nos deteremos em analisar o desenvolvimento do projeto "Detector de Fumaça", visto que a análise dos demais projetos tornaria o trabalho muito extenso e não caberia nos limites do presente texto. A escolha desse grupo se deu devido às melhores condições dos dados coletados, tais como as gravações dos áudios das conversas, assim como o registro dos códigos de programação do projeto.

O referido projeto foi desenvolvido pela dupla Wallace e Eduardo, ambos alunos do 1º ano do Ensino Médio, mas de turmas diferentes. Destacamos positivamente a integração entre alunos de diferentes turmas, algo que muito ajuda na construção mútua de conhecimento. Conforme já enfatizamos, o processo de escolha do projeto é de responsabilidade do grupo. Ela se dá a partir das discussões iniciais e de pesquisa realizada na Internet. Os alunos devem buscar sobre o tema, solicitando, quando necessário, a ajuda do professor, e construir de forma colaborativa sua proposta. A seguinte sequência discursiva da fala de Wallace, ao fazer a apresentação do projeto, ilustra bem esse processo de construção coletiva:

A gente queria fazer um semáforo, mas aí o Eduardo perguntou pro Professor se ele tinha um sensor de fumaça. Aí o professor falou que tinha o sensor de monóxido de carbono. A gente até desistiu de usar porque a gente olhou na Internet e achou que tava muito complexo, a gente tinha desistido. Aí voltou pro semáforo. Aí depois a gente viu que não era tão difícil, que aí chamamo o [Professor], aí a gente pegou ele de volta [sensor de fumaça] aí a gente fez. (SIC)

Percebe-se uma intensa negociação entre os membros da dupla, o professor, e as informações obtidas na Internet. Aos alunos já haviam sido apresentados alguns componentes, como sensores, resistores, LEDs, entre outros. Por isso o aluno Eduardo solicitou o sensor de fumaça, pois ficou curioso sobre seu funcionamento.

Contudo, com nossa proposta pedagógica centrada no construcionismo de Papert, os alunos foram incentivados a pesquisar sobre seu projeto, visando um aprendizado mais ativo e autônomo, como já destacado anteriormente, "[...] é melhor dar-lhe uma vara e ensiná-lo a pescar" (PAPERT, 1994, p. 125). Ao pesquisarem sobre o funcionamento e programação do sensor de fumaça, inicialmente, acharam difícil, levando-os a desistir dessa ideia e, então, fizeram um projeto mais simples: um

semáforo de trânsito utilizando LEDs. Mas, o que fez eles retornarem ao projeto inicial e trabalharem no projeto de detecção de fumaça?

Em nossas observações durante as aulas, ficou clara a "pressão" exercida entre os grupos, numa silenciosa e saudável disputa pelos melhores projetos. Fazer um semáforo pareceu muito simples para Wallace e Eduardo, na medida em que o grupo vizinho trabalhava intensamente na programação do simulador de código morse, enquanto outro grupo avançava na pesquisa sobre sensor ultrassônico.

Durante esse processo, os professores pesquisadores percebiam claramente o cenário de investigação que ali se configurava, na medida em que os diálogos eram intensos. Os alunos investigavam, planejavam, avaliavam, e de forma cooperativa, conversavam, às vezes até se exaltavam nas discussões, mas de forma sadia e positiva. Destacamos que ninguém pedia para sair de aula, ir ao banheiro, ou beber água, mesmo no contexto de quem já havia participado de sete aulas na parte da manhã, mas se mostravam ativos e motivados. Em resumo, aceitaram o convite (SKOVSMOSE, 2000) para a atividade e se empenharam para desenvolvê-la.

Retornando a análise da dupla sujeito de nossa pesquisa e seu projeto de detecção de fumaça, percebemos que estavam com dificuldades para "calibrar" a programação da porta analógica do Arduino. Para esclarecer, esta porta é a "saída" do sensor, que transforma corrente elétrica em impulsos analógicos, que podem variar de 0 a 1023, de acordo com a variação da resistência oferecida pelo sensor, quando exposto a fumaça. Em ambiente aberto, a fumaça fica muito dissipada, que no caso era obtida apenas por um palito de fósforo, dificultando bastante sua detecção pelo sensor. Foi quando, por acaso, vimos na lata de lixo uma garrafa pet, e sugerimos a dupla, cortá-la, na forma de um funil, a fim de obter uma maior concentração da fumaça e assim estabilizar sua leitura, o que foi feito com sucesso e alegria pelos alunos.

Apresentamos na Figura 3 o momento em que os alunos estavam apresentando o projeto "Detector de Fumaça".

Figura 3: Dupla apresentando o projeto Detector de Fumaça



Fonte: a pesquisa

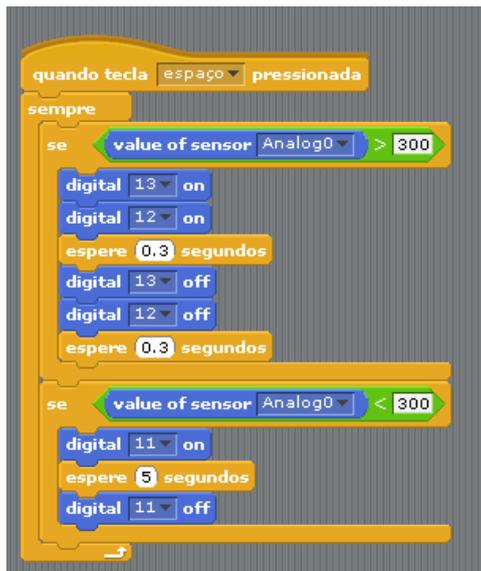
Destacamos que, conforme podemos observar na ilustração, no momento da apresentação dos projetos, os demais alunos ficam ao redor dos apresentadores, observando o funcionamento de seu projeto e fazendo perguntas sobre ele.

Durante a apresentação, os alunos explicaram aos colegas como procederam para fazerem a calibragem do componente e a estratégia que utilizaram, conforme transcrevemos a seguir:

[...] Assim, a gente programou o sensor. O normal dele é ficar, no analógico zero [porta analógica A0 do Arduino], no 200, 230, por aí. Aí se ele passar de 300. Porque a fumaça vai, ... passa de 400. Aí quando ele passa de 300 ele vai ligar uma buzina, uma buzinzinha vai ficar piscando, e vai acender o LED vermelho.
Quando tá abaixo de 300 fica com a luz verde, e aí quando passa fica com a luz vermelha. (SIC)

Para que a fala transcrita tenha mais sentido, apresentamos na Figura 4 o código da programação desenvolvida no software S4A para o funcionamento do projeto “Detector de fumaça” construído pelos alunos e, em seguida, uma explicação mais detalhada sobre os códigos utilizados.

Figura 4: Código do programa Detector de fumaça



Fonte: a pesquisa

Elaboramos o Quadro 1 explicando a função de cada um dos blocos utilizados na programação e, na sequência, elucidamos, em específico, o funcionamento do programa dos alunos.

Quadro 1: Funcionalidades dos códigos no S4A utilizados na construção do projeto “detector de fumaça”

	Executa os comandos que estão conectados a ele quando a tecla “espaço” for pressionada.
	Loop de repetição infinita. Todos os comandos que estão dentro desse bloco são executados infinitamente.
	Bloco condicional. Executa os comandos internos a ele caso a condição (que é colocada no espaço semelhante a um losango) seja verdadeira.
	Retorna o valor de leitura da porta analógica de número 0 da placa Arduino.
	Bloco de comparação. Verifica se o valor que está no quadro branco da esquerda é maior que o valor que está no quadro branco à direita.
	Liga a porta digital de número 13 do Arduino. O número da porta pode ser selecionado de acordo com os componentes que estão conectados ao Arduino.
	Faz o fluxo de execução do programa parar pelo tempo determinado pelo usuário. Nessa imagem, o fluxo de execução seria pausado por 1 segundo.

	Desliga a porta digital de número 13 do Arduino. O número da porta pode ser selecionado de acordo com os componentes que estão conectados ao Arduino.
---	---

Fonte: os autores

Voltando nosso olhar para a Figura 4, observamos que o início do programa se dá quando o usuário pressiona a tecla “espaço”. Nesse momento, os códigos de verificação “se” ficam sendo analisados infinitamente, visto que estão dentro do *loop* “sempre”. Essas verificações ficam avaliando se o valor da porta analógica 0 (local físico na placa Arduino em que o sensor de gás está conectado) é maior () ou menor () que 300.

Esse valor 300 foi selecionado pelos alunos a partir da observação da leitura que o sensor de gás fazia, sem que houvesse nenhum vazamento próximo a ele. Dessa maneira, verificavam que quando o sensor detectava algum tipo de fumaça/gás (os alunos utilizaram um palito de fósforo para esse experimento), o valor retornado pelo sensor era superior a 300; quando o sensor estava longe de fumaça/gás, o valor retornado era inferior a 300. Desse feito, quando o sensor detectava fumaça/gás (valor acima de 300), o programa fazia piscar um LED vermelho (a cada 0,3 segundos) e ficava apitando uma buzina (também com a mesma frequência que a luz piscava). Esses componentes estavam ligados nas portas digitais 12 e 13, respectivamente



Já quando o sensor registrava um valor abaixo de 300, os alunos faziam um LED verde, conectado na porta digital 11, piscar a cada 5 segundos (), no intuito de indicar que o sensor não estava detectando nenhum tipo de fumaça/gás.

Mesmo para um projeto aparentemente simples, observamos o desenvolvimento de uma programação consideravelmente avançada. A construção de um circuito eletrônico aliado à programação de computadores oportuniza aos alunos o desenvolvimento de uma habilidade pouco difundida, mesmo as tecnologias digitais estando tão presentes no cotidiano das pessoas.

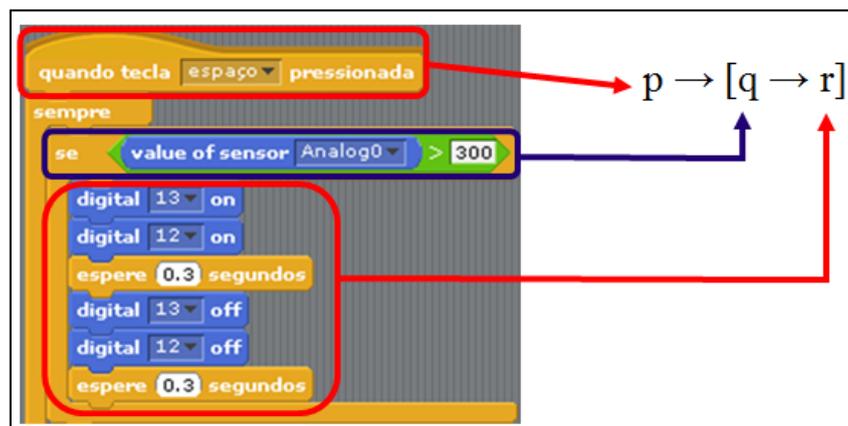
Resnick *et al.* (2009) reforçam o fato de que nossos jovens são chamados de nativos digitais, pois em sua maioria, conseguem se comunicar via mensagens de texto ou navegar na internet. O grande fator é que poucos são capazes de construir seus próprios jogos ou animações. “É como se pudessem ler, mas não escrever” (RESNICK *et al.*, 2009, p. 62 *tradução nossa*). Os autores reforçam que a programação de computadores por meio do Scratch possibilita aos programadores o desenvolvimento de conceitos, não só computacionais, mas também matemáticos, oportunizando a resolução de problemas, argumentação sistemática e trabalho colaborativo, habilidades essas essenciais para o século XXIII (RESNICK *et al.*, 2009; WING, 2014; 2016).

No contexto da Educação Matemática, Dalla Vecchia (2012), ao discutir sobre a Modelagem Matemática no âmbito da programação de computadores, ressalta que, subjacente aos códigos de programação do Scratch, há a presença de uma Matemática lógica proposicional. Seguindo a mesma linha do autor, apresentamos um recorte do código desenvolvido no programa da dupla Wallace e Eduardo “traduzido” para a lógica proposicional.

As proposições se relacionam por meio de um conectivo condicional. “A Condicional, também conhecida como Implicação, é uma operação entre proposições caracterizada pelo símbolo ‘ \rightarrow ’. Dadas duas proposições quaisquer, p e q , a operação $p \rightarrow q$ pode ser lida como ‘se p então q ’” (DALLA VECCHIA, 2012, p. 186).

Apresentamos na Figura 5, conforme dissemos, um recorte do código da programação construída pelos alunos para o funcionamento do projeto “Detector de fumaça”, ilustrado anteriormente na Figura 4, “traduzido” para a lógica proposicional.

Figura 5: Trecho do código "traduzido" para lógica proposicional



Fonte: os autores

Poderíamos “ler” essa expressão lógica como “se p então, se q então r”, que nos códigos de programação corresponderiam a “se a tecla espaço for pressionada então verifique se o valor do sensor analógico 0 é maior que 300, se for, ligue os pinos digitais 13 e 12, aguarde 0,3 segundos, os desligue e, novamente, aguarde 0,3 segundos”. É interessante observar que a “linguagem de programação Scratch, embora se aproxime da linguagem natural, possui uma base notadamente Matemática” (DALLA VECCHIA, 2012, p. 188).

Podemos perceber, assim, o quanto nossa Matemática escolar está desconectada das necessidades atuais da sociedade. Muitos conteúdos veiculados nas salas de aula e presentes de forma inquestionável nos livros didáticos, não tem nenhuma utilização direta no cotidiano de nossos alunos, os quais repetidamente nos questionam "para que servem?". Uma questão latente é a reformulação do currículo escolar, porém, enquanto ela não acontece, trabalhos pontuais que explorem uma matemática mais conectada à realidade contemporânea, tal como a Robótica Educacional, podem ser um importante caminho para dar mais significado ao que se estuda. Convém destacar que a inserção da Robótica no currículo escolar deve ser precedida por intensas discussões envolvendo os diversos atores escolares, tais como, professores, gestores e pesquisadores da área. Discussões essas que devem ser levadas aos cursos de formação de professores, visando refletir sobre modos adequados de se trabalhar o pensamento computacional e a Robótica Educacional articuladas às diversas áreas do conhecimento.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Abordar a Robótica Educacional, para nós, educadores matemáticos, tem sido uma oportunidade de refletir sobre as mais variadas questões, a começar pelo currículo de Matemática, na medida em que construir artefatos mediados pelas tecnologias digitais, tais como, placas controladoras, linguagens de programação, além de componentes eletrônicos, é lidar com a Matemática Aplicada. Assim, percebemos o quanto a Matemática escolar precisa ser questionada quando trabalhamos em outros contextos, especialmente no contexto digital. Dalla Vecchia (2012), por exemplo, nos remete à lógica proposicional, que pode ser “naturalizada” através da programação visual, via Scratch.

Outra questão que também fica evidente é o caráter interdisciplinar da Robótica, na medida em que, embora não discutido com os alunos nas aulas analisadas, o sensor de fumaça utilizado no projeto do Wallace e Eduardo, carrega características físico-químicas que o faz permitir passar mais ou menos corrente elétrica no circuito, de acordo com a presença do gás, ou da fumaça. Fica claro aí a pertinência em incorporar nesse projeto o entendimento dessas características, levando os estudantes a construírem saberes também em outras áreas, de forma lúdica, desafiadora e, portanto, mais significativa.

Convém frisar, no trabalho com a Ágora de Robótica, primeiramente o número reduzido de alunos que, no máximo, chegou a dezesseis, nos permitindo atuar de modo mais individualizado com eles. Outro fator importante é participação por interesse nessas Ágoras, algo que muito facilita o trabalho e o engajamento dos estudantes. Possivelmente, se todos os alunos do Ensino Médio fossem obrigados a participar, certamente teríamos alguns problemas. Portanto, o ideal seria haver diversos espaços construcionistas, baseados no "aprender fazendo", e que pudessem atender os mais variados interesses, em Cenários Investigativos, nos quais os diálogos substituiriam a autoridade inquestionável do professor, detentor de todo o conhecimento.

Sobre esse tema, analisando a fala do estudante Wallace, percebemos que ele, ao mencionar o professor, não utilizava a palavra "professor", mas sim seu próprio. Algo aparentemente natural, mas, num dado momento, ele chegou a iniciar a verbalização da palavra "professor" para se referir a um de nós, porém, antes de terminar, interrompeu sua fala e a substituiu pelo nome. Essa sua negação insistente em reconhecer nosso papel institucional, nos trouxe a sensação de quase cumplicidade entre professor e aluno. Wallace, naquele momento, nos via mais como parceiros na busca de um objetivo comum, algo bem distante do cotidiano da sala de aula tradicional, na qual essas relações são marcadas pela assimetria entre professores e alunos.

Em nosso trabalho com a Robótica, embora ainda em estágio inicial, nos deixa claro o desafio, enquanto educadores matemáticos e pesquisadores da área, em avançar nas propostas pedagógicas para a construção de conceitos matemáticos. Contudo, tal desafio, para nós, seria mais rico se pudéssemos contar com a participação de outras áreas, num trabalho interdisciplinar, trazendo mais riqueza de aprendizado e aproximando nossos alunos para questões concretas, em Cenários Investigativos

apoiados no construcionismo. Dessa maneira, o foco estaria no aprender a aprender, em um ambiente em que o estilo individual de pensar pudesse ser respeitado, e a finalidade da escola não se resumisse apenas nos conteúdos, mas também em habilidades como planejar, dialogar, ouvir, avaliar, ampliado assim suas oportunidades e, ao mesmo tempo, contribuindo para a redução das desigualdades sociais.

REFERÊNCIAS

AGENDA ESCOLAR do Colégio de Aplicação João XXIII/UFJF, referente ao ano letivo de 2017. Juiz de Fora, 2017.

ALMEIDA, Carlos Manuel dos Santos. **A importância da aprendizagem da robótica no desenvolvimento do pensamento computacional: um estudo com alunos do 4º ano**. 2015. Tese de Doutorado.

ALMEIDA, M. E. B. de. **ProInfo: Informática e formação de professores**. Ministério da Educação, Secretaria de Educação a Distância. v. 1, 2000.

ALRO, H.; SKOVSMOSE, O. **Diálogo e Aprendizagem em Educação Matemática**. Belo Horizonte: Editora Autentica, 2010.

ARAÚJO, A. L. S. O.; ANDRADE, W. L.; GUERRERO, D. D. S.. Um mapeamento sistemático sobre a avaliação do Pensamento Computacional no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO, 5., 2016, Uberlândia. **Anais dos Workshops do V Congresso Brasileiro de Informática na Educação**. Uberlândia: Cbie 2016, 2016. p. 1147 - 1158.

BOGDAN, R. C; BIKLEN, S. K. **Investigação qualitativa em Educação Matemática: uma introdução a teoria e aos métodos**. Porto, Portugal: Porto Editora, 2013.

BRASIL. Resolução nº 2, de 22 de Dezembro de 2017. Institui e orienta a implantação da Base Nacional Comum Curricular, a ser respeitada obrigatoriamente ao longo das etapas e respectivas modalidades no âmbito da Educação Básica. **Diário Oficial da União (DOU)**, Brasília, edição: 145, seção: 1. Página: 30-31-32-44, 2017.

BRASIL. *Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996*. Estabelece as diretrizes e bases da educação.

CASTELLS, M.. A era da informação: economia, sociedade e cultura. In: **A Sociedade em rede**. São Paulo: Paz e Terra, v. 1, 2000.

COSTA, E. J. F.; CAMPOS, L. M. R. S.; GUERRERO, D. D. S.. Pensamento computacional na Educação Básica: uma análise da relação de questões de Matemática com as competências do Pensamento Computacional. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO, 5., 2016, Uberlândia. **Anais dos Workshops do V Congresso Brasileiro de Informática na Educação**. Uberlândia: Cbie 2016, 2016. p. 1060 - 1069.

DALLA VECCHIA, R.. **A Modelagem Matemática e a Realidade do Mundo Cibernético**. 2012. 275 f. Tese (Doutorado) - Curso de Educação Matemática, Unesp, Rio Claro, 2012.

DEMO, P. Olhar do Educador e Novas Tecnologias. **Boletim Técnico do SENAC: A Revista da Educação Profissional**. Rio de Janeiro, v. 37, n.2, mai/ago. 2011.
Disponível em: < <http://www.bts.senac.br/index.php/bts/article/view/190> > Acesso em: 09 dez. 2017.

LIBÂNEO, J. C.. *Adeus professor, adeus professora?*: novas exigências educacionais e profissão docente. 13. ed. São Paulo: Cortez, 2011.

MALTEMPI, M. V.. Construcionismo: pano de fundo para pesquisas em informática aplicada à Educação Matemática. In: BICUDO, Maria Aparecida Viggiani; BORBA, Marcelo de Carvalho (Org.). **Educação Matemática: pesquisa em movimento**. 4. ed. São Paulo: Cortez, 2012. Cap. 14. p. 287-307.

PAPERT, S.. **Logo: Computadores e educação**. São Paulo: Brasiliense, 1985.

PAPERT, S.. **A máquina das crianças: repensando a escola na era da informática**. Porto Alegre: Artmed, 1994. 210 p.

RESNICK, M. et al. Scratch: programming for all. **Communications Of The Acm**, [s.l.], v. 52, n. 11, p. 60-67, 1 nov. 2009. Association for Computing Machinery (ACM). <http://dx.doi.org/10.1145/1592761.1592779>.

SILVA, L. J.; CARVALHO, F. J. R. **Robótica Educacional no Colégio de Aplicação João XXIII**. Relato de Experiência. Anais do V Colóquio de Educação Matemática (V CEMA). Universidade Federal de Juiz de Fora, 2017.

SKOVSMOSE, O. **Cenários para investigação**. BOLEMA – Boletim de Educação Matemática, Rio Claro, n. 14, p. 66-91, 2000.

SOUZA JÚNIOR, L. (Org.). **Robótica no Ensino público: Uma Perspectiva Interdisciplinar**. 1ª Edição. São Carlos, SP. pEte Educação com Tecnologia, 2014. ISBN 978-65831-30-7.

ZANETTI, H. A. P.; OLIVEIRA, C. L. V.. Prática de ensino de programação de computadores com Robótica Pedagógica e aplicação de Pensamento Computacional. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO, 4., 2015, Alagoas. **Anais dos Workshops do IV Congresso Brasileiro de Informática na Educação**. Alagoas: Cbie 2015, 2015. p. 1236 - 1245.

WING, J. M.. PENSAMENTO COMPUTACIONAL – Um conjunto de atitudes e habilidades que todos, não só cientistas da computação, ficaram ansiosos para aprender e usar. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, Ponta Grossa, v. 9, n. 2, p. 1-10, 16 nov. 2016. Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

WING, J. M.. **Computational Thinking Benefits Society**. 2014. [Blog Internet]. Disponível em: <<http://socialissues.cs.toronto.edu/index.html?p=279.html>>. Acesso em: 12 maio. 2018.

Recebido em: 15 de janeiro de 2018.

Aprovado em: 20 de maio de 2018.