

A ROBÓTICA EDUCACIONAL COMO FERRAMENTA PARA O ENSINO DE CINEMÁTICA

ELDER DOS SANTOS TEIXEIRA.

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Estado do Ceará – IFCE
E-mail: elderteixeira@ifce.edu.br

FRANCISCO ALAN XAVIER DA MOTA.

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Estado do Ceará – IFCE
E-mail: fcoalanmota@gmail.com

AUZUIR RIPARDO DE ALEXANDRIA.

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Estado do Ceará – IFCE
E-mail: auzuir@gmail.com

FRANCISCO REGIS VIEIRA ALVES.

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Estado do Ceará – IFCE
E-mail: fregis@gmx.fr

RESUMO:

A Robótica Educacional (RE), que consiste no uso de robôs tendo em vista da proposição e do suporte ao processo de ensino e aprendizagem, tem assumido papel importante e se apresenta de forma recorrente em pesquisas nos últimos anos. Outrossim, num âmbito particular, a (RE) se apresenta como ferramenta também aplicável para o Ensino de Física, uma vez que nesse tipo de abordagem, os dados são adquiridos pelos próprios alunos, o que torna o estudo relativamente mais próximo dos estudantes. Neste trabalho, com o amparo de um design investigativo de estudo de caso, desenvolveu-se um conjunto de oficinas de RE para o ensino de Cinemática. Para a realização das oficinas foram utilizados Kits LEGO® MINDSTORMS®. Resultados mostram que dos 50% dos alunos que disseram não gostar de Física, 92,31% afirmaram que se sentiriam mais motivados para estudar Física com Robótica Educacional, além disso, 78,57% dos alunos respondeu que se sentiu mais interessado em ir para a escola por conta das oficinas de Física usando a Robótica Educacional, acrescente-se ainda o fato de que 96,43% dos alunos considerou que o uso de robôs melhorou a aprendizagem. Deste modo, os resultados mostram que a abordagem adotada contribuiu positivamente para o ensino de Cinemática, bem como na motivação para o estudo de física e participação ativa nas aulas.

PALAVRAS-CHAVE:

robótica educacional. Cinemática. lego mindstorms. tecnologia educacional. ensino de física.

ABSTRACT:

Educational Robotics (ER), which is the use of robots as a teaching and learning aid, has assumed an important role and in recent years it has appeared over and over again in research projects. Furthermore, ER has been presented specifically as tool for teaching Physics. Using this approach, data is acquired by the students, which makes the study more student-friendly. Thus, this work, with the aid of an investigative case study design, it was developed a set of RE workshops, using LEGO® kits MINDSTORMS®, to foster the teaching of kinematics. The results showed that of the 50% of the students who said that they did not like physics, 92.31% felt they would be more motivated to study physics with Educational Robotics. Furthermore, 78.57% of students replied that they felt more interested in going to school because of Educational Robotics in the Physics workshops, besides the fact that 96.43% of the students considered that the use of robots improved learning. The results demonstrate that the ER approach contributed positively to teaching kinematics as well as motivating the study of physics in general and promoting greater participation in class.

KEYWORDS:

educational robotics. Kinematics. lego mindstorms. educational technology. teaching physics.

1. INTRODUÇÃO

A utilização de novas ferramentas para apoiar e fortalecer o processo de ensino-aprendizagem se apresenta como uma necessidade decorrente das mudanças sociais e dos constantes avanços tecnológicos hodiernos. Pesquisas recentes têm apresentado o uso de materiais não convencionais como apoio para o ensino e a aprendizagem de Física. Como exemplos, se registra o uso de *smartphone* para o ensino de forças impulsivas, em que os autores da investigação propõem uma abordagem que utiliza o acelerômetro do *smartphone* para registrar a dependência temporal da força impulsiva de um toque no aparelho, o que aproxima o estudo da realidade, abordando certos aspectos que não vistos nos livros didáticos (JESÚS e SASAKI, 2016).

Assinala-se ainda o uso de sensores digitais de temperatura em conjunto com Arduino para o estudo sistemático da condução térmica, reproduzindo um experimento comumente descrito nos livros (AMORIM; DIAS; SOARES, 2015). Ademais, investigações sobre o uso da placa Arduino para a realização de práticas e experimentos envolvendo o oscilador amortecido e transferência radiativa de calor

(SOUZA et al., 2011). Nesse contexto de discussão, a Robótica Educacional (RE), que consiste no uso de robôs tendo em vista da proposição e do suporte ao processo de ensino e aprendizagem, tem assumido papel representativo e se revela de forma recorrente em pesquisas nos últimos anos (BENITTI, 2012; CHIN; HONG; CHEN, 2014; CRUZ-MARTIN et al., 2012; KIM et al., 2015; CHEVALIER; RIEDO; MONDADA, 2016).

Outrossim, em um âmbito particular, a (RE) se apresenta como ferramenta também aplicável para o Ensino de Física, uma vez que nesse tipo de abordagem, os elementos transmitidos no ensino são adquiridos pelos próprios alunos, o que torna o estudo relativamente mais significativo e próximo dos estudantes, a despeito das situações abstratas encontradas nos livros didáticos, em sua forma tradicional e com elementos que proporcionam pouca ou quase nenhuma interatividade quando comparada aos casos de utilização da (RE) mencionados como exemplos.

Estudos clássicos e pioneiros na área, bem como outros hodiernos, mostram que a integração da robótica para propósitos didáticos e educacionais mostra-se como um promissor método efetivo de ensino (IGOR; WALKS & KOLBERG, 1999; PAPERT, 1993; VERNER & MERKSAMER, 2015). Para mais, lidar com robôs é considerado divertido, interessante pelos alunos e o viés heurístico e o componente de ludicidade pode potencializar a transmissão didática dos conceitos científicos da Física (ALVES, 2017).

As vantagens do uso da Robótica Educacional (RE) são cada vez mais confirmadas e veiculadas em vários periódicos especializados. Ela possui a capacidade de aproximar os estudantes da tecnologia e de novos desafios, enquadra-se nesse aspecto como ferramenta importante para a melhoria do processo de ensino e aprendizagem. Ademais, pesquisas ressaltam que robôs deixam fortes impressões nos estudantes (CHANG et al., 2010). A (RE) é baseada na atividade da aprendizagem para construir, relacionando o abstrato, com origem em

um conjunto de conceitos técnicos da Física, com direção ao concreto, em um ambiente centrado no estudante, além de promover, de forma necessária, a interação social para o grupo de estudantes envolvidos em tarefas fundamentadas pelos pressupostos da (RE).

Por exemplo, do ponto de vista de uma categorização preliminar, podem ser utilizados robôs físicos ou robôs virtuais. No entanto, há evidências de que o uso de robôs físicos é mais eficiente e estimulante, do ponto de vista de despertar interesse e motivar estudantes (BENNITTI, 2012).

Deve-se considerar que quando a robótica é utilizada de forma não contextualizada, seu potencial pode se averiguar limitado. No entanto, o objetivo da abordagem não é somente aprender, de forma técnica, a usar um kit de robótica, nem tampouco programá-lo. Deste modo, a robótica não é o fim, e sim uma ferramenta a ser utilizada e explorada no processo multifacetado de ensino e aprendizagem. O uso da robótica pelos estudantes é visto como uma ferramenta que realça a experiência de aprendizagem e dá suporte ao alcance das metas específicas de aprendizagem (ETEOKLEOUS; KTORIDOU, 2014).

Para ilustrar o pensamento anterior, observa-se que Chin et. al. (2014) desenvolveram um sistema de aprendizagem baseado em um robô que interagia com os alunos durante as aulas. Para testar o sistema, um professor foi capacitado para ministrar aulas durante o período de 6 semanas, usando o sistema desenvolvido. Por outro lado, um grupo de controle teve aulas do mesmo conteúdo, porém usando apresentações em slides. O objetivo da pesquisa é verificar o impacto do uso de robôs na motivação dos estudantes. Os resultados foram avaliados por meio de pré-teste, pós-teste, atividades de aprendizagem e formulários de pesquisa. O formulário, baseado no *IMMS (Instructionals Materials Motivation Survey)* foi usado para medir os fatores motivacionais dos estudantes (atenção, relevância,

confiança e satisfação). Concluiu-se, a partir do estudo de Chin et. al. (2014), que o desempenho dos alunos que participaram das aulas utilizando o sistema proposto foi melhor que o daqueles que usaram apresentações em slides e, além disso, constatou-se que os estudantes estiveram motivados para usar o sistema de aprendizagem baseado em robôs.

A (RE) vem sendo aplicada em diferentes áreas. Considerando que ela se adapta à abordagem do aprendizado baseada em um problema, promove o pensamento crítico e acentua o interesse e motivação dos estudantes, (RIBEIRO; COUTINHO; COSTA, 2011) destacam as vantagens da (RE), objetivando o aspecto motivacional dos alunos, decorrente da realização de oficinas de (RE), descreve ainda um conjunto de sessões de (RE) disponibilizadas para abordar problemas relacionados às operações matemáticas de multiplicação e divisão, concebidos para os alunos do Ensino Básico.

Grande parte das oficinas e experimentos de (RE) vêm sendo desenvolvida com o *Kit LEGO® MINDSTORMS®*, sendo este provavelmente o kit modular mais popularizado e veiculado, e possui grandes possibilidades de aplicação (TAKACS et al., 2016). Eteokleous e Ktoridou (2014), Cruz-Martin et. al. (2012) e Boulougaris e Alimisis (2014) utilizaram o *kit LEGO® MINDSTORMS®* para avaliar a robótica como ferramenta de ensino e aprendizagem. Novos kits vêm sendo desenvolvidos com o objetivo de melhorar a aplicabilidade na educação, tanto em termos de redução de custo quanto em maiores possibilidades de aplicação e modularidade, o *STORMLab* é um desses kits modulares desenvolvidos recentemente para aplicação no ensino de Ciências, Tecnologia, Engenharia e Educação Matemática (SUSILO et al., 2016). Pheeno é uma outra plataforma desenvolvida de baixo, custo, versátil, adequada para pesquisa multirobôs, educação e outras atividades (WILSON et al., 2016). Esta

plataforma pode ser modificada pelos usuários pela criação de módulos customizados que são conectados ao módulo núcleo.

Além do uso de kits de Robótica Educacional (RE), utilizam-se também simuladores. Fernandes (2013) criou o simulador S-Educ para aulas de robótica educacional. A autora deixa claro que o objetivo de um simulador não é substituir completamente o kit de robótica físico, mas utilizá-lo em situações em que não se dispõe do kit e, ainda, para preparar os estudantes para o uso kit físico, testando suas hipóteses primeiramente no simulador, desperdiçando, assim, menos tempo e recursos. Destaca-se que a montagem do robô físico é atrativa e motivadora para os alunos e melhora habilidades motoras. O S-Educ simula o *LEGO*® NXT com o kit regular: sensor de toque, de cores e ultrassom. Usa uma linguagem de programação própria denominada R-Educ. Ambientes em 2D ou 3D.

Assim, neste contexto de novas tecnologias educacionais aplicadas ao ensino de Física, o objetivo deste trabalho é verificar a influência da Robótica Educacional na aprendizagem de Cinemática, bem como o estímulo e a motivação para o estudo de Física, ao decurso da participação nas aulas. Consequentemente, se indicam ainda os seguintes objetivos específicos: (i) desenvolver atividades cooperativas com o uso didático metodológico de artefatos tecnológicos (uso de robôs); (ii) descrever situações visando a exploração e o ensino de conceitos de Cinemática.

Não obstante, com o escopo de maior sistemática para nossa investigação, os pressupostos da metodologia de pesquisa nominada como Estudo de Caso (YIN, 2003) são assumidos na presente investigação, com o escopo de garantir a adoção de um *design* investigativo, cuja natureza do próprio método, pode indicar etapas definidas da investigação e, ainda, revelar uma aderência necessária e significativa com o fenômeno (problema) de perquirição para o estudo. Antes, porém, na seção

vindoura, se constata alguns elementos importantes para uma teorização no contexto do ensino de Física e, de modo particular, ensino de Cinemática.

2. DIDÁTICA DA FÍSICA E O ENSINO DE CINEMÁTICA

A descrição das três dimensões estruturantes (dimensão epistemológica, dimensão metodológica e dimensão cognitiva) para o campo da Didática da Física (DF) é demasiadamente ampla e intrinsecamente complexa, composta por elementos que necessitam ser identificados, agrupados e sistematizados de forma que o futuro professor de Física possa compreender e evidenciar a ação de conhecimentos oriundos de vários campos do conhecimento, principalmente os resultados de pesquisas. E, diante do entendimento anterior, se evidencia uma outra missão e/ou tarefa primária para o professor que envolve a apropriação e a compreensão, eventualmente, a aplicação, de modo circunstanciado, em sala de aula, dos resultados práticos, consequências e repercussões de inúmeras pesquisas sobre o ensino de Física.

Nardi e Castiblanco (2014) defendem o pressuposto de que a DF deve possuir conteúdos próprios e uma identidade científica, que exige um campo demarcado de atuação, e esses devem ser trabalhados pelo professor de Física para desenvolver estratégias de ensino, embora os conteúdos associados à DF não precisem necessariamente obedecer à lógica *standard* das disciplinas clássicas da Física. Por conseguinte, se vislumbra a possibilidade do ensino de Cinemática, segundo um ponto de vista afetado pela (RE). Da Silva, Sales e Alves (2018) observam que:

Podemos concluir, ao menos de forma provisória, que os conjuntos estruturados de conhecimentos prévios do aluno são responsáveis por guiar/apoiar os novos conteúdos. Por outro lado, o ensino de Física no Brasil foi direcionado para ser iniciado, especificamente, nas séries finais do Ensino Fundamental. Acreditando assim, que o ensino de Física necessita do pensamento formal do aluno bem desenvolvido e arraigado em uma formalização matemática adequada. (SILVA, SALES e ALVES, 2018, p. 32)

Do excerto anterior, se observa a imprescindível atenção aos conhecimentos prévios dos estudantes, tendo em vista o ensino de Cinemática, por exemplo e que, a despeito do necessário entendimento heurístico e intuitivo dos conceitos físicos (ALVES, 2017), visando a incorporação de saberes, no que concerne ao repertório individual dos estudantes, não pode prescindir de um pensamento formal, por vezes referendado pelo modelo matemático subjacente. Por conseguinte, quando se evidencia o emprego da Robótica Educacional (RE) proporcional uma abordagem diferenciada para o ensino de Cinemática, os elementos indicados no excerto acima não podem ser negligenciados.

Nardi e Castiblanco (2014) consideram, ainda, que no ensino de Ciências e Física ocorrem características como conteúdos organizados e combinados sobre problemas que dizem respeito a qual conteúdo ensinar, como explicar, como inovar os métodos de ensino, como detectar os modelos explicativos e como gerar modelos e práticas específicas a cada conteúdo, ou seja, como gerar modelos para cada situação didática. Nessa perspectiva os autores também demonstram preocupação de uma modelização da situação didática. Se depreende, dessa forma, que a utilização dos pressupostos da (RE) não podem se evidenciar de forma apartada das preocupações com a Didática da Física, posto que, de modo prosaico, mesmo com o uso de robôs, por exemplo, se busca proporcionar o aperfeiçoamento de condições para a internalização e compreensão dos conceitos da Física e, de modo particular, da Cinemática.

Uma vez demarcado um campo epistêmico de referência para a discussão e delimitação do problema de pesquisa, logo em seguida, se indica o enquadramento metodológico que fundamenta o percurso investigativo.

3. UM ESTUDO DE CASO DIRECIONADO PARA A (RE)

Yin (2003, p. 1) observa que, como uma estratégia de pesquisa, “o caso de estudo é usado em várias situações, tendo em vista contribuir como o conhecimento do indivíduo, do próprio grupo, de uma organização política ou social e o fenômeno relacionado”. Segundo o *design* de um caso de estudo, se observa a possibilidade de: poder definir e delimitar, de forma precisa, o fenômeno de interesse; discriminar e escolher dados relevantes que devem ser coletados; os procedimentos adotados diante dos dados coletados. Yin (2003, p. 13) fornece a seguinte definição técnica para um estudo de caso, caracterizado como uma investigação empírica: investiga um fenômeno contemporâneo, no contexto da vida real e os elementos que demarcam as linhas divisórias entre o fenômeno de interesse e o contexto não são evidentes.

Todavia, Yin (2003, p. 13) adverte que “um experimento, por exemplo, provoca, deliberadamente, um distanciamento do fenômeno de seu contexto. Dessa forma, a atenção pode ser endereçada para apenas algumas variáveis”. Dessa forma, no contexto de interesse de uma investigação afetada pelos pressupostos de uma (RE), os fenômenos derivados do ensino e da aprendizagem dos conceitos da Cinemática devem ser objetivados e priorizados. Outrossim, como bem observa Yin (2003), o conjunto de experimentos objetivados doravante devem preservar variáveis significativas capazes de produzir posteriores explicações satisfatórias para nossa investigação, tendo em vista demarcar o papel relevante do uso de artefatos tecnológicos como alternativas de transmissão de conceitos da Cinemática e, conseqüentemente, da Física.

Cabe assinalar o seguinte ponto de vista indicado por Yin (2003):

Observamos que um estilo de investigação é muito mais do que um plano de trabalho. O principal fundamento de um estilo de investigação é auxiliar evitar situações em que a evidência não proporciona a eleição de questões

iniciais de pesquisa. Neste sentido, um estilo de investigação lida com um problema lógico e não um problema logístico. (YIN, 2003, p. 21).

Decerto que Yin (2003, p. 21) faz referência a natureza intrínseca de um fenômeno ou problema relevante e recorrente, não errático ou aleatório e, metaforicamente, o autor identifica uma espécie de lógica interna organizacional do problema. Além disso, todas as ações devem ser balizadas, em consonância com outros elementos sistemáticos e necessários para o desenvolvimento de presente estudo. Isso posto, assinalam-se cinco componentes essenciais e constitutivos de um estudo de caso, segundo Yin (2003): (i) definição e demarcação de questões norteadoras representativas; (ii) estabelecimento de suas proposições, metas e questões de investigação; (iii) demarcação de suas unidades de análises; (iv) identificação do componente lógico de ligação/relação dos dados e das proposições e questões; (v) eleição/indicação de critérios de interpretação dos dados coletados e considerados.

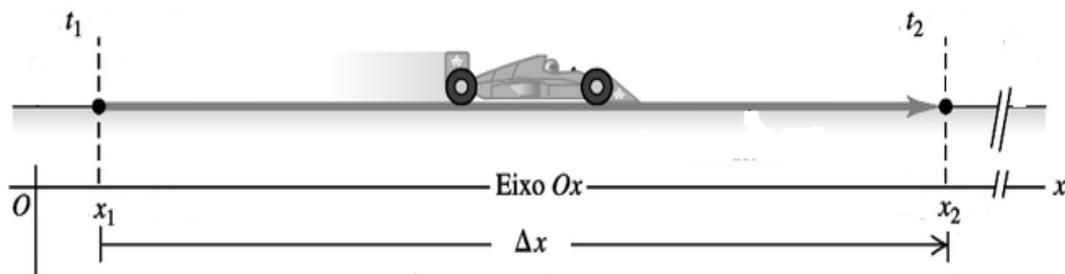
Com origem no percurso sistemático anterior, de forma sistemática, oficinas de robótica educacional foram planejadas e executadas, com ênfase e restrição aos conceitos de Cinemática. Formulários para avaliação diagnóstica, somativa foram concebidos e produzidos, visando o acompanhamento diacrônico das atividades previstas pelos sujeitos participantes. Ademais, ocorreu o planejamento de realizar uma comparação entre a abordagem proposta, balizada pelos pressupostos da (RE) e as aulas tradicionais de Cinemática, destituídas do uso de artefatos tecnológicos.

Na seção subsequente, de modo resumido, demarca-se os conceitos científicos da Física que detiveram um papel proeminente no estudo, tendo em vista a sua exploração metodológica, com o auxílio de determinados fundamentos da Robótica Educacional, com ênfase ao ensino de Cinemática.

4. ALGUNS CONCEITOS DE CINEMÁTICA E ESTUDO DE MATERIAIS PARA O ENSINO DE (RE)

A Figura 1 mostra um carro que percorre uma trajetória retilínea. A velocidade média do carro em um determinado intervalo de tempo é uma grandeza vetorial definida como a variação da posição $\Delta x = (x_2 - x_1)$, dividido pelo intervalo de tempo considerado $\Delta t = (t_2 - t_1)$, conforme apresentado na Equação 1 (YOUNG; FREEDMAN, 2008). O fenômeno pode ser compreendido com o arrimo da Figura 1.

Figura 1. Posição de um carro em dois instantes de sua trajetória. FONTE: Adaptada de Yung e Freedman(2008).



Na Figura 1, no instante t_1 , o carro se encontra na coordenada x_1 , enquanto no instante t_2 , o carro se encontra na posição x_2 . O instante t_1 , muitas vezes é chamado de instante inicial e t_2 , instante final. Por outro lado, a posição x_1 , é também chamada de posição inicial e a posição x_2 é chamada de posição final. Desta forma, a velocidade média v_m pode ser calculada pela Equação 1.

$$v_m = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} \quad (1)$$

Com origem na Equação 1 e as noções de velocidade, variação de tempo e de posição, são demarcadas as principais noções de Cinemática de interesse desse artigo.

Para a realização das aulas, foi utilizado o *Kit LEGO® MINDSTORMS® NXT*, que custa aproximadamente U\$ 500,00, na configuração que se mostra na Figura 2. Para

reduzir o tempo de montagem, foram separados em conjuntos somente os componentes necessários à montagem do robô. Este robô é adequado para a utilização nas oficinas de RE, uma vez que a montagem é simples, não necessitando de muito tempo para ser realizada. Para mais, por ser, na maioria dos casos, o primeiro contato com a Robótica, o sucesso durante a montagem se apresenta também como elemento motivador.

Figura 2. Robô utilizado nas oficinas de física. FONTE: Elaboração dos autores



Do ponto de vista do *design* de investigação assumido, o estudo de caso adotado, na perspectiva de Yin (2003), balizou uma incursão investigativa qualitativa, com o escopo de compreender e, também, discriminar as variáveis mais pertinentes e representativas em torno do nosso fenômeno de interesse, demarcado pelos conceitos da Cinemática. Ademais, o caráter descritivo dos dados coletados deverá ser acentuado, posto que, buscou-se colocar em evidência a caracterização e descrição de uma intervenção planejada, contextualizada e situada.

Isso posto, do ponto de vista operacional de nossas ações, a concepção e a realização de oficinas foram definidas, objetivando a interação do grupo de estudantes e a possibilidade de descrição de um cenário de aprendizagem para os mesmos. Assim, foram realizadas tais oficinas, durante um período temporal de 2 (duas) semanas, com sua ocorrência às terças-feiras e quintas-feiras, resultando em um total de 6 horas-oficinas de ensino de Física e de Robótica Educacional.

O experimento foi realizado na E.E.F.M. Antônio Bezerra, Fortaleza, Ce, com alunos do primeiro ano do Ensino Médio na faixa etária de 14 a 17 anos. Aplicou-se um formulário antes (avaliação diagnóstica) e depois (avaliação somativa) da realização das oficinas de Robótica Educacional. Além disso, realizou-se um teste escrito para os alunos da turma que tiveram oficinas de Robótica Educacional e para outra turma de primeiro ano que teve aulas convencionais no mesmo período.

A turma de sujeitos participantes do experimento foi dividida em 4 (quatro) equipes de 5 (cinco) estudantes e uma equipe com 6(seis) estudantes. A divisão ocorreu de modo aleatória, sem nenhuma categoria e variáveis de escolha previamente definida e foi realizada pela própria professora da turma de estudantes.

Nas duas primeiras oficinas implementadas, o grupo de instrutores distribuiu os kits, fitas métricas, bem como os tutoriais para a montagem dos robôs, sendo um kit para cada equipe. As atividades investigativas dos estudantes foram realizadas no Laboratório de Informática da escola, uma vez que a programação do robô é parte da oficina de Física por meio da Robótica Educacional. A montagem, entretanto, foi realizada pelos alunos com base no tutorial recebido e eventual auxílio dos instrutores.

Após a montagem, ocorreu o avanço para a etapa ulterior, posto que, para a etapa em que os estudantes aprenderam a programar o robô para executar tarefas simples, quais sejam: mover-se para frente, para trás, fazer curvas, alterar a potência dos motores. Tarefas estas que são imprescindíveis para a realização das atividades propostas. Basicamente, os alunos aprenderam a utilizar as instruções e criar programas em linguagem de blocos e que se tornam necessárias para a definição de um cenário de aprendizagem que se almeja analisar.

Foram realizadas, também, medidas de tempo, distância, posição, deslocamento e, a partir disso, calcularam velocidade média (conceitos clássicos de

Cinemática). As medições de tempo foram feitas com os *smartphones* dos estudantes participantes. A compreensão de tais noções se mostra imprescindível para o avanço da aprendizagem no campo da Cinemática. Por outro lado, posição e o deslocamento foram medidos usando fita métrica de 150 cm, como mostrado na Figura 3. A partir destes dados foram calculadas velocidades médias em diferentes situações programadas pelos próprios estudantes. Na figura 3 se observa o trabalho colaborativo de um grupo de estudantes participantes da oficina. Algumas noções técnicas científicas da Física foram evidenciadas e, posteriormente, os estudantes vivenciaram variadas situações de aprendizagem, cuja natureza revela o viés aplicado dos conceitos da Cinemática.

Figura 3. Equipe trabalhando na aquisição de dados e implementação de tarefas estruturadas para o ensino de Cinemática. FONTE: Elaboração dos autores



Com efeito, com o *kit* utilizado, *LEGO® NXT*, controlaram a rapidez com que o robô se moveu por meio da potência designada para cada um dos dois motores. Foi verificado pelos estudantes que o robô se move em linha reta quando os dois motores são acionados com a mesma potência, caso contrário, a trajetória é curva. A Figura 4 (a) mostra o bloco de programação responsável por controle dos motores (*move*) e Figura 4 (b) os seus parâmetros configuráveis. O bloco de controle dos motores, por padrão, tem as portas B e C ativadas, deste modo, durante a

montagem os motores foram ligados fisicamente nessas duas portas, Na Figura 4 (b) vê-se que as portas B e C estão ativadas.

Figura 4. Ambiente de programação do LEGO® NXT. (a) Bloco *Move* e (b) suas configurações.
 FONTE: Elaboração dos autores.



(a)



(b)

Para a realização das atividades propostas nas oficinas foi necessário somente o bloco *move* e ajuste dos parâmetros deste bloco, que são mostrados na Figura 4 (b). Na parte *Direction* define-se o sentido do movimento do robô marcando uma das três opções disponíveis, para frente, para trás ou motores desligados. A barra deslizante *Steering* define se a trajetória será retilínea ou curvilínea. Nos experimentos realizados utilizaram-se somente trajetórias retilíneas, configurando-se, pois, o seletor no ponto médio da barra deslizante. A opção *Power* determina a potência utilizada pelos motores, esse parâmetro implica diretamente na rapidez com que o robô se move e foi alterado diversas vezes pelos alunos. *Duration* foi outro parâmetro configurado nos experimentos. Ele representa a duração do movimento dos robôs, que pode ser definida em: Segundos (*seconds*) - a porta será ativada pelo tempo determinado em segundos; Rotações (*rotations*) - os motores

funcionam durante o número definido de rotação (uma rotação equivale a uma volta completa do eixo); Graus (*degrees*) ou Ilimitado (*unlimited*).

O robô possui dois motores que são ligados nas portas B e C do *brick* NXT (central de processamento). É possível alterar o sentido do movimento do robô (frente, ré ou parar) e determinar se a trajetória é retilínea ou curvilínea. Ainda, pode-se definir a potência dos motores e o quanto eles devem permanecer ligados, conforme parâmetros mostrados na Figura 4(b). Logo após a definição dos parâmetros do movimento no software conforme solicitado no roteiro da oficina, deve-se clicar no botão de download, para que as instruções sejam transferidas para o robô. A partir de então, o robô pode ser desconectado do computador e executar, de forma específica, as instruções determinadas.

Após montar e aprender a programar o robô, os alunos seguiram um roteiro para orientar a execução de experimentos e realizar medidas de grandezas físicas. Os alunos analisavam quais parâmetros deveriam ser alterados e desenvolviam a programação de acordo com as orientações supracitadas. Foi solicitado que os alunos fizessem medições de tempo e deslocamento. Os experimentos são apresentados e discutidos na seção a seguir.

No roteiro proposto, os alunos programavam o robô para realizar as tarefas solicitadas. Após isso, coletavam os dados para depois efetuar cálculos de velocidade. As tarefas solicitadas são listadas no Quadro 1.

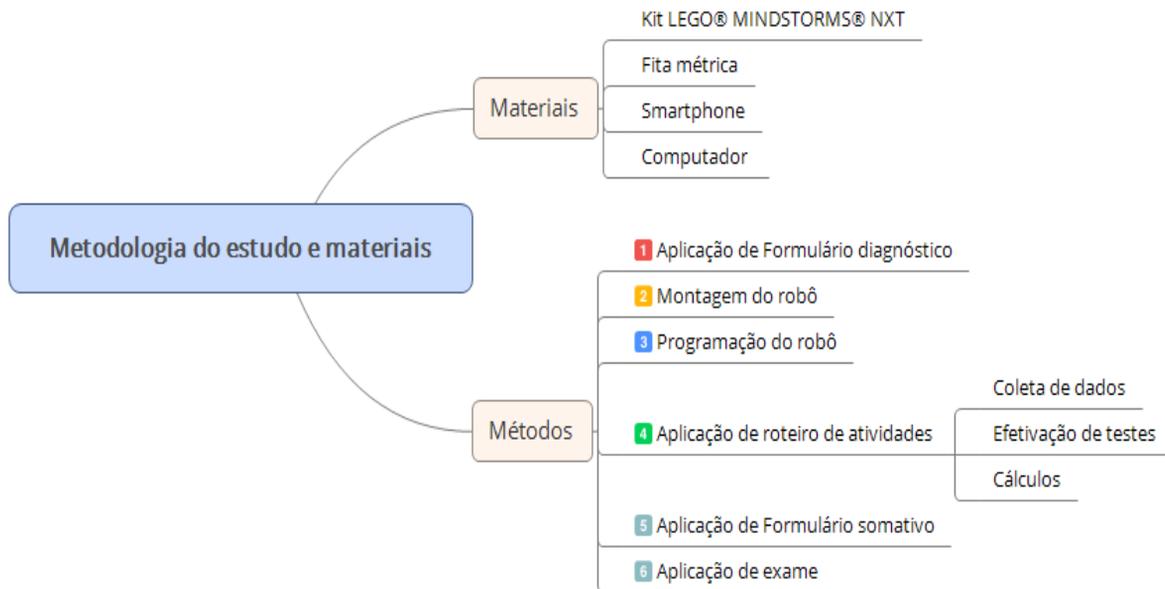
Ao final das oficinas, foi realizado um exame tanto com os alunos da turma que participou das oficinas quanto de outra turma da mesma série, que não usou a RE, para que se pudesse comparar o desempenho das duas turmas na realização do exame supracitado.

Quadro 1. Conjunto de atividades proposto nas oficinas de RE. FONTE: Elaboração dos autores

Atividade 1 - Posição e deslocamento	Atividade 2 - Posição e deslocamento	Atividade 3 - Posição e deslocamento
<p>Programa o robô para se deslocar em linha reta com potência de 35% durante 2s, 3s, 4s, 5s e 8s. O robô deve iniciar o movimento na posição ZERO. Anote a posição onde o robô começou, onde parou e o deslocamento do robô para cada um dos casos.</p>	<p>Programa o robô para se deslocar em linha reta com potência de 35% durante 2s, 3s, 4s, 5s, 8s. Agora, o robô deve iniciar o movimento em posição DIFERENTE DE ZERO. Anote a posição onde o robô começou, onde parou e o deslocamento do robô para cada um dos casos.</p>	<p>Programa o robô para se deslocar em linha reta durante 5 segundos. Escolha 5 valores de potência diferentes. Anote, para cada uma das situações, o valor da potência escolhido e o deslocamento do robô para cada um dos casos.</p>
<p>Atividade 4 - Posição e deslocamento</p> <p>Programa o robô para se deslocar em linha reta com potência menor que 80% (de sua escolha) e repita os passos da Atividade 1, anotando a posição onde o robô começou, onde parou e o deslocamento do robô para cada um dos casos.</p>	<p>Atividade 5 - Instante e intervalo de tempo</p> <p>Programa o robô para se deslocar em linha reta com potência de 40% durante 3, 5, 7 e 9 rotações dos motores. Inicie a contagem em um cronômetro juntamente com o movimento do robô. Anote o INSTANTE em que o robô começou a se mover, o INSTANTE em que parou e o tempo durante o qual o robô se moveu para cada um dos casos acima.</p>	<p>Atividade 6 - Instante e intervalo de tempo</p> <p>Programa o robô para se deslocar em linha reta com potência de 50% durante 3, 5, 7 e 9 rotações dos motores. Inicie a contagem em um cronômetro, após isso, coloque o robô para se mover. Anote o INSTANTE em que o robô começou a se mover, o INSTANTE em que parou e o tempo durante o qual o robô se moveu para cada um dos casos acima.</p>
<p>Atividade 7 - Instante e intervalo de tempo</p> <p>Programa o robô para se deslocar em linha reta com potência de 50% durante 7 e 9 rotações. Inicie a contagem em um cronômetro, após isso, coloque o robô para se mover. Anote, para cada uma das situações, suas POSIÇÕES e seus respectivos INSTANTES DE TEMPO.</p>	<p>Atividade 8 - Instante e intervalo de tempo</p> <p>Programa o robô para se deslocar em linha reta durante 5 rotações. Escolha 5 valores de potência diferentes. Anote, para cada uma das situações, o valor da potência escolhido e o intervalo de tempo medido.</p>	<p>Atividade 9 - Velocidade média</p> <p>Calcule a velocidade média do robô, que deve se mover em linha reta, nos seguintes casos: potência de 50% e 5 segundos; potência de 70% e 5 segundos; potência de 50% e 4 rotações e potência de 70% e 4 rotações.</p>

A Figura 5 apresenta um mapa de ideias e concepções acentuadas e veiculadas com os estudantes, ao decurso das atividades programadas. Tal fluxograma sintetiza o itinerário do estudo em questão e os materiais utilizados.

Figura 5. Mapa de ideias da metodologia do estudo e materiais. FONTE: Elaboração dos autores



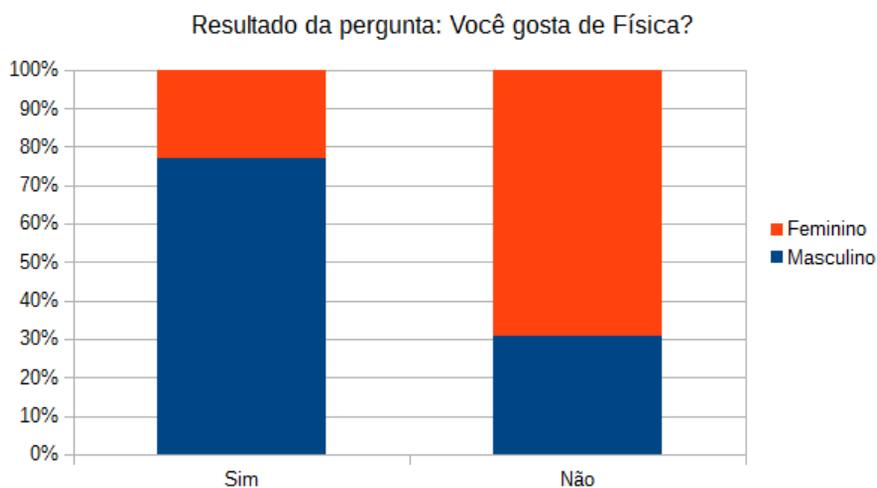
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A presente seção aborda os indicadores mais representativos dos dados coligidos no itinerário balizado pelos fundamentos de um estudo de caso (YIN, 2003). Cabe recordar que o experimento foi realizado na E.E.F.M. Antônio Bezerra, Fortaleza, Ce, com alunos do primeiro ano do Ensino Médio na faixa etária de 14 a 17 anos. Aplicou-se um formulário antes (avaliação diagnóstica) e depois (avaliação somativa) da realização das oficinas de Robótica Educacional. Além disso, realizou-se um teste escrito para os alunos da turma que tiveram oficinas de Robótica Educacional e para outra turma de primeiro ano que teve aulas convencionais no mesmo período. Os experimentos realizados foram propostos de forma que os alunos pudessem, por meio da manipulação dos robôs montados, entender os conceitos e as relações entre as grandezas físicas utilizadas em cinemática em coerência com as atividades apresentadas no Quadro 1. Os conceitos abordados foram: posição e deslocamento (Atividades 1 a 4 e 7); instante de tempo e intervalo de tempo, (Atividades 5 a 8); e velocidade média (Atividades 1 a 9).

Foi aplicado um formulário antes do início das oficinas tendo por objetivo avaliar a relação dos alunos com a Física (avaliação diagnóstica). Além disso, ao final da segunda semana foi aplicado um outro formulário (avaliação somativa). O objetivo dos formulários se consubstanciou no intento de verificar de que modo as oficinas propostas influenciaram na construção do aprendizado dos conceitos de Cinemática abordados no Quadro 1, bem como na motivação ao estudo de Física e na cooperação entre os alunos.

Com relação ao formulário aplicado antes das oficinas, algumas constatações foram feitas. Pergunta 1: Você gosta de Física? As respostas foram compiladas no gráfico da Figura 6.

Figura 6. Respostas a pergunta “Você gosta de Física?”. FONTE: Elaboração dos autores



Dos 26 alunos que responderam ao primeiro formulário, 13 disseram que gostam de Física e 13 disseram que não gostam. Constatou-se que, daqueles que responderam positivamente, 76,92% são do sexo masculino, enquanto 23,08% são do sexo feminino. Por outro lado, para aqueles que responderam negativamente, o percentual de alunos do sexo masculino foi de 30,77%, e 69,23% para o sexo feminino. Esses dados corroboram o fato de haver poucas mulheres em cursos de Física, Matemática e Engenharias.

A segunda pergunta foi: “Quantas horas por semana você estuda física em casa?”. A maioria dos alunos (92,31%) respondeu que não estuda física em casa. Por outro lado, 7,69% declararam estudar de duas a três horas por semana. Esse resultado deve orientar práticas de incentivo ao estudo fora do horário de aula como forma de melhoria da aprendizagem.

Considerando a pergunta: “Você costuma relacionar o conteúdo estudado em sala de aula com situações do dia-a-dia? Cite um exemplo. ” Neste caso, 46,15% dos alunos respondeu sim e 53,85% respondeu não. Vale destacar que a maior parte dos alunos que responderam positivamente a essa pergunta, citaram exemplos conceitualmente incorretos.

Todos os alunos afirmaram gostar de fazer trabalhos em equipe, justificando-se com base na cooperação e maior facilidade para realizar as tarefas. 69,23% dos alunos disseram que sabem o que é um robô. Dos alunos que afirmaram saber, 61,11% definiram usando termos corretamente relacionados à Robótica. Todos os alunos afirmam que é possível estudar física com robôs e acreditam que o uso de robôs pode melhorar a aprendizagem.

A última pergunta foi: “Você se sentiria mais motivado para estudar Física se usasse robôs para isso? Por quê? ”. Nesse ponto, é válido destacar a expectativa dos alunos com relação às oficinas de Física com Robótica Educacional, 96,15% dos alunos responderam sim, 0% respondeu não, enquanto o percentual de 3,85% não respondeu à pergunta. Alguns comentários acerca da resposta positiva são mostrados nas Figuras 7 e 8, em que se tem as respostas de alguns alunos e uma nuvem de palavras cujo tamanho de cada termo é proporcional a frequência com que a palavra é citada nas respostas de toda a turma, respectivamente.

Figura 7. Respostas de alguns alunos a pergunta "Você se sentiria mais motivado para estudar Física se usasse robôs para isso? Por quê?". FONTE: Elaboração dos autores

Por quê? *é algo diferente, é algo que não usamos geralmente em uma escola para estudar.*

Por quê? *Sim porque robótica é muito interessante e misturada com a física fica melhor ainda.*

Por quê? *Porque é mais divertido e atrai até os alunos menos interessados.*

Por quê? *pois é mais divertido e inovador.*

Figura 8. Nuvem com as palavras contidas nas respostas dos alunos sobre o uso da RE para ensino da Física. FONTE: Elaboração dos autores



Observou-se que, dentre os 50% dos alunos que disseram não gostar de Física, 92,31% afirmaram que se sentiriam mais motivados para estudar Física com Robótica Educacional, percebe-se o grande potencial dessa ferramenta e, para mais, que os alunos se mostram receptivos a essa abordagem. Isso indica que a Robótica, de fato, pode se apresentar como uma vertente de abordagem ou estilo de

transposição para o ensino de conceitos científicos em Física, uma vez que encoraja até mesmo grande parte daqueles que afirma não gostar da Física a estudarem o assunto.

Com relação ao formulário de avaliação somativa, algumas constatações foram feitas, com o interesse de registrar as alterações e modificações subjetivas, decorrentes com a interação física com os artefatos tecnológicos que se nominam como robôs. Tais artefatos carregam e determinam uma profusão de significações e interpretações que remetem aos conceitos científicos de interesse no estudo.

Para a pergunta: Você gostou de estudar física usando a Robótica? Todos os alunos responderam sim. Isso é comprovado pela Figura 9, que apresenta as respostas dos 27 alunos a pergunta “Quanto você se sente mais motivado para estudar Física quando se utiliza a Robótica?”

Figura 9. Respostas dos alunos sobre o quanto eles se sentem mais motivados para estudar Física com RE. FONTE: Elaboração dos autores



Por outro lado, quando perguntados se conseguiram relacionar o conteúdo com situações do dia-a-dia, 53,57% dos alunos respondeu que sim, enquanto 42,86% respondeu negativamente e 3,57% não respondeu. Houve um aumento no número de alunos que afirma relacionar o conteúdo estudado com situações cotidianas após

a realização das oficinas. Além disso, todos os alunos afirmaram ter gostado de trabalhar em equipe.

Destaca-se ainda o fato de que 96,43% dos alunos afirmou que o uso de robôs melhorou a aprendizagem, 3,57% não respondeu. Observa-se que houve uma contribuição da Robótica Educacional, de forma que ela não se mostrou negativa para nenhum aluno, uma vez que a maior parte deles afirmou ter se beneficiado, enquanto um pequeno percentual não respondeu.

Verificou-se que a Robótica Educacional pode desempenhar um papel importante no que diz respeito à frequência escolar dos alunos. Dado que 78,57% dos alunos respondeu que se sentiu mais interessado em ir para a escola por conta das oficinas de Física usando a Robótica Educacional, ao passo que 21,43% dos alunos respondeu que não exerceu essa influência.

De modo geral, observou-se de imediato a cooperação e a necessidade de colaboração recorrente entre os alunos para a realização das tarefas dentro de cada equipe, de certo modo, criou-se uma competição informal entre as equipes no sentido de quem finalizava as atividades primeiro e/ou quem realizava com mais qualidade.

Além disso, a iniciação à programação de robôs por meio de computadores foi importante para os alunos, pois, por meio dela, o robô pode realizar movimentos dinâmicos, que por sua vez, atraiu a atenção e interesse duradouro dos alunos.

Com relação ao teste realizado no final das oficinas, a média da turma das oficinas foi 4,16, enquanto a média da turma que teve aulas sem uso de RE foi 4,42, um pouco menor do que da outra turma. Se assinala, antes da conclusão, uma advertência importante indicada por Yin (2003), quando pondera:

Considerando estes cinco componentes envolvidos em uma pesquisa, os mesmos devem efetivamente forçar a construção de uma teoria preliminar,

relacionada com o tópico de estudo. O papel da teoria desenvolvida prioriza a condução de qualquer análise de dados. [...] tipicamente, tais métodos relacionados deliberadamente evitam especificidades e proposições teóricas exógenas ao contexto de inquirição (YIN, 2003, p. 29)

Finalmente, o itinerário investigativo desenvolvido e balizado pelos fundamentos metodológicos de um estudo de caso concorrem para uma perspectiva de teorização dos elementos empíricos originados da atividade e coleta de dados na pesquisa. Outrossim, os indicadores percentuais registrados nas figuras acima concorrem para acentuar um conjunto de elementos que, na presente investigação, revelam um viés intrinsecamente revelador de uma validação interna (YIN, 2003, p. 37) da pesquisa. Decerto que, com o desenvolvimento de ulteriores estudos, cuja natureza e interesse coincida com a presente pesquisa, podem confirmar outros elementos invariantes e definidores dos fenômenos de interesse.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As contribuições deste trabalho são a utilização da Robótica Educacional (RE) como uma ferramenta ou alternativa para o ensino de Cinemática em coerência com o objetivo principal desse trabalho, que se consubstanciou em constatar a influência da (RE) como alternativa de ensino e na aprendizagem de conceitos de cinemática, bem como na motivação/estímulo para o estudo de Física e a participação ativa nas aulas. Percebeu-se que os alunos estavam engajados e motivados durante as oficinas, mesmo aqueles que inicialmente disseram não gostar desta disciplina científica clássica. A equipe julgada, inicialmente, pelos instrutores e pela professora, que acompanhou passivamente as oficinas, com menor inclinação às atividades, tornou-se organizada e eficiente, com alunos motivados, buscando sempre concluir as atividades propostas prontamente. Tal cenário se mostrou com elementos que impulsionaram uma competição intelectual salutar entre os estudantes e que constituem importantes indicadores que requerem maior atenção, segundo um

cenário constitutivo para uma proposta mais geral para a Didática da Física (DA SILVA; SALLES; ALVES, 2018).

Cabe observar que os elementos mais representativos e o percurso investigativo desenvolvido e indicado nas seções antecedentes, cujos pressupostos derivaram de um estudo de caso (YIN, 2003), indicam determinados elementos invariantes e significativos, concernentemente ao ensino de Cinemática, sob um viés afetado pela Robótica Educacional (RE). Por conseguinte, se assinala o caráter de reprodução e da replicação ulterior, do presente roteiro descritivo de investigação, com um grupo ampliado de estudantes, tendo em vista a verificação de resultados semelhantes.

Com relação ao teste de avaliação aplicado pela professora após o fim das oficinas, a turma que participou das oficinas com RE obteve uma média menor (4,16) do que a turma que assistiu as aulas tradicionais (4,42). Os alunos que participaram das oficinas de robótica educacional interagiram com o conteúdo de uma forma em que eles podiam manipular, interagir com o objeto utilizado para estudar diferentes situações, avaliando e medindo posições, distâncias, instantes e intervalos de tempo, e calculando velocidades médias nessas situações. Some-se a isso o trabalho em equipe realizado por eles e a colaboração tanto para a montagem do robô quanto para a realização das atividades solicitadas em um roteiro definido *a priori*.

Por fim, observou-se que as oficinas de robótica educacional proporcionaram uma ampla experiência de aprendizagem, que vai além do conteúdo em si e se registra por um maior envolvimento em atividades colaborativas. Contribuiu, também, para amadurecimento pessoal e capacitação profissional, tendo em vista que exercitaram, simultaneamente, durante as oficinas, o raciocínio lógico e científico, a criatividade, o relacionamento interpessoal e o trabalho em equipe.

Além de serem apresentados à Linguagem de Programação em blocos e a Instrumentação Eletrônica.

REFERÊNCIAS

ALVES, F. R. V. Didática das Ciências e Matemática (DCeM): surgimento e implicações para a formação do professor. *Investigações em Ensino de Ciências – IENCI*, v. 22, nº 3, 291 – 320, 2017.

AMORIM, H. S. DO; DIAS, M. A.; SOARES, V. Sensores digitais de temperatura com tecnologia one-wire: Um exemplo de aplicação didática na área de condução térmica. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 4310, p. 4310–4319, 2015.

BENITTI, F. B. V. Exploring the educational potential of robotics in schools: A systematic review. *Computers and Education*, v. 58, n. 3, p. 978–988, 2012.

BOULOGARIS, G.; ALIMISIS, D. Robotics in physics education: fostering graphing abilities in kinematics. Proceedings of 4th International Workshop Teaching Robotics, Teaching with Robotics & 5th International Conference Robotics in Education, Padova, Italia, 2014.

CHANG, C. W. et al. Improving the authentic learning experience by integrating robots into the mixed-reality environment. *Computers and Education*, v. 55, n. 4, p. 1572–1578, 2010.

CHEVALIER, M.; RIEDO, F.; MONDADA, F. Pedagogical Uses of Thymio II: How Do Teachers Perceive Educational Robots in Formal Education? *IEEE Robotics & Automation Magazine*, v. 23, n. 2, p. 16–23, jun. 2016.

CHIN, K.-Y.; HONG, Z.-W.; CHEN, Y.-L. Impact of Using an Educational Robot-Based Learning System on Students' Motivation in Elementary Education. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, v. 7, n. 4, p. 333–345, 2014.

CRUZ-MARTIN, A. et al. A LEGO Mindstorms NXT approach for teaching at Data Acquisition, Control Systems Engineering and Real-Time Systems undergraduate courses. *Computers and Education*, v. 59, n. 3, p. 974–988, 2012.

DA SILVA, J. ; SALLES, G. ; ALVES, F. R. V. Didática da Física: uma análise de seus elementos de ordem epistemológica, cognitiva e epistemológica. *Caderno Brasileiro de ensino de Física*. v. 35, nº 1, 20 – 41, março, 2018.

ETEOKLEOUS, N.; KTORIDOU, D. Educational Robotics as Learning Tools within the Teaching and Learning Practice. *2014 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, n. April, p. 1055–1058, 2014.

FERNANDES, C. DA C. S-Educ : Um Simulador de Ambiente de Robótica Educacional em Plataforma Virtual. p. 1–83, 2013.

IGOR, M; Vernner; WALKS, Shomo & KOLBERG, Elli. Educational Robotics: an insight into Systems Engineering. *European Journal of Engineering Educational*, v. 24, nº 2, 201 – 212, 1999.

JESÚS, V. L. B. DE; SASAKI, D. G. G. Uma visão diferenciada sobre o ensino de forças impulsivas usando um smartphone. *Revista Brasileira de Ensino da Física*, v. 38, n. 1, p. 1–6, 2016.

KIM, C. et al. Robotics to promote elementary education pre-service teachers' STEM engagement, learning, and teaching. *Computers and Education*, v. 91, p. 14–31, 2015.

NARDI, R.; CASTIBLANCO, O. L. *Didática da Física*. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2014.

PAPERT, S. The children's machine. *Technology Review-Manchester Nh-*, v. 96, p. 28–28, 1993.

RIBEIRO, C.; COUTINHO, C.; COSTA, M. F. Educational Robotics as a pedagogical tool for approaching problem solving skills in Mathematics within elementary education. *6th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI 2011)*, p. 1–6, 2011.

VERNER, Igor. & MERKSAMER, Amir. Digital design and 3D printing in technology teacher education. *Proceedings of 25th CIRP Design Conference*, p. 182 – 186. 2015.

SOUZA, A. R. DE et al. A placa Arduino: uma opção de baixo custo para experiências de física assistidas pelo PC. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 33, n. 1, p. 01–05, 2011.

SUSILO, E. et al. STORMLab for STEM Education: An Affordable Modular Robotic Kit for Integrated Science, Technology, Engineering, and Math Education. *IEEE Robotics & Automation Magazine*, v. 23, n. 2, p. 47–55, jun. 2016.

TAKACS, A. et al. Teacher’s Kit: Development, Usability, and Communities of Modular Robotic Kits for Classroom Education. *IEEE Robotics & Automation Magazine*, v. 23, n. 2, p. 30–39, jun. 2016.

WILSON, S. et al. Pheeno, A Versatile Swarm Robotic Research and Education Platform. *IEEE Robotics and Automation Letters*, v. 1, n. 2, p. 884–891, jul. 2016.

YIN, Robert. K. Case study Research: designs and methods. Second Edition, v. 5, London: SAGE Publications. 2003.

YOUNG, Hugh D.; FREEDMAN, Roger A. *Física I - Mecânica*. 12. ed. São Paulo: Prentice Hall, 2008. 424 p.

Recebido em: Fevereiro de 2017. Publicado em: Abril de 2018.