Relato sobre uso da robótica educacional na discussão de gráficos em cinemática em uma turma do primeiro ano do ensino médio de uma escola pública estadual

Report on the use of educational robotics in the discussion of kinematic graphics in a first year high school class at a state public school

Josemar de Siqueira¹
Paulo José Sena dos Santos²

¹Escola Estadual Básica Laércio Caldeira de Andrada – josimarsiqueira@gmail.com

²Departamento de Física UFSC – paulo.sena@ufsc.br

Resumo: Diversos trabalhos na área de ensino de Física apontam que os estudantes, em diferentes níveis de ensino, apresentam dificuldades na construção e interpretação de gráficos em cinemática. Nesse contexto, a robótica educacional possibilita uma abordagem diferente da tradicional. O objetivo deste trabalho é apresentar um breve relato, alguns resultados e os principais aspectos positivos e dificuldades dos estudantes participantes após a aplicação de uma sequência didática que utiliza essa ferramenta para o ensino e aprendizagem de gráficos para o estudo do movimento retilíneo uniforme. As aulas ocorreram em uma turma de primeiro ano do ensino médio de uma escola estadual localizada no município de São José (SC). A análise das questões do pré e do pós-teste apontam uma diferença estatística entre as medianas do número de acertos e que a magnitude dessa diferença pode ser importante. Os principais aspectos positivos apresentados pelos estudantes são referentes ao aprendizado: de coisas novas, sobre análise de gráficos e programação. As principais dificuldades estão relacionadas a: análise gráfica e a programação.

Palavras-chave: Cinemática. Análise de gráficos. Robótica educacional.

Abstract: Several studies in physics teaching indicate that students present difficulties in the construction and interpretation of graphs in kinematics. In this context, educational robotics enables a different approach. The aim of this paper is present a brief report, main results and many positive aspects and problems pointed out by the students after participating of a teaching learning sequence that uses this tool to study graphs of the uniform rectilinear motion. The sequence was applied to a first year high school class of a state school located in the city of São José (SC). Analysis of the pre and post-test indicates a statistical difference between the medians of the number of correct answers and that the effect size of this difference may be important. The main positive aspects presented by students are related to learning: new things, about graph analysis and programming. The main difficulties are related to: graphical analysis and programming.

Keywords: Kinematics. Graph analysis. Educational robotics.

1. Introdução

O uso da representação gráfica é uma ferramenta importante em quase todas as áreas do conhecimento, uma vez que resume muitas informações e permite estabelecer relações entre diferentes grandezas. Portanto, é importante que os estudantes entendam o seu papel como linguagem para comunicação. No contexto do ensino de Ciências eles devem entender o seu uso na análise e síntese dos resultados de investigações.

Na disciplina de Física, de maneira geral, os estudantes são apresentados ao uso da representação gráfica durante o estudo da cinemática. Entretanto, as contribuições de seu entendimento vão além da cinemática, pois possibilitam a aprendizagem de outros conceitos. Devido a sua importância o uso desta representação na análise de movimentos tem sido bastante investigado por diversos pesquisadores. Inicialmente, os estudos baseados nos relatos dos estudantes como os realizados por McDermott et al (1987) e Beichner (1994) identificaram as principais dificuldades dos estudantes no uso dessa representação em cinemática. Estes trabalhos permitiram o agrupamento das principais dificuldades em dois grupos denominados: (a) conexões entre os gráficos do movimento e os conceitos físicos; e (b) conexões entre os gráficos do movimento e o mundo real. Beichner (1994) ainda apontou que a utilização de abordagens que utilizassem a observação de diferentes tipos de movimento poderiam minimizar algumas das diferentes dificuldades apontadas.

Planinic et al (2013) realizaram uma investigação para identificar as dificuldades dos estudantes ao analisar os mesmos tipos de gráficos em três contextos diferentes: matemática, física e situações gerais. Inicialmente a análise dos resultados possibilitou a identificação de três categorias de dificuldade: (i) do tipo intervalo, onde os estudantes se concentram na análise de um ponto específico ao invés da análise de intervalos; (ii) do tipo inclinação – altura; e (iii) icônicas, onde os alunos interpretam os gráficos como fotografias. Os resultados ainda apontam que a habilidade na interpretação dos gráficos pelos estudantes dependem do contexto. Essa conclusão foi baseada no número maior de acertos de questões sobre a análise de gráficos em matemática, do que na análise dos mesmos tipos de gráficos em física e em outros contextos.

Bollen et al (2016) ao analisar as respostas de 700 estudantes em duas universidades Katholieke Universiteit Leuven – Bélgica e University Basque Country – Espanha) para questões que compreendiam três tipos de gráficos lineares: posição versus tempo (cinemática); nível da água em uma piscina versus tempo (matemática); e situações de contexto livre. Além das diferentes abordagens utilizadas para a resolução das questões, dos erros mais frequentes dos procedimentos adotados, os autores perceberam que os estudantes apresentaram um índice de acertos maior nas questões sobre matemática do que nas de cinemática e de contexto livre. Resultados semelhantes foram obtidos por Ceuppens et al (2019) em uma investigação conduzida com estudantes do equivalente ao nosso primeiro ano do ensino médio na resolução de problemas que envolvem gráficos de funções lineares $y(x)$ em matemática e posição versus tempo (cinemática).

Nesse contexto, a robótica educacional (RE) traz novas possibilidades para o ensino de Física. Pois permite um novo olhar para a experimentação e para a integração da tecnologia à disciplina, e pode proporcionar aos alunos um novo significado para os conceitos aprendidos. Nessa perspectiva alguns autores (WILLIAMS et al, 2008; MITNIK et al, 2009; TRENTIN et al, 2015; SANTOS e SANTOS, 2018) investigaram as possibilidades para a integração dessa ferramenta a discussão de diferentes conceitos.

Com base no exposto, entendemos que a robótica educacional (RE) pode propiciar a elaboração de atividades que envolvam: a discussão de conceitos, e a construção e interpretação de gráficos, que podem contribuir para a redução de algumas dificuldades apontadas na literatura. Assim, neste trabalho apresentaremos a análise da aplicação de uma sequência didática desenvolvida para a discussão dos gráficos posição versus tempo ($s \times t$) e velocidade versus tempo ($v \times t$) para o movimento retilíneo uniforme (MRU). As aulas ocorreram em uma turma do primeiro ano do ensino médio de uma escola pública estadual localizada na cidade de São José (SC).

2. A sequência didática

Para a discussão dos gráficos foi desenvolvida uma sequência didática com dois módulos com quatro encontros cada um. O primeiro módulo teve como objetivo introduzir a plataforma Arduino, além de apresentar noções de prototipagem e do uso do programa Ardublock. O objetivo do segundo módulo foi utilizar os robôs para criar um ambiente que possibilitasse a discussão sobre a representação do MRU através do uso dos gráficos $s \times t$ e $v \times t$. Durante essa etapa os alunos resolveram problemas que envolviam situações, normalmente, tratadas em aulas tradicionais. Eles programaram robôs (figura 1a) para realizar movimentos retilíneos sobre uma “pista de teste” (confeccionada com tatames, como pode ser visto na figura 1b). Após a coleta dos dados – feita através da análise de vídeos gravados nos celulares – eram determinados a velocidade média e a representação gráfica do comportamento da posição e da velocidade do robô ao longo do tempo. Uma síntese das atividades realizadas e sua duração pode ser vista nos quadros 1 e 2.

(a)

(b)

Figura 1: (a) Robô utilizado durante a sequência. (b) Pista de teste confeccionada com tatames. Fonte: os autores

Quadro 1 – Proposta de aplicação das aulas da sequência didática para o Módulo 1.

Encontro	Atividades realizadas
1 – História da robótica e introdução à programação com Ardublock (2 aulas de 45 min).	Após uma introdução histórica foi realizada a apresentação da plataforma Arduino e do ambiente Ardublock (principais funções e blocos lógicos). O primeiro exercício consistiu em acender o LED blink da placa. Ao final foi proposto o desafio de fazer o mesmo LED piscar com o padrão S.O.S.
2 – Noções de prototipagem: acendendo vários LEDs (2 aulas de 45 min).	Foram abordados os conceitos de corrente elétrica e resistores, além de uma discussão sobre o <i>protoboard</i> . Os estudantes realizaram atividades para ligar inicialmente um e depois mais LEDs. Ao final foi proposto como desafio a criação de um semáforo com três LEDs.
3 – Entradas e saídas analógicas, digitais e pinos PWM (2 aulas de 45 min).	Foram abordados os conceitos de entradas e saídas analógicas e digitais. As atividades envolveram o controle da luminosidade de um LED e as cores de um LED RGB através de um potenciômetro.
4 – Controlando motores DC e o uso do shield L293D (2 aulas de 45 min).	As atividades envolveram a programação de um robô para ir e voltar em linha reta, e depois eles deveriam criar trajetórias para eles.

Quadro 2 – Proposta de aplicação das aulas da sequência didática para o Módulo 2.

Aula	Atividades realizadas
1 – Representação gráfica do movimento uniforme (4 aulas de 45 min)	Inicialmente foram trabalhados os conceitos de deslocamento e distância percorrida para o movimento em uma dimensão. Foram introduzidos os conceitos de velocidade média, também foi definida a função horária da posição para os robôs em diferentes situações. Discutiu-se a representação do por meio de gráficos. Os estudantes construíram gráficos posição versus tempo para os movimentos dos robôs.
2 – Interpretação do gráfico posição versus tempo (4 aulas de 45 min)	Durante os encontros foi trabalhado a representação gráfica (posição versus tempo e velocidade versus tempo) para os movimentos dos robôs.

3. Metodologia

A sequência foi aplicada em uma turma de primeiro ano do ensino médio de uma escola pública estadual localizada no município de São José (SC). A escola possui duas salas de informática, um laboratório de ciências e um de robótica (montado a partir da proposta de aplicação da sequência), biblioteca e sala de vídeo, todas com projetor multimídia.

O grupo participante foi composto inicialmente por 28 alunos, com idades entre 14 e 18 anos. As atividades foram realizadas no período normal das aulas, como parte da disciplina de Física, entretanto, ao longo do bimestre 3 alunos foram transferidos para outras escolas ou turmas. Para a análise estatística foram considerados os dados dos que realizaram o pré e o pós teste - 24 estudantes. É importante ressaltar que esse foi o primeiro contato com a cinemática do primeiro ano dos participantes e que nenhum deles teve um contato prévio com a robótica educacional ou com a plataforma Arduino.

Durante a realização das atividades os estudantes realizaram registros em relatórios sobre a lógica de programação com o Ardublock e sobre a resolução dos problemas propostos (com os gráficos construídos e cálculos realizados). Além destes relatórios, os estudantes responderam a um pré e um pós-teste composto de seis questões de múltipla escolha sobre o MRU. As cinco primeiras questões correspondem as questões 3, 5, 8, 11 e 17 do Teste de Entendimento de Gráficos em Cinemática (TUGK) (BEICHNER, 1994). A sexta questão corresponde ao problema 1 proposto por McDermott et al (1987) As habilidades avaliadas em cada questão do teste aplicado estão descritas no quadro 3.

Quadro 3 – Habilidades para cada questão do pré e do pós-teste.

Questão	Habilidades
Q1 - Gráfico $s \times t$.	Selecionar a descrição textual.
Q2 - Gráfico $s \times t$.	Determinar a velocidade.
Q3 - Gráfico $s \times t$.	Selecionar a descrição textual.
Q4 - Gráfico $s \times t$.	Selecionar um gráfico $v \times t$ correspondente.
Q5 - Gráfico $s \times t$.	Determinar a velocidade.
Q6 - Gráfico $s \times t$.	Selecionar a descrição textual.

Ao final da sequência, os estudantes ainda responderam a um outro questionário para conhecimento das dificuldades e aspectos positivos da sequência. Frente ao grande volume de dados coletados nesse trabalho serão apresentados os resultados da análise estatística do aproveitamento dos estudantes no pré e no pós-teste e uma análise dos principais aspectos positivos e dificuldades apresentados pelos estudantes ao longo da sequência.

Para verificar a existência de diferença estatística entre os resultados do pré e do pós-teste foram utilizados testes estatísticos. Conforme Siegel e Castellan Jr (2006), esses testes tem como objetivo a determinação do grau de aceitabilidade das hipóteses sobre uma teoria relacionada ao comportamento de um grupo. No trabalho, essa hipótese reside na existência ou não de uma diferença estatística nas medianas dos testes dos estudantes antes e após a participação na sequência didática.

Como os dados coletados não possuem uma distribuição normal, optou-se, para a análise do sentido e do valor das diferenças entre os resultados do pré e do pós-teste, pela utilização do Teste de Postos Assinalados de Wilcoxon (SIEGEL e CASTELLAN JR., 2006), para um valor $p = 0,05$. Desse modo se o valor p determinado for menor do que 0,05 pode-se considerar a existência de diferença estatística entre os resultados dos testes. Para a realização das análises e do teste foi utilizado o software BioEstat versão 5.3 (disponível em: <https://www.mamiraua.org.br/downloads/programas/>).

Para complementar o resultado do teste estatístico também foi calculado o tamanho (ou a magnitude) do efeito, que mede a “força” do resultado. Para o teste escolhido (Wilcoxon) a estimativa da magnitude do efeito pode ser determinada a partir do escore Z do teste e do tamanho da amostra (N) (FRITZ; MORRIS; RICHLER, 2012)

$$r = \frac{Z}{\sqrt{N}} .$$

Para comparação $r < 0,3$ é considerado um efeito pequeno, $0,3 \leq r < 0,5$ é considerado um efeito médio e $r \geq 0,5$ é considerado um valor alto.

Em conjunto com esse teste, foi realizado o cálculo do ganho médio (g), também conhecido como ganho de Hake, entre os resultados do pré e do pós-teste. O cálculo do ganho g foi definido por HAKE (1998) para avaliar o desempenho na aprendizagem dos alunos através da realização de pré e pós-testes. Para a determinação do valor de g utiliza-se a equação (HAKE, 1998):

$$g = \frac{\%_{pós} - \%_{pré}}{100\% - \%_{pré}} .$$

Para efeito de comparação Hake (1998) considera um ganho alto para $g > 0,7$, um ganho médio para $0,7 \geq g \geq 0,3$, e baixo quando $g < 0,3$.

Para a análise das principais dificuldades e aspectos positivos na opinião dos estudantes foi realizada uma análise qualitativa das respostas do para as perguntas: (1) quais foram as principais dificuldades encontradas durante a sequência, e (2) quais foram os principais aspectos positivos da sequência. O uso dessa abordagem é justificado, pois permite ao pesquisador investigar “a forma como as pessoas constroem o mundo a sua volta, o que estão fazendo ou o que está lhes acontecendo (...)” (FLICK, 2009, p.8). Através desse

tipo de análise, o pesquisador pode ter acesso às experiências, interações e documentos em seu contexto natural, desenvolver hipóteses e conceitos, além de seus refinamentos no processo de pesquisa. Assim, as respostas dos estudantes foram lidas e agrupadas em categorias definidas a posteriori pelos pesquisadores, de acordo com o agrupamento realizado.

A pesquisa realizada foi autorizada pela Gerência de Educação do Estado de Santa Catarina (GERED) e aprovado no Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos (CEPSH) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) (CAAE 79504017.5.0000.0121).

4. Resultados

4.1 Análise estatística

Para a análise da evolução das respostas dos estudantes antes e depois da aplicação da sequência foram consideradas as respostas de 24 estudantes – que participaram do pré e do pós-teste.

No pós-teste obteve-se um aumento na média de acertos de 13%, e o ganho médio da turma foi igual a 0,162, o que pode ser considerado baixo. Ao observar o desempenho individual nota-se que 37,5% dos estudantes não obtiveram ganho (o número de acertos foi o mesmo no pré e no pós-teste), 58,4% apresentaram aumento no número de acertos (29,2% obtiveram ganho considerado médio e 29,2% ganho considerado alto) e 4,1% (um aluno) teve ganho negativo (acertou mais no pré-teste do que no pós-teste). Uma síntese do número de acertos obtidos pode ser vista no quadro 4.

Quadro 4 – Síntese dos resultados obtidos no pré e no pós-teste.

	Número total de acertos nos testes (0 nenhum acerto a 6 todas corretas)							Mediana	Média	Desvio-padrão
	0	1	2	3	4	5	6			
Pré-teste	5	10	5	4	0	0	0	1	1,333	1,007
Pós-teste	0	9	5	6	4	0	0	2	2,208	1,141

Com o objetivo de identificar a existência de diferença estatística entre as medianas do número de acertos no pré e no pós-teste foi realizado o teste de Wilcoxon para amostras pareadas (SIEGEL e CASTELLAN JR, 2006). Adotou-se como hipótese nula a não existência de diferença estatística as medianas do número de acertos. Oito estudantes obtiveram o mesmo escore no pré e no pós-teste, assim para os pares utilizados no teste foi encontrado um valor p (bilateral) igual a 0,0012 ($< 0,05$). O valor do escore Z do teste foi 3,2318, de modo que a magnitude do efeito vale $r \cong 0,66$. Com base nos resultados pode-se concluir que existe uma diferença estatística entre as medianas, e que a magnitude dessa diferença pode ser importante.

4.2 Aspectos positivos e dificuldades apresentadas

Após a realização da sequência didática os estudantes responderam a um questionário para a elaboração do perfil da turma. Ele possuía dois pontos, que são discutidos neste trabalho, relacionados aos aspectos positivos e das principais dificuldades apontadas pelos estudantes. Após a leitura, as respostas dos estudantes foram reunidas em 08 categorias, cujas justificativas, exemplos e percentuais de respostas podem ser vistas nos

quadros 5 e 6. É importante comentar que vários estudantes relataram mais de um aspecto positivo ou dificuldade durante a sequência.

Quadro 5 – Aspectos positivos apontados pelos estudantes

Categoria	Exemplos	Percentual de respostas
Aprender coisas novas - nessa categoria estão presentes afirmações onde os respondentes não deixaram explícito o que gostaram de aprender, ou ainda comentaram sobre a novidade ou diferença em relação a abordagem tradicional.	<i>“Tudo foi legal de aprender e nunca tinha feito coisas assim”</i> (estudante 1). <i>“Aprendi diversas coisas que eu não sabia ...”</i> (estudante 5). <i>“As aulas são bem diferentes e ensinam coisas que eu normalmente não aprenderia”</i> (estudante 16).	21,43%
Aprendizagem sobre construção e interpretação dos gráficos – aqui foram relacionadas respostas onde a construção e/ou a análise dos gráficos aparecem explicitamente.	<i>“Aprendizagem com movimentos retilíneo e retrógrado ...”</i> (estudante 17). <i>“... desenvolvi um pouco mais os cálculos de velocidade e posição”</i> (estudante 23).	21,43%
Aprendizagem de programação – foram relacionados aspectos relacionados à aprendizagem de programação.	<i>“Saber programar o robô por si próprio”</i> (estudante 20).	28,53%
Relacionadas à robótica – os trechos remetem à robótica ou ao uso dos robôs durante as atividades.	<i>“... a experiência nova de mexer com a robótica”</i> (estudante 21).	21,43%
Relacionadas à montagem - as respostas dos estudantes remetem diretamente à montagem ou ao Arduino.	<i>“A montagem e o Arduino”</i> (estudante 12).	10,71%
Relacionadas às filmagens – nessa categoria os estudantes citam aspectos relacionados às filmagens e/ou análise dos vídeos.	<i>“... as filmagens”</i> (estudante 18).	10,71%
Trabalho em grupo – respostas que citam o trabalho em grupo.	<i>“As atividades em grupo...”</i> (estudante 22).	7,14%
Outros – apontaram aspectos que não puderam ser colocados nas categorias anteriores.	<i>“... experiência obtida na área de acesso gratuito difícil...”</i> (estudante 15). <i>“A ajuda do professor...”</i> (estudante 17)	17,86%

Quadro 6 – Dificuldades apontadas pelos estudantes

Categoria	Exemplos	Percentual de respostas
Movimento dos carrinhos - devido ao design dos robôs, os motores funcionavam de maneira independente, assim para que ele andasse em linha reta foi necessário o ajuste de uma velocidade de rotação diferente para cada motor.	<i>“Entender a programação da velocidade.”</i> (estudante 7). <i>“Em maior parte foram em fazer o robô andar em um movimento reto durante as programações.”</i> (estudante 23).	25%
Construção e análise dos gráficos - foram enquadrados nesta categoria respostas que relatavam dificuldades, na construção, análise, ou ainda cálculos das grandezas físicas relevantes.	<i>“... representar algumas coisas nos gráficos.”</i> (estudante 17). <i>“Tive dificuldade em montar os gráficos e fazer os cálculos ...”</i> (estudante 21).	46,43%
Programação - uma vez que não havia citação explícita ao movimento do robô a dificuldade apontada pode estar relacionada à programação como um todo, ou ainda, a outros momentos específicos (como atividades com os LEDs).	<i>“Tive dificuldade na programação...”</i> (estudante 25)	10,71%
Descrição das atividades - os estudantes precisavam fazer os registros da sequência de passos realizados para a resolução das situações propostas e da lógica utilizada para a programação.	<i>“Descrever no papel os passos realizados na aula prática.”</i> (estudante 12).	10,71%
Gravação dos vídeos - Foram relacionadas respostas que apontassem o uso do celular, ou o uso do software de análise do vídeo para obtenção dos pontos para a confecção dos gráficos.	<i>“... tirar alguns dados dos vídeos”</i> (estudante 27).	10,71%
Trabalho em grupo - os estudantes relataram dificuldades no trabalho em grupo.	<i>“... lidar com o grupo ...”</i> (estudante 27).	7,14%
Montagem - foram consideradas respostas que apontaram problemas na montagem de circuitos.	<i>“Montar os circuitos ...”</i> (estudante 27).	7,14%
Outros – apontaram aspectos que não puderam ser colocados nas categorias anteriores	<i>“... outra era o carrinho que às vezes estava com a bateria fraca.”</i> (estudante 3). <i>“Eu não prestei atenção e não sabia fazer.”</i> (estudante 4).	17,86%

É importante salientar que 7,14% dos estudantes não apontaram de aspectos positivos e dificuldades.

Os resultados apontam que os estudantes participantes obtiveram uma melhora no entendimento sobre a interpretação de gráficos para o MRU, apesar dos relatos sobre a dificuldade do tema. Além disso, pode-se concluir a partir das respostas dos estudantes que o uso da RE possibilitou a aprendizagem de aspectos relacionados à prototipagem e a programação, atraiu a curiosidade dos estudantes e criou um ambiente agradável.

5. Considerações finais

Devido a sua importância, o uso da representação gráfica tem sido objeto de estudo por parte de pesquisadores da área de ensino de Física desde o final da década de 1980. Nesta disciplina os estudantes são apresentados a esta representação, de maneira geral, no primeiro ano do ensino médio ao discutir a cinemática. Diversos estudos apontam que as dificuldades podem ser divididas, de maneira geral, em dois tipos: (a) conexões entre os gráficos do movimento e os conceitos físicos; e (b) conexões entre os gráficos e o mundo real. Estudos mais recentes apontam que o aparecimento destas dificuldades dependem ainda do contexto, uma vez que, de maneira geral, em Matemática os estudantes obtêm um maior sucesso na análise do que na Física.

Nesse sentido, Beichner já apontava em 1994 que a utilização de abordagens que utilizassem a observação dos diferentes tipos de movimento poderiam minimizar algumas destas dificuldades. Nesse contexto, a robótica educacional pode ser utilizada para criar situações diferenciadas onde, a partir da programação e do estudo do movimento dos robôs, os estudantes podem analisar os diferentes movimentos com o uso da linguagem gráfica. Assim, neste trabalho relatamos os primeiros resultados da aplicação de uma sequência didática para o estudo dos gráficos de um tipo específico de movimento: o retilíneo e uniforme.

Para avaliar os aspectos positivos e as dificuldades os estudantes responderam a um outro questionário. A análise qualitativa indicou que as principais dificuldades apontadas pelos estudantes foram: (a) a construção e análise dos gráficos; e (b) fazer com que o robô se movesse em linha reta (devido ao fato dos motores funcionarem de maneira independente). Os principais aspectos positivos apontados foram: (a) a aprendizagem de coisas novas; (b) a aprendizagem sobre a construção e a análise de gráficos através de uma abordagem diferenciada e (c) a aprendizagem de programação.

A melhora no entendimento dos estudantes foi analisada através dos resultados de dois testes aplicados no início e no final da sequência. Os resultados indicaram a princípio um aumento na média de acertos de 13%, com um ganho médio igual a 0,162 – que segundo Hake (1998) pode ser considerado baixo. Entretanto, o valor p ($= 0,0012$) calculado a partir do teste de Wilcoxon, além da magnitude do efeito ($r = 0,66$) permitiram considerar que a utilização da RE na sequência didática pode ter contribuído para o aumento da mediana dos testes, e que a magnitude dessa diferença pode ser importante.

Com base nos resultados apresentados pode-se concluir que a sequência didática obteve resultados satisfatórios, e que a RE apresenta potencial para a criação de situações diferenciadas para o ensino e aprendizagem de conceitos em cinemática. É importante ressaltar que para avaliar o seu uso no ensino de Física um longo trabalho ainda se faz necessário, para entre outros pontos: avaliar os resultados da aplicação da sequência para um número maior de estudantes; elaborar e analisar outras atividades para complementar a sequência apresentada (que permitam reforçar a discussão, analisar o comportamento de outras grandezas, entre outros); investigar a influência da ferramenta no interesse, na

motivação e no engajamento dos estudantes; elaborar e analisar sequências para a discussão de outros movimentos (como o retilíneo uniformemente variado).

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

6. Referências

BEICHNER, R. J. Testing student interpretation of kinematics graphs. *American Journal of Physics*, 62, n.8, p. 750 – 768, 1994.

BioEstat 5.3. Amazonas: Instituto de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá. Disponível em: <https://www.mamiraua.org.br/downloads/programas/>. Acesso em 30/10/2018.

BOLLEN, L.; De COCK, M.; ZUZA, K.; GUIASOLA, J.; Van KAMPEN, P. Generalizing a categorization of students' interpretations of linear kinematics graphs. *Physical Review Physics Education Research*, 12, 010108, 2016.

CEUPPENS, S.; BOLLEN, L.; DEPREZ, J.; DEHAENE, W.; De COCK, M. 9th grade students' understanding and strategies when solving $x(t)$ problems in 1D kinematics and $y(x)$ problems in mathematics. *Physical Review Physics Education Research*, 15, 010101, 2019.

FLICK, U. *Desenho da pesquisa qualitativa*. Porto Alegre: Artmed, 2009.

FRITZ, C. O.; MORRIS, P. E.; RICHLER, J. J. Effect size estimates: current use, calculations and interpretation. *Journal of Experimental Psychology: General*, 141, n. 1, 2 – 18, 2012.

HAKE, R. R. Interactive-engagement versus traditional methods: a six-thousand student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics*, 66, 64, 1998.

MITNIK, R.; RECABERREN, M.; NUSSBAUM, M.; SOTO, A. Collaborative robotic instruction: a graph teaching experience. *Computers & Education*, 53, n. 2, p. 330 – 342, 2009.

PLANINIC, M.; IVANJEK, L.; SUSAC, A.; MILIN-SIPUS, Z. Comparison of university students' understanding of graphs in different contexts. *Physical Review Physics Education Research*, 9, 020103, 2013.

SANTOS, T. F. M.; SANTOS, P. J. S. Relato e análise de uma sequência didática sobre forças de atrito com o uso de kits de robótica educacional no primeiro ano do ensino médio. *Revista Novas Tecnologias na Educação*, 16, n. 2, 2018.

SIEGEL, S.; CASTELLAN JR., J. *Estatística não-paramétrica para ciências do comportamento*. Porto Alegre: Artimed, 2006

TRENTIN, M. A. S.; ROSA, C. T. W.; ROSA, A. B.; TEIXEIRA, A. C. Robótica educativa livre no ensino de Física, da construção do robô à elaboração de uma proposta didática de orientação metacognitiva. *Revista Brasileira de Ensino de C&T*, 24, n.2, 2015.

WILLIAMS, D. C.; MA, Y.; PREJEAN, L.; FORD, M. J. Acquisition of physics content knowledge and scientific inquiry skills in a robotic summer camp. *Journal of Research on Technology in Education*, 40, n. 2, p. 201 – 216, 2008.