

# Integrando tecnologias em sala de aula: um estudo com alunos de ensino fundamental em aulas de ciências com aquisição de dados em tempo real

Reinaldo S. Guimarães\*, Vania E. Barlette\*\*, Paulo H. Guadagnini\*\*\*

## Resumo

Este trabalho apresenta um estudo integrando um sistema de medição de distância, a plataforma Arduino e um sensor ultrassônico em aulas de ciências com alunos do 9º ano do ensino fundamental. São descritos os detalhes da construção do equipamento e do programa computacional para a plataforma Arduino. A utilização desse sistema integrado com aulas de ciências é apresentada e discutida para o ensino de cinemática introdutória a partir do planejamento e implementação de duas situações na perspectiva da teoria das situações didáticas de Brousseau. As análises da aprendizagem consideram os registros escritos nas tarefas de sala de aula e o desempenho dos alunos em um teste de múltipla escolha. Os resultados do teste da maioria dos alunos evidenciam melhoria no desempenho de conhecimentos de cinemática, os quais mostraram respaldo por registros escritos indicando que a maioria dos alunos estabeleceu correspondência entre os movimentos executados em sala de aula e as representações gráficas de cinemática. Os resultados sugerem que a integração de tecnologias digitais em aulas de ciências pode ser didaticamente relevante para facilitar a aprendizagem de ciências no ensino fundamental.

**Palavras-chave:** Sistema de medição de distância. Plataforma Arduino. Cinemática. Tecnologias no ensino de ciências.

---

\* Mestre em Ensino de Ciências pela Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA). E-mail: reinaldoguimaraes@gmail.com

\*\* Doutora em Física pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCAR). E-mail: vaniabarlette@unipampa.edu.br

\*\*\* Doutor em Ciências pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). E-mail: pauloguadagnini@unipampa.edu.br

<https://10.5335/rbecm.v5i2.12731>

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0>

Recebido em: 06/07/2021; Aceito em: 20/07/2022

ISSN: 2595-7376



## Introdução

As diferentes formas de expressar o conhecimento estão no núcleo de diversas áreas das ciências humanas, sociais e da natureza. Assim, a identificação e a interpretação de diferentes formas de representar o conhecimento são competências que se deseja desenvolver ao longo da educação básica, em acordo com as diretrizes educacionais brasileiras (BRASIL, 2018). Como não há um currículo nacional para o ensino fundamental e médio, os sistemas educacionais seguem as diretrizes curriculares nacionais propostas pelo Ministério da Educação, desde as primeiras séries do ensino fundamental até o ensino médio. Cada sistema educacional é responsável por complementar ou adaptar as diretrizes curriculares nacionais com uma parte diversificada do currículo, focando, por exemplo, aspectos culturais regionais e locais. Um aspecto positivo dessa política educacional tem sido uma grande variedade de currículos para que a educação básica atenda à diversidade histórica, social e cultural do país. Assim, as diretrizes educacionais orientam propostas curriculares e seu conteúdo mínimo, a fim de garantir uma educação básica comum. Essa característica desencoraja pedagogias tradicionais e fornece a flexibilidade necessária para os professores planejarem e conduzirem suas aulas, a fim de permitir que os alunos aprendam usando práticas de ensino inovadoras e potencialmente eficazes em ambientes reais de sala de aula.

Nessa perspectiva, e com a finalidade de contribuir com aulas de ciências inovadoras, apresentamos um estudo com alunos de ensino fundamental para auxiliar na identificação e interpretação de gráficos de cinemática e outros tipos de representações de conhecimento, integrando atividades práticas experimentais e modelos teóricos com apoio de aquisição automática de dados. Os gráficos de cinemática são exemplos de representação de conhecimento cujos fenômenos neles representados podem ser interpretados pelos alunos em aulas de ciências em situações preparadas pelo professor com apoio de tecnologias de aquisição de dados assistidas por computador. Representações de conhecimento, tais como desenho, gráfico, equações matemáticas, tabelas ou esquemas, fazem parte do letramento científico que se espera da área de ciências da natureza no ensino fundamental (BRASIL, 2018).

Diversos estudos anteriores apontam os benefícios da aplicação da aquisição automática de dados no ensino de ciências (CARDONA; LÓPEZ, 2017; HAAG;

ARAUJO; VEIT, 2005; SOKOLOFF; LAWS; THORNTON, 2007). Uma vantagem importante apontada é o melhor aproveitamento do tempo de sala de aula pelos alunos, que podem se concentrar na análise, interpretação dos fenômenos da natureza, ao invés de realizarem atividades repetitivas de coleta e anotação de dados. A relevância didática que destacamos da integração de tecnologias digitais em aulas de ciências, tais como aquisição automática de dados, é a possibilidade de estabelecer esse diálogo em favor da compreensão de fenômenos da natureza.

Um projeto de equipamento com aquisição automática de dados assistidos por computador, voltado ao professor de ciências da escola, geralmente apresenta características consideradas desejáveis, tais como projeto aberto, baixo custo e componentes disponíveis no mercado nacional. Dentre as características técnicas desses equipamentos, destacamos a atualização dos dados à medida que os eventos transcorrem e a apresentação em tempo real dos dados na forma gráfica na tela do computador ou sobre uma superfície plana (como a parede de uma sala).

Neste estudo, os dados cinemáticos são levantados com apoio de um sistema de medição de distância que integra um sensor ultrassônico, a plataforma Arduino e o *software* Microsoft Excel. Sistemas de medição de distância com projetos abertos e aplicações didáticas estão disponíveis na literatura. Reportamos, a seguir, dois sistemas de medição de distância com características que tanto se assemelham quanto se diferenciam do sistema de medição aqui proposto.

Rocha e Guadagnini (2010) desenvolveram um sistema de medida de distância para aplicações didáticas com aquisição automática de dados utilizando um módulo sensor sonar e um microcontrolador Basic Step-1, que foi uma plataforma anterior à plataforma Arduino e que permite somente a comunicação do sistema de medida com o computador através da interface serial RS232 (não disponível na grande maioria dos computadores atuais). No presente trabalho, apresentamos uma proposta diferenciada que utiliza uma solução não-proprietária para aquisição automática de dados com a plataforma Arduino e o *software* *Arduino Excel* para comunicação entre o sistema de *hardware* e o Microsoft Excel (VOLGOLIO, 2020). Em relação ao trabalho de Rocha e Guadagnini (2010), o sistema proposto no presente trabalho tem a vantagem de utilizar a plataforma Arduino com interface de comunicação USB, permitindo que o sistema de medida seja construído com mais facilidade e com custo mais baixo.



Dworakowski *et al.* (2016) apresentaram um sistema de medida de distância e aquisição automática de dados para o ensino de cinemática usando a plataforma Arduino, o módulo sensor HC-SR4 e o software proprietário PLX-DAQ da empresa Parallax para viabilizar a inserção automática de dados em uma planilha Excel. O software PLX-DAQ encontra-se atualmente descontinuado, e apresenta problemas de compatibilidade com versões mais recentes do sistema operacional Windows e Microsoft Excel, inviabilizando seu uso em projetos mais recentes. Diferentemente do sistema proposto por Dworakowski *et al.* (2016), o presente trabalho propõe o uso de um *software* de código aberto para interface entre o aplicativo Excel e a placa Arduino. O projeto de sistema de medição de distância proposto neste trabalho tem potencial para ser mais longo e permitir que seja replicado por alunos e professores com mais facilidade. Os detalhes para construção do sistema de medida são apresentados neste trabalho, e o código computacional comentado é disponibilizado no Apêndice 1.

## Fundamentação teórica

### Perspectivas para a aprendizagem do aluno

O ensino e a aprendizagem de cinemática integrando tecnologias digitais foram concebidos neste estudo a partir das ideias de situação “didática” e “a-didática” desenvolvidas por Guy Brousseau na sua teoria das situações didáticas (2002). Essa perspectiva traz possibilidades para o desenvolvimento de competências do aluno acerca de representações do conhecimento e o desenvolvimento da sua autonomia, e tem alinhamento com às normativas da Base Nacional Comum Curricular Comum para a formação do aluno no ensino fundamental (2018).

Brousseau (2002), teve influência do modelo piagetiano de desenvolvimento cognitivo a partir da interação de um sujeito com o meio que o cerca. Ele considerou a premissa piagetiana que o desenvolvimento cognitivo se dá por um processo adaptativo do sujeito na interação com um meio que apresenta antagonismos. Como o interesse de Brousseau centrava-se nos processos de sala de aula, considerou o meio didático como um meio antagônico, que oferece dificuldades à construção do saber (aprendizagem) e envolve tanto as circunstâncias que podem ter ou não algum controle do professor quanto as relações que com este meio o aluno estabelece (*milieu*).

As circunstâncias podem envolver objetos (instrumentos, atividades, tarefas, etc.) lugares (sala de aula, laboratório, biblioteca, museus, etc.) e pessoas (colegas, professor/a, corpo diretivo da escola, etc.) cabendo ao professor a sua estruturação num meio didático. As relações que se dão entre o aluno, ou um grupo de alunos, e as circunstâncias nesse meio para a construção de saberes de forma autônoma a partir de conhecimentos instituídos pela cultura, são denominadas por Brousseau de situações didáticas (2002). Conhecer essas relações constitui o núcleo central da teoria das situações didáticas.

Considerando o meio didático como tudo quanto envolva de circunstâncias e relações, o professor/a pode estruturá-lo considerando tanto a sua atuação direta nesse meio (por exemplo, em uma aula) quanto a sua atuação indireta e para o qual o aluno atua de forma efetiva e objetiva (por exemplo, em uma atividade ou tarefa). Assim, as situações num determinado meio didático para as quais o professor deliberadamente planeja para os alunos e para as quais o professor tem algum controle, são chamadas de “didáticas”. Por outro lado, uma situação “a-didática” é um tipo de situação didática em que os alunos não têm o controle direto do professor, mas que é intencionalmente planejada pelo professor para que possam mobilizar o conhecimento de maneira mais autônoma e construir o saber (aprendizagem).

Uma situação a-didática bem sucedida requer que as responsabilidades sobre a aprendizagem sejam partilhadas entre professor e alunos. Ao professor concerne a responsabilidade do planejamento das situações a-didáticas na fase didática do planejamento (objetivos, estratégias, recursos, atividades e tarefas, e avaliação), de modo a fornecer o *milieu* ou o meio para a assimilação dos novos significados no contexto social do ambiente educativo envolvendo o aluno, o professor e o saber em jogo (a aprendizagem desejada); aos alunos, é transferida a responsabilidade pela gestão da própria aprendizagem na ação com o meio didático.

O planejamento do meio didático e das situações possibilitadas nele revelam intencionalidades em acordo com certos objetivos. No presente estudo, se deseja a mobilização de ações mentais pelo aluno, tais como observar e fazer correspondência, a partir da interação dos alunos com o sistema de medição de distância na sala de aula, abrindo possibilidades aos alunos tanto de uma experiência intuitiva sobre espaço e tempo quanto uma racionalização sobre velocidade e aceleração dos corpos à medida que as representações gráficas vão sendo construídas. Em outras palavras, pode permitir ao aluno associar observações factuais

com representações físicas destes fatos à medida que as relações entre as variáveis físicas são apresentadas na forma gráfica.

Ainda que no nível de ensino fundamental a formação de conceitos possa não atingir uma elaboração racional, abstrata, proporcionar situações para apreensão de ideias físicas a partir de experiências intuitivas para a formação de conceitos científicos é justificada de um ponto de vista histórico-cultural uma vez que esta fase é parte do caminho de desenvolvimento de conceitos que atinge a fase abstrata em níveis de ensino mais avançados (VIGOTSKI, 2001).

### Sistema de medição de distância com sensor sonar

Um sensor é um componente do sistema de medição cuja função é converter uma variável de medida física em uma variável de sinal, que possa ser transmitida para o próximo estágio de um sistema de medição por meios mecânicos ou elétricos. Um sensor de medida de distância com pulsos de ultrassom introduz energia no ambiente na forma de pulsos de ultrassom de frequência de algumas dezenas de kHz e detecta a reflexão dos pulsos, resultando em uma variável de sinal que é o tempo de voo dos pulsos na forma digitalizada. Tais dados podem ser transmitidos até um computador usando interfaces de comunicação digital, como portas seriais e USB (*Universal Serial Bus*). Uma vez na memória interna do computador, é possível executar qualquer operação usual em um computador digital, como armazenar os dados na memória não volátil, apresentar os dados graficamente e efetuar o processamento numérico dos dados. Além da instrumentação física, a aquisição e análise de dados em tempo real requerem um sistema de *software* que permita a apresentação gráfica e tabular dos dados em tempo real, bem como a possibilidade de salvar os dados selecionados em um dispositivo de armazenamento não volátil. Um sensor sonar (*SOund NAVigation and Ranging*) é um instrumento de medida que permite determinar distâncias entre o sensor e um obstáculo (objeto alvo). O sistema sonar de tipo ativo usa uma fonte de ultrassom que é dirigida ao objeto alvo e um detector de ultrassom que permite observar o sinal refletido (MORRIS, 2001). Ao atingir o alvo, o pulso de ultrassom pode ser total ou parcialmente refletido e retorna como uma reflexão (eco) que é detectado em um receptor do tipo transdutor localizado no sensor. Este método de medida de distância é conhecido como pulso eco.

Conceitualmente, o processo de medição é realizado com o objetivo de se obter o valor de um mensurando associado a uma variável física observável. A variável física observável não é necessariamente o próprio mensurando, e este pode ser determinado desde que se conheça a relação entre ele e a variável física observável. No caso de um instrumento de medição de distância que utiliza pulsos de ultrassom, o mensurando é a distância entre o instrumento e um objeto alvo, e a variável física observável é o tempo que um pulso de sinal de ultrassom leva para ir do instrumento ao objeto alvo (tempo de voo) (HASMAN Jr.,1999). Sabendo-se a velocidade de propagação do som no ar e a variável física observável (tempo de voo), pode-se calcular o mensurando (distância).

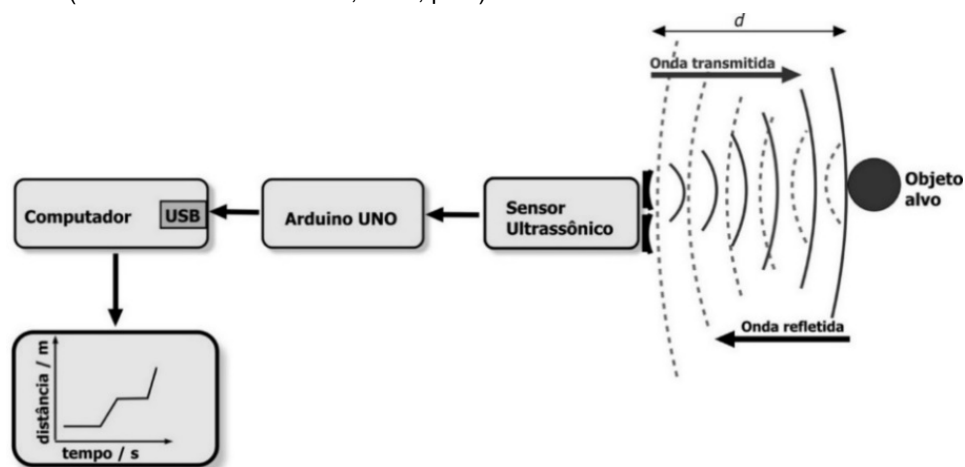
## O sistema de medição

### Montagem do sistema

O presente estudo utiliza um sistema eletrônico de medida de distância com sensor sonar e aquisição automática de dados para o estudo de cinemática de um corpo no modelo de partícula. A Figura 1 apresenta um esquema desse sistema. Ele integra um módulo sensor ultrassônico modelo HC-SR04 (ELECTFREAKS, 2021), uma placa Arduino UNO (ARDUINO, 2020) que faz o interfaceamento com o sensor sonar, e um computador com interface USB utilizada para receber dados digitalizados entre o sensor e o alvo em frente dele. Rocha e Guadagnini (2010) projetaram e construíram um sistema de medida de distância usando um módulo sensor ultrassônico HC-SR04 e obtiveram resultados das medições com um desvio máximo de 5% comparado ao sistema de medida de distância Go!Motion, um instrumento comercializado pela companhia Vernier (2020). Em vista desse resultado satisfatório obtido com o módulo HC-SR04, usamos para este projeto este mesmo módulo sensor.

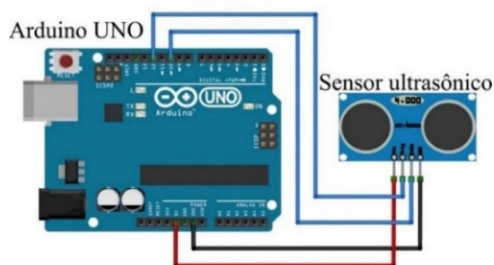


**Figura 1:** Esquema do sistema de aquisição de dados com o sensor ultrassônico e a placa Arduino (Extraído de GUIMARÃES, 2015, p.68).

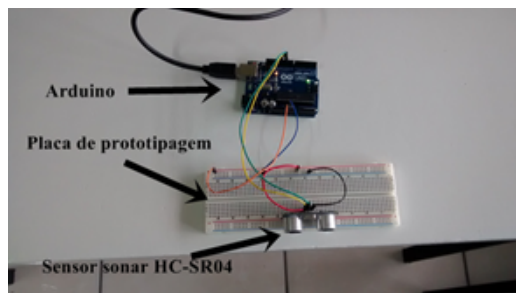


A Figura 2(a) mostra a montagem do *hardware* para o sistema de medição de distância, indicando as conexões elétricas entre o módulo sensor HC-SR04 com a placa Arduino UNO. O módulo sensor HC-SR04 é ligado usando os pinos 5V (alimentação) e GND (referência) da placa Arduino. O pino 12 da placa Arduino é configurado como uma saída digital e deve ser conectada à entrada *trigger* do módulo sensor. O pino 10 da placa Arduino é configurada como uma entrada digital e deve ser conectada à saída *echo* do módulo sensor. A montagem física do sensor sonar HC-SR04 com a placa Arduino UNO é mostrada na Figura 2(b).

**Figura 2:** (a) Esquema de ligações elétricas integrando o módulo sensor HC-SR04 e a placa Arduino UNO; (b) Montagem física do módulo sensor HC-SR04 e a placa Arduino UNO (Extraído de GUIMARÃES, 2015, p.69 e p.88).



(a)



(b)

## Variáveis físicas de movimento

A distância,  $d$ , entre a fonte de ultrassom (interna ao sensor) e o alvo (qualquer ponto na sala de aula, ou mesmo um aluno, que pode mover-se dentro de uma distância de até cerca de 4 m) pode ser medida em intervalos de tempo regulares direcionando o sensor ultrassônico para o alvo. Ultrassom são ondas acústicas longitudinais com frequências superiores a 20 kHz que se propagam em um meio material, associadas a vibrações mecânicas deste meio.

O sistema mede os intervalos de tempo,  $t$ , entre a emissão do pulso pela fonte até a sua detecção como onda acústica refletida (variável física observável) pelo receptor transdutor (localizado no sensor). Conhecendo a velocidade de propagação do ultrassom no meio,  $v_u$ , é possível calcular a distância,  $d$ , do sensor ao alvo que está causando o eco como a metade do caminho percorrido pela onda desde a emissão até sua detecção pelo sensor como onda refletida (PEDERSEN; KARLSSON, 1999),

$$d = \frac{1}{2} v_u t. \quad (1)$$

Estimativas para velocidades ( $v$ ) e aceleração ( $a$ ) do movimento podem ser obtidas a partir do temporizador interno ao computador, de modo que o módulo sensor sonar pode ser usado para medições de velocidade e aceleração do alvo, dadas respectivamente por,

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} \quad \text{e} \quad a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

O meio de propagação do sinal de ultrassom é o ar e a velocidade  $v_u$  adotada é a velocidade do som no ar a 25°C que foi fixada em 346 m/s. A velocidade do som no ar varia com a temperatura ambiente e afeta a exatidão das medidas. Neste projeto, optou-se por manter a velocidade do som no ar fixa para a temperatura de 25°C, o que resulta em um erro relativo percentual máximo nas medidas de distância de 3% para a faixa de temperatura de 10°C até 40°C. Consideramos que este erro é pouco significativo para o tipo de aplicação didática que o instrumento se destina.



## Representações do movimento e aquisição de dados em tempo real

Após a amostragem dos dados de distância em função do tempo entre o sensor e o alvo, os dados podem ser processados e analisados a partir do levantamento dos gráficos das variáveis físicas em função do tempo. Para isso, foi operacionalizada a comunicação entre o sensor ultrassônico e o computador através de uma placa Arduino, como ilustra o esquema da Figura 1. A placa Arduino foi programada com um *software* embarcado desenvolvido pelos autores para enviar os dados de distância em função do tempo até o computador. O código-fonte deste *software* está apresentado no Apêndice 1, incluindo comentários que descrevem os detalhes de sua operação.

Um problema encontrado em projetos anteriores de medição de distância com sensor sonar refere-se às medidas espúrias que resultam de reflexões indesejadas dos pulsos de ultrassom. Ao se apontar o sensor de distância para um alvo fixo ou móvel, a maior parte dos pulsos de ultrassom são refletidos pelo alvo e sua detecção é usada no cálculo indireto da distância do sensor ao alvo, segundo a equação 1. Entretanto, como usualmente as superfícies não são perfeitamente planas e refletoras, parte dos pulsos acabam refletindo em outras superfícies como móveis, paredes e objetos, resultando normalmente em medidas erroneamente grandes de distância. No código computacional desenvolvido (Apêndice 1) foi implementada uma solução para minimizar esse problema através de um sistema de detecção e rejeição de respostas espúrias do sensor sonar devido a reflexões indesejáveis. Nessa implementação, o algoritmo descarta as leituras com valores acima do alcance máximo de 3,00 m, e envia ao computador para registro em tempo real somente os dados filtrados.

Além do código-fonte embarcado no Arduino, foi utilizado no computador o *plug-in* ARDUINO EXCEL que opera em conjunto com o *software* Excel (MICROSOFT, 2020). Também foi utilizada a biblioteca ARDUINO EXCEL no ambiente de desenvolvimento da placa Arduino. Instruções específicas sobre o uso do ARDUINO EXCEL podem ser obtidas no *website* de Volgolio (2020). O *plug-in* ARDUINO EXCEL permite a leitura em tempo real via porta USB dos dados enviados pela placa Arduino embarcada e também permite a inserção de dados numéricos em planilhas do Excel, possibilitando o levantamento em tempo real de gráficos das grandezas físicas distância, velocidade e aceleração *versus* tempo. O processamento numérico da velocidade e da aceleração do alvo em movimento (por exemplo, um

aluno caminhando na sala de aula) foi efetuado de acordo com as equações 2, e as representações gráficas foram obtidas com o uso do *software* Excel no computador.

## Metodologia

### Participantes e local da experiência

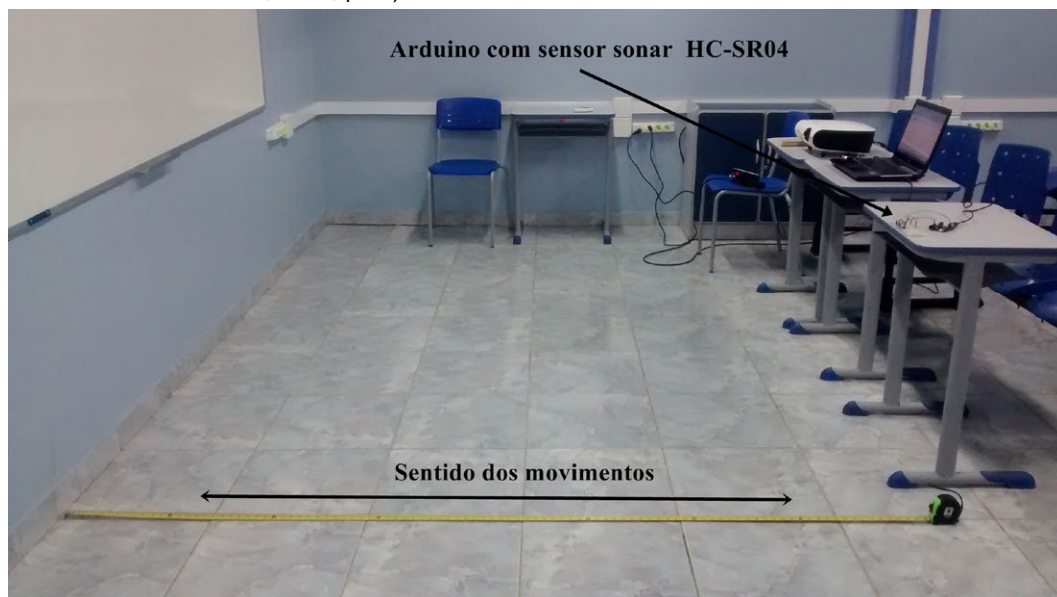
Em geral, os gráficos da cinemática são as primeiras representações de fenômenos físicos estudados no ensino fundamental. Assim, consideramos fazer uma experiência de uso do sistema de medida de distância neste nível de ensino. O sistema foi utilizado com a participação voluntária de 23 alunos, entre 14 a 16 anos, do 9º ano do ensino fundamental de uma escola pública da rede estadual de ensino, na cidade de Bagé, RS, no ano letivo de 2015 que obtiveram consentimento por escrito dos pais ou responsáveis. Os participantes integraram uma turma que foi escolhida por sorteio dentre três turmas de 9º ano da escola naquele ano. A condição para a inclusão do aluno no estudo foi participar das aulas de ciências e responder a um teste antes e depois das aulas de cinemática. Com isso, foram utilizados neste estudo os dados de 19 dos 23 alunos da turma que atenderam a esses critérios.

### Configuração da sala de aula

Para usar o sistema de medição, a sala de aula foi configurada para contemplar o trabalho em grupo. Para os alunos desenvolverem os movimentos solicitados nas atividades, ficou delimitado um espaço situado entre o sistema de medição e a projeção dos dados no quadro branco, como ilustra o esquema da Figura 3. Para a execução dos movimentos em linha reta, usando o sensor sonar como referência, utilizou-se uma fita métrica no chão da sala de aula, também indicada na Figura 3. O sistema de medida de distância com o sonar (indicado sobre as mesas na Figura 3, com o computador e o projetor multimídia) ficou posicionado paralelamente ao quadro branco a uma distância aproximada de 3m deste. As mesas de trabalho dos grupos ficaram próximas a esse cenário.



**Figura 3:** Configuração da sala de aula para uso do sistema de medição de distância (Extraído de GUIMARÃES, 2015, p.88).



### Recomendações de uso do sistema

O uso de um equipamento com sensor sonar na sala de aula exige alguns cuidados. Como o alvo é aquele que deve refletir o sinal de ultrassom, qualquer outra superfície ou objeto que reflita um sinal espúrio pode gerar um erro de medição. Portanto, é importante configurar o experimento para minimizar reflexos espúrios, o que pode ser feito mantendo o feixe do ultrassom livre de obstáculos até o alvo (ROCHA; GUADAGNINI, 2010). Se o alvo é uma pessoa, neste caso um aluno na sala de aula, a superfície refletora é a própria pessoa e esta superfície geralmente é um refletor ruim, o que pode resultar em dificuldades para as medições de distância com o sistema. Se as medidas não forem consistentes com os valores esperados quando coletadas em sala de aula, o aluno poderá segurar diante de si qualquer objeto que tenha uma superfície lisa enquanto estiver executando o movimento, proporcionando um melhor reflexo das ondas do sonar. O *software* a ser embarcado na plataforma Arduino proposto neste trabalho implementa um filtro lógico para minimizar erros de medições devido a reflexões indesejadas.

## Planejamento e implementação da atividade para a situação 1

A atividade para a situação 1 teve como objetivo de ensino desenvolver com os alunos noções conceituais introdutórias de física como referencial inercial, espaço, tempo, trajetória, repouso, posição, deslocamento, distância e velocidade. Essa atividade foi planejada para ser executada com os alunos em 4 tarefas, considerando 5 sessões (de 2 horas-aula cada), totalizando 10 horas-aula. O Quadro 1 apresenta uma descrição das tarefas desta atividade. Antes de iniciar o estudo, foi realizada uma sessão de 2 horas-aula para introduzir os alunos no uso do papel milimetrado para construção de gráficos em escala linear.

**Quadro 1:** Descrição das tarefas da atividade para a situação 1 (Adaptado de GUIMARÃES, 2015, p.89).

| Tarefa | Conceitos                                                                    | Sessão | Descrição das tarefas                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|--------|------------------------------------------------------------------------------|--------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1      | referencial; distância entre dois pontos; intervalo de tempo                 | 1      | Tarefa 1: dá início às práticas com uso do sistema de medição de distância. Os alunos dividem-se em grupos e recebem a tarefa 1 com instruções de como usar o sistema. Faz-se uma demonstração do uso do sensor sonar e os cuidados a serem tomados no seu uso. A título de demonstração, solicita-se a participação de um aluno voluntário, sob a orientação do professor, para levantar o gráfico de um movimento compassado entre dois pontos, nos sentidos de aproximação e de afastamento tendo como referência a posição do sonar. A seguir, cada grupo define os membros para executar os movimentos e se responsabilizar por registrar os dados e gráficos gerados. Na sequência, os grupos executam e levantam gráficos de movimentos semelhantes, orientados pelo professor. Os grupos apresentam por escrito suas compreensões sobre referencial, distância entre dois pontos e intervalo de tempo, e também indicam a posição nos gráficos que foi tomada como origem dos movimentos. |
| 2      | velocidade                                                                   | 2      | Início da Tarefa 2: os grupos idealizam movimentos em linha reta de aproximação e afastamento em relação ao sensor de modo compassado (rapidez constante). Esses resultados são exibidos, em tempo real, no monitor do computador e visualizados pelo grupo que executa a ação, bem como projetados sobre o quadro branco na forma de tabelas e gráficos através do projetor multimídia. Os demais grupos na sala também visualizam os resultados da ação daquele grupo e fazem anotações no guia do aluno. Em momentos subsequentes nesta mesma aula, os demais grupos também executam movimentos semelhantes. De todos os movimentos, somente aqueles em linha reta que podem ser modelados por velocidades constantes (movimento linear uniforme) são selecionados como parte do interesse da atividade.                                                                                                                                                                                       |
|        |                                                                              | 3      | Conclusão da Tarefa 2: Propõe-se uma conversa com os estudantes a partir dos gráficos obtidos. Solicita-se aos alunos que apresentem características qualitativas dos gráficos para afastamento e aproximação em relação ao sensor. A seguir, com os dados destes mesmos gráficos, solicita-se aos alunos que formalizem o conceito de velocidade escalar média.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 3      | repouso                                                                      | 4      | Tarefa 3: Um aluno de cada grupo permanece em repouso, sob a alcance do sensor, e o grupo registra o gráfico gerado. A seguir, o aluno assume nova posição, permanecendo em repouso sob o alcance do sonar, e o grupo registra o gráfico gerado. Cada grupo, então, relata as diferenças e/ou semelhanças entre os gráficos gerados, comparando-os aos gráficos gerados na tarefa 2. Ao final, propõe-se aos alunos que idealizem um caso de movimento e repouso, esboçando o gráfico, e façam o levantamento da respectiva curva usando o sistema de medição como validação da tarefa.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 4      | deslocamento; trajetória; referencial; espaço percorrido; intervalo de tempo | 5      | Tarefa 4: Os alunos resolvem questões de lápis e papel relacionadas a conceitos físicos de cinemática, gráficos posição X tempo e de velocidade X tempo, e cálculo da velocidade escalar média. O computador e o sensor sonar podem ficar disponíveis aos alunos para a execução dos movimentos.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |

## Planejamento e implementação da atividade para a situação 2

A atividade para a situação 2 foi planejada com 4 tarefas para ser desenvolvida em 3 sessões de 2 horas-aula, totalizando 6 horas-aula. O objetivo de ensino foi conduzir o aluno a estabelecer relações entre velocidade e tempo, para velocidades variando de forma constante a intervalos de tempos iguais, introduzindo a noção conceitual de aceleração. Uma situação típica para este estudo é um corpo rolando sobre um plano inclinado, sem deslizar, em que a atenção é focada para o movimento do centro-de-massa do corpo que translada ao longo do plano. Os alunos formaram grupos para o desenvolvimento das tarefas. O Quadro 2 apresenta uma descrição das tarefas desta atividade.

**Quadro 2:** Descrição das tarefas da atividade para a situação 2 (Adaptado de GUIMARÃES, 2015, p.91).

| Tarefa | Conceitos                                                               | Sessão | Descrição das tarefas                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|--------|-------------------------------------------------------------------------|--------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1      | distância entre dois pontos; intervalo de tempo; velocidade             | 1      | Tarefa 1: Com um trilho inclinado e uma bolinha de borracha com dimensões semelhantes a uma bola de tênis, coloca-se o conjunto computador e sonar na parte superior do trilho em uma posição na qual o movimento de descida possa ser capturado e o correspondente gráfico projetado através do projetor multimídia. Solicita-se que dois estudantes voluntários realizem, em dois momentos distintos, o movimento de descida da bolinha na rampa, soltando, sem empurrar, a bolinha na parte mais alta da rampa. Simultaneamente, a planilha eletrônica exibe as tabelas com os valores de tempo, posição e velocidade. Realizada esta ação, os estudantes, individualmente, esboçam no guia de atividade os gráficos posição X tempo e velocidade X tempo, baseando-se nos dados obtidos e, em seguida, formalizam as características encontradas nos gráficos. Ao final, são gerados os gráficos de posição X tempo e velocidade X tempo, utilizando o Excel com os mesmos dados colhidos pelos estudantes. A atividade é institucionalizada por meio de um diálogo com a participação de todos os participantes, professor e alunos, sobre a construção dos gráficos. |
| 2      | aceleração                                                              | 2      | Tarefa 2: momento da construção e formalização do conceito de aceleração escalar média. A partir dos dados de posição, intervalo de tempo, velocidade e aceleração projetados no quadro branco da tarefa 1, os estudantes calculam o valor da aceleração escalar média indicando se houve alguma variação significativa nesta grandeza. Na sequência, e utilizando somente os gráficos de velocidade X tempo, os estudantes calculam, para intervalos de tempo iguais, a aceleração escalar média, formulando a noção deste conceito e relacionando-o com a variação da velocidade escalar média.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 3 e 4  | distância entre dois pontos; intervalo de tempo; velocidade; aceleração | 3      | Tarefas 3 e 4: são sistematizados os conceitos construídos nas tarefas 1 e 2 a partir da criação de novos movimentos que são validados através de 5 questões propostas. Estas tarefas são executadas em conjunto pelos alunos e as respostas discutidas entre todos os grupos, buscando a institucionalização do conhecimento.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |

## Avaliação do conhecimento

Os 19 participantes responderam a um teste de múltipla escolha, em sala de aula, em dois momentos distintos. Inicialmente o teste foi elaborado com 39 itens e respondido pelos participantes antes de iniciar as aulas com as situações de cinemática (pré-teste). Depois de finalizar essas aulas, após 8 semanas, o teste foi reaplicado e um novo conjunto de escores foi obtido (pós-teste). Com esses dados, fez-se um estudo de homogeneidade dos itens do teste por meio da análise que considerou o grau de dificuldade e de discriminação de cada item. O processo de análise eliminou 12 itens dos 39 inicialmente propostos, resultando em um teste com 27 itens, sendo que 20 deles foram elaborados neste estudo e 7 foram selecionados do Teste de Compreensão de Gráficos em Cinemática (TUG-K) proposto por Beichner (1994). Do teste TUG-K, foram selecionados os itens de números 3, 5, 8, 9, 12, 19, 20 e 21. O teste completo com os 27 itens estão disponibilizados no Apêndice 2.

Para o processo de análise de itens, usou-se o pacote *Real Statistics Resource Pack* (ZAIONTZ, 2020). O processo da análise dos itens do teste resultou nos critérios apresentados na Tabela 1. O índice de dificuldade de um item,  $\rho$ , é uma medida do grau de dificuldade do item, e pode ser calculado pela proporção de respostas certas para o item (razão entre o número de respondentes que acertou o item pelo número total de respondentes). Calculando o índice de dificuldade do item dessa maneira, para o caso em que a maioria dos respondentes acerta o item, então  $\rho$  seria encontrado próximo de 1,00, indicando que o item apresenta um grau de dificuldade muito baixo ou que o item foi considerado muito fácil.

**Tabela 1:** Critérios para análise dos itens do teste e frequência de itens (Extraído de GUIMARÃES, 2015, p.96).

| Grau de dificuldade | Índice de dificuldade do item | Frequência dos itens (total de 27 itens) | Frequência relativa percentual dos itens (%) |
|---------------------|-------------------------------|------------------------------------------|----------------------------------------------|
| muito difícil       | $\rho < 0,20$                 | 0                                        | 0                                            |
| difícil             | $0,20 < \rho \leq 0,40$       | 2                                        | 7                                            |
| moderado            | $0,40 < \rho \leq 0,60$       | 15                                       | 56                                           |
| fácil               | $0,60 < \rho \leq 0,80$       | 10                                       | 37                                           |
| muito fácil         | $\rho > 0,80$                 | 0                                        | 0                                            |

Por outro lado, para o caso em que a maioria dos respondentes erra o item,  $\rho$  seria encontrado próximo de 0,00, indicando que o item apresenta um grau de dificuldade

muito alta ou que o item foi considerado muito difícil. No entanto, uma vez que um item muito difícil, assim como um item muito fácil, não discrimina os participantes que adquiriram os conhecimentos ou habilidades que o item se refere daqueles que não o fizeram, então índices de dificuldade próximos de 0,00 e próximos de 1,00 foram retirados do teste. Isso, na Tabela 1, aparece com sinalização de ausência de frequência para itens muito difíceis ( $p < 0,20$ ) e muito fáceis ( $p > 0,80$ ). Ainda, para o caso em que aproximadamente metade dos participantes acerta o item e aproximadamente a outra metade erra, o grau de dificuldade do item é considerado moderado e  $p$  é encontrado próximo de 0,50. Com essas escolhas, 15 itens ou cerca de 56% que permaneceram no teste foram considerados de dificuldade moderada pelos participantes ( $0,40 < p \leq 0,60$ ), 10 itens ou cerca de 37% deles foram considerados fáceis ( $0,60 < p \leq 0,80$ ) e 2 itens ou cerca de 7% deles foram considerados difíceis ( $0,20 < p \leq 0,40$ ).

Na sequência, a análise dos itens permitiu fazer uma avaliação da confiabilidade do teste. A confiabilidade de um teste se refere a estabilidade ou reprodutibilidade de suas medidas quando aplicado sob mesmas circunstâncias, podendo ser estimado por meio de correlação estatística. Neste estudo, optou-se como estimativa da confiabilidade do teste o coeficiente de confiabilidade Kuder-Richardson Fórmula 20 (KR-20), proposto por Kuder e Richardson, uma vez que a fórmula KR-20 se aplica a dados discretos, a amostras pequenas e a itens cujas possíveis respostas são dicotômicas (PEERS, 1996, p. 26). Variáveis dicotômicas são aquelas que admitem apenas duas respostas, por exemplo, “correto” ou “incorreto”, “1” ou “0”, e é uma medida equivalente ao Alfa de Cronbach mas modificado para escore dicotômico (PEERS, 1996, p. 29). A fim de compor a escore total de cada participante, o índice “1” foi atribuído à alternativa aceita como resposta válida ao item do teste, e o índice “0” para àquela não válida. Assim, para o número total de 27 itens, a escala de medição do teste apresenta um escore máximo de 27.

Valores de coeficientes de correlação estatística variam entre 0,00 e 1,00, de modo que valores de correlação próximos de 1,00 indicam alta correlação entre os dados e alta confiabilidade do instrumento de medida (SALVUCCI et al., 1997, p. 115). Valores típicos de coeficientes de confiabilidade menores do que 0,50 indicam baixa confiabilidade, entre 0,50 e 0,80 indicam confiabilidade moderada e maiores do que 0,80 indicam alta confiabilidade (ibid.).

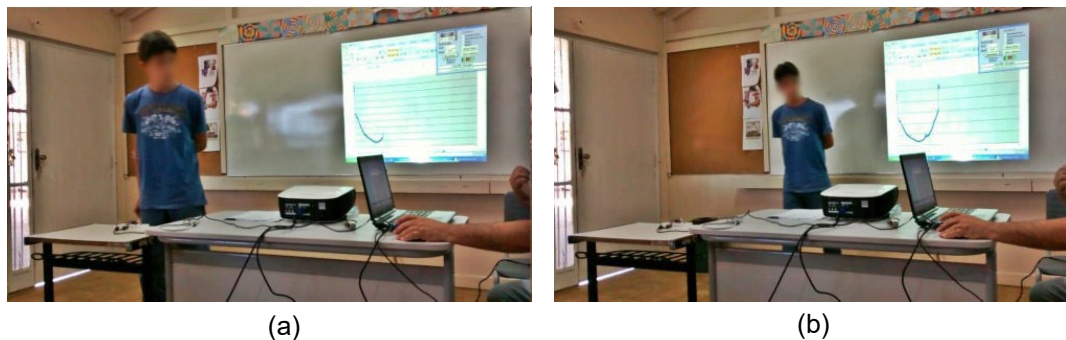
Os valores de KR-20 calculados neste estudo para os escores do teste antes e depois da implementação das aulas de cinemática foram, respectivamente, 0,56 e 0,92. O baixo resultado encontrado para KR-20 antes da implementação das aulas pode ser atribuído, possivelmente, à falta de conhecimento dos participantes sobre os tópicos abordados no teste. A reaplicação do teste após as aulas terem sido implementadas permitiu ao grupo manifestar os conhecimentos e habilidades que foram desenvolvidas com as aulas. O valor de KR-20 de 0,92 na condição de reaplicação do teste, posterior às aulas, indica alta confiabilidade do teste para fins educacionais (SALVUCCI et al., 1997). O teste de conhecimento completo na sua forma final validada encontra-se disponível no Apêndice 2.

## Resultados e discussão

### Análise das atividades de sala de aula

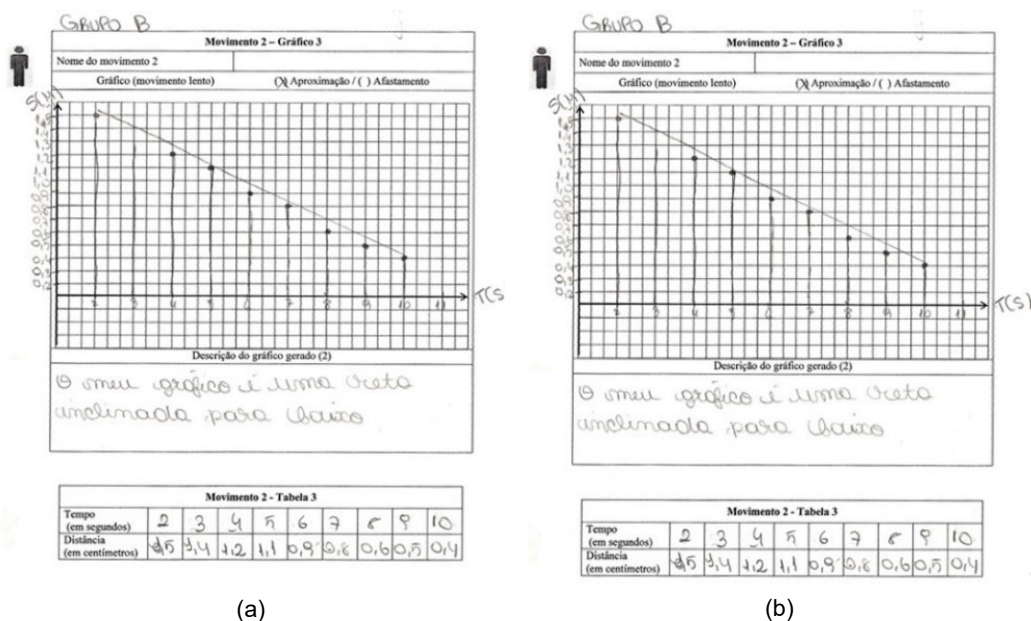
Na tarefa 1 da atividade da situação 1, um típico movimento realizado na sala de aula está mostrado na Figura 4, em que: (a) aproximação ao sensor, e (b) afastamento do sensor, considerando o sensor sonar como origem. Nessa figura, pode ser visualizada a projeção do gráfico produzido em tempo real no quadro branco correspondente aos movimentos (a) e (b). Os comportamentos esperados das curvas de posição *versus* tempo para os movimentos solicitados nas tarefas 1, 2 e 3 desta atividade são lineares; para movimentos de aproximação em relação ao sensor a inclinação é esperada ser negativa, e positiva para movimentos de afastamento.

**Figura 4:** Típico movimento (a) de aproximação ao sensor; (b) de afastamento do sensor sonar com as curvas de distância *versus* tempo, projetadas no quadro branco, na tarefa 1 da atividade da situação 1.



Quanto a tarefa 2 da situação 1, uma resposta típica da sala de aula está mostrada nas Figuras 5(a) e 5(b), juntamente com descrições qualitativas dos gráficos obtidos. Nessa tarefa, o participante de um dos grupos elaborou corretamente o gráfico posição *versus* tempo para um movimento de afastamento em relação ao sensor como “uma reta inclinada para cima”, como mostra a Figura 5(a). O mesmo participante descreve corretamente o gráfico posição *versus* tempo para um movimento de aproximação em relação ao sensor como “uma reta inclinada para baixo”, como mostra a Figura 5(b).

**Figura 5:** Gráficos elaborados por um participante de posição *versus* tempo para um movimento (a) de afastamento e (b) de aproximação ao sensor sonar, na tarefa 2 da atividade da situação 1 (Extraído de GUIMARÃES, 2015, p.111 e p.112).



Respostas típicas obtidas para a tarefa 3 dessa atividade estão mostradas nas Figuras 6(a) e 6(b), contendo as interpretações dos gráficos. Nessa tarefa, o mesmo participante descreve qualitativamente as curvas obtidas na tarefa 2. Para o movimento de afastamento do sensor, o participante interpreta corretamente que “o gráfico é uma reta inclinada para cima” e, para a aproximação ao sensor, que “o gráfico é uma reta inclinada para baixo” (Figura 6(a)). A formalização que encaminha para a construção da noção de velocidade escalar média é mostrada

na Figura 6(b). Na tarefa 4 da situação 1 foram propostas 19 questões de lápis e papel.

**Figura 6:** (a) Interpretação de um participante para os gráficos de afastamento e de aproximação ao sensor da tarefa 2; (b) formalização da velocidade escalar média na tarefa 3 da atividade da situação 1 (Extraído de GUIMARÃES, 2015, p.113 e p.117).

**TAREFA 3**

Responda as questões abaixo utilizando os resultados obtidos a partir dos movimentos executados na Tarefa 2.

1. Considerando os aspectos de rapidez e sentido do deslocamento em relação ao sensor sonar (afastamento ou aproximação), nos movimentos executados, o que você pôde observar com relação ao formato do gráfico gerado? Discuta com o restante do grupo esta situação e escreva no espaço abaixo o que foi observado.

Após, cada grupo deverá socializar sua escrita utilizando o espaço indicado pelo professor.

|             |                                            |
|-------------|--------------------------------------------|
| Afastamento | O gráfico é uma reta inclinada para cima.  |
| Aproximação | O gráfico é uma reta inclinada para baixo. |

**Construção e formalização do conceito de velocidade média escalar**

2. Para cálculo da velocidade escalar média, utilize os intervalos de tempo e as distâncias indicadas pelo professor, obtidas do movimento realizado por um aluno ao alcance do sensor sonar.

| Dados do movimento realizado por um aluno |                                                   |       |          |                                                   |       |          |
|-------------------------------------------|---------------------------------------------------|-------|----------|---------------------------------------------------|-------|----------|
|                                           | Inicial                                           | Final | $\Delta$ | Inicial                                           | Final | $\Delta$ |
| Distância (em metros)                     | 0,2                                               | 0,4   | 0,2      | 0,2                                               | 0,4   | 0,2      |
| Tempo (em segundos)                       | 2                                                 | 4     | 2        | 2                                                 | 4     | 2        |
| Velocidade escalar média (em m/s)         | $\frac{\Delta S}{\Delta T} = \frac{0,2}{2} = 0,1$ |       |          | $\frac{\Delta S}{\Delta T} = \frac{0,2}{2} = 0,1$ |       |          |

3. A definição apresentada pelo professor de velocidade escalar média está de acordo os dados obtidos no item 2?

☒ Sim.  
☐ Não.

4. Justifique a resposta da questão anterior.

Porque eu calculei a velocidade média em dois intervalos e o resultado foi igual.

(a)

(b)

Respostas típicas para algumas das questões dessa tarefa estão apresentadas nas Figuras 7 e 8. As questões de 6 a 11 da tarefa 4, apresentadas na Figura 7, pretende introduzir noções conceituais para o estudo da cinemática. Essas questões foram construídas com apoio de imagens cujos cenários se modificam à medida que as cenas se sucedem. A intenção foi simular a noção de duração temporal e com isso permitir a noção conceitual de intervalo de tempo, referencial, deslocamento, mudança de posição e distância percorrida. Para a construções das imagens que aparecem nessas figuras, foi usado o *software* Scratch (SCRATCH, 2020).

**Figura 7:** Respostas de um participante às questões de números 6 a 11 da tarefa 4 da atividade da situação 1 (Extraído de GUIMARÃES, 2015, p.119 e p.120).

**Texto introdutório para as Questões 5, 6, 7, 8, 9, 10 e 11:**  
Observe a sequência de imagens a seguir:



Imagem 01  
Tempo: zero segundo



Imagem 02  
Tempo: 2 segundos



Imagem 03  
Tempo: 4 segundos

Fonte: Construção do autor

Adotando o cacto como **referencial** é fácil notar que as imagens representam o movimento de um menino caminhando no deserto. Porém para entendermos melhor este movimento precisamos de mais algumas informações como, por exemplo, o tempo do deslocamento e a posição ocupada durante a caminhada. Com relação ao tempo foi inserida uma contagem, em segundos, da duração do deslocamento. Mas como devemos proceder se quisermos saber qual é a posição do menino, em relação ao referencial (cacto), durante a sua caminhada? Para isso temos que medir o **espaço** percorrido em relação ao referencial adotado. Veja como ficariam as duas primeiras imagens, com uma escala em metros, contendo as medidas do espaço percorrido pelo menino durante o deslocamento.

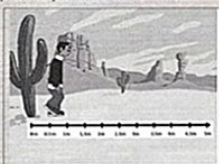


Imagem 01  
Tempo: 0 segundo

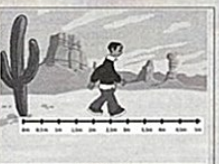


Imagem 02  
Tempo: 2 segundos

Fonte: Construção do autor

5. Observando a Imagem 01, podemos dizer que no momento em que o menino iniciou a caminhada ele estava a 0,5m metros do cacto que adotamos como referencial.

6. Olhando a Imagem 02, e utilizando a escala em metros, a posição do menino naquele instante foi de 2,5 metros.

7. Entre a Imagem 01 e a Imagem 02 decorreu um intervalo de tempo de 2 segundos.

Acrescentamos agora a Imagem 03 à sequência de imagens.

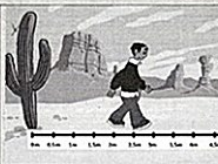


Imagem 02  
Tempo: 2 segundos

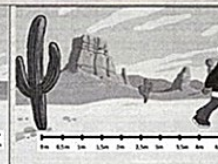


Imagem 03  
Tempo: 4 segundos

Fonte: Construção do autor

8. Na Imagem 03 a posição do menino em relação ao cacto foi de 4,5 metros.

9. Comparando a Imagem 01 com a Imagem 03 podemos dizer que o espaço percorrido entre a posição inicial (Imagem 01) e a posição final (Imagem 03) foi de 4 metros.

10. Desde o início do movimento (Imagem 01), quanto tempo, em segundos, decorreu até o menino chegar à posição da Imagem 03? 4 segundos.

11. Qual é o intervalo de tempo, em segundos, decorrido na mudança de posição entre as Imagens 02 e 03? 2 segundos.

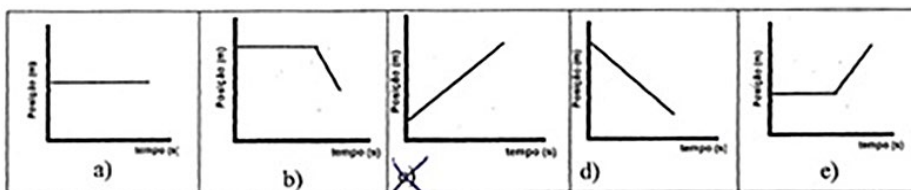
A questão 15 da tarefa 4 (Figura 8) permite que o aluno possa representar em outra linguagem os eventos factuais por meio de informações gráficas, no caso informações físicas, modelando o movimento como sendo retilíneo e uniforme. Outras questões deste tipo foram propostas aos alunos. Reforçamos que o centro de nosso interesse nesta proposta de estudo da cinemática envolveu questões como as apresentadas aqui, que propõem ao aluno estabelecer interlocuções entre os eventos factuais e representações destes eventos na forma gráfica.

**Figura 8:** Resposta de um participante à questão 15 proposta na tarefa 4 da atividade da situação 1 (Extraído de GUIMARÃES, 2015, p.121).

15. Você está parado em um corredor e observa um menino, que está perto e na sua frente, se afastar ocupando sucessivas posições, conforme a sequência de imagens ilustradas abaixo. Considerando que você não se movimentou durante o tempo da observação, e que o menino se afastou de você com velocidade constante e em linha reta, qual opção de gráfico representa corretamente este movimento.



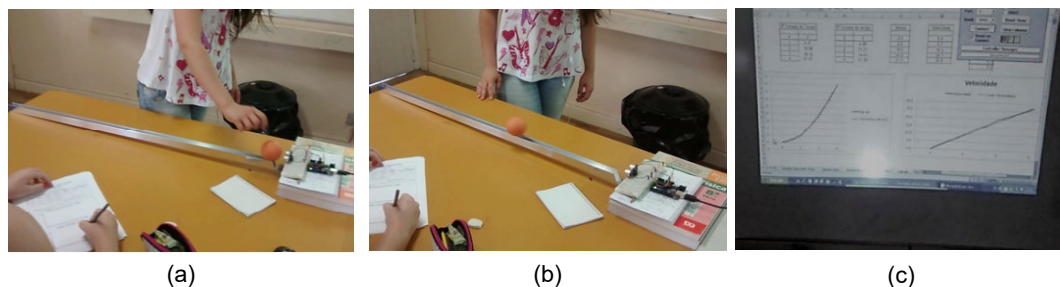
Fonte: Construção do autor



Fonte: Construção do autor

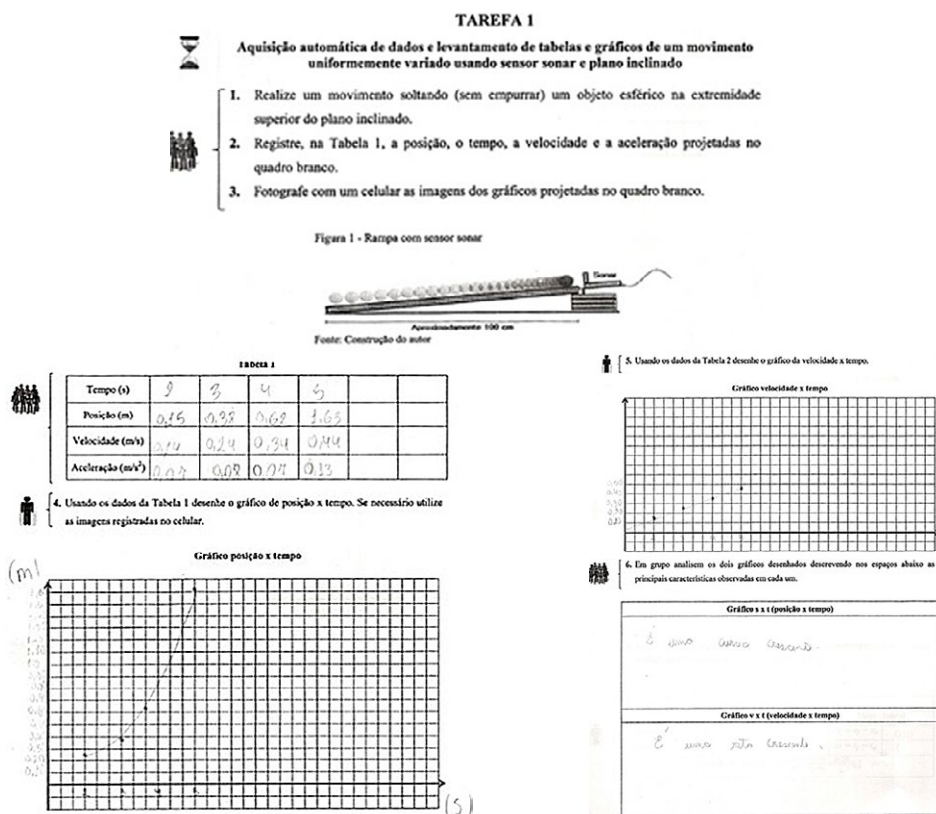
A atividade da situação 2 iniciou com a tarefa 1 para a qual foi utilizada uma bola de borracha liberada no topo de uma calha de alumínio, posicionada em um pequeno ângulo de elevação em relação a uma superfície horizontal (até cerca de  $15^\circ$ ). O sonar foi posicionado na extremidade superior do trilho, como ilustra a Figura 9 (a), de modo que a bola em movimento estivesse dentro do alcance do sonar. Enquanto a bola rolava sobre o trilho, como mostra a Figura 9(b), os dados de posição e tempo eram capturados pelo sistema de aquisição automática, e os gráficos de posição *versus* tempo e velocidade *versus* tempo eram construídos no computador usando a planilha do Excel e projetados no quadro branco em tempo real, ilustrados na Figura 9(c).

**Figura 9:** Momentos da atividade da situação 2: (a) inicial e (b) intermediário da bola rolando sobre o trilho, e (c) projeção da tela do computador sobre o quadro branco dos gráficos posição *versus* tempo e velocidade *versus* tempo.



Respostas típicas para a tarefa 1 da atividade da situação 2 estão mostradas na Figura 10. Essa figura mostra os dados de registro de um participante e o gráfico posição *versus* tempo para o movimento da bolinha plano abaixo e a interpretação válida deste gráfico como “uma curva crescente”.

**Figura 10:** Respostas de um dos participantes para a tarefa 1 da atividade da situação 2 (Extraído de GUIMARÃES, 2015, p.123 e p. 124).



A Figura 10 ainda mostra o gráfico velocidade *versus* tempo para o movimento da bolinha e a correspondente interpretação, também válida, feita como “uma reta crescente”. Nessa tarefa, a tabela foi construída coletivamente pelos grupos a partir da aquisição dos dados, os gráficos foram construídos individualmente e sem a participação do professor (questões 4 e 5), e a interpretação dos gráficos foi feita coletivamente no formato de institucionalização.

A Figura 11 ilustra respostas típicas da sala de aula para as questões 7 a 12 da tarefa 2 da situação 2. Nessa figura estão apresentados os procedimentos de cálculo para a aceleração a partir de dados de velocidade e posição, obtidos na tarefa 1, para cada intervalo de tempo. Para o comportamento dos valores obtidos para a aceleração a cada intervalo de tempo, o registro do aluno participante indica que “a aceleração é sempre igual”, acompanhado do gráfico aceleração *versus* tempo com este comportamento. No caso dos valores de velocidade para a bolinha descendo o trilho, esta “varia igualmente” a cada intervalo de tempo.

**Figura 11:** Respostas de outro participante para a tarefa 2 da atividade da situação 2 (Extraído de GUIMARÃES, 2015, p.126 e p.127).

**TAREFA 2**  
Construção e formalização do conceito de aceleração escalar média

7. Siga as instruções abaixo para montagem da Tabela 2.

a. Copie as medidas de tempo, distância e velocidade da Tabela 1.

b. Calcule a aceleração dividindo Coluna C pela  $\Delta t$ .

**Tabela 2**

| A        | B            | C                | D                              |
|----------|--------------|------------------|--------------------------------|
| Tempo(s) | Distância(m) | Velocidade (m/s) | Aceleração (m/s <sup>2</sup> ) |
| 2        | 0,10         | 0,111            | 0,055                          |
| 3        | 0,38         | 0,24             | 0,08                           |
| 4        | 0,62         | 0,34             | 0,08                           |
| 5        | 1,63         | 0,44             | 0,08                           |

8. As acelerações obtidas são iguais?

a) Sim, exatamente.

b) Sim, aproximadamente.

c) Não, são diferentes.

9. Selecione um intervalo de tempo qualquer na Tabela 2, com suas respectivas velocidades, e calcule a **aceleração média**, usando a Tabela 3 abaixo.

**Tabela 3**  
Intervalo

|            | Inicial                                                                                                     | Final      | Final - Inicial             |
|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|-----------------------------|
| Velocidade | $v_0$ 0,14                                                                                                  | $v_f$ 0,24 | $\Delta v = v_f - v_0$ 0,10 |
| Tempo      | $t_0$ 2                                                                                                     | $t_f$ 3    | $\Delta t = t_f - t_0$ 1    |
|            | Cálculo da aceleração $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_f - v_0}{t_f - t_0} = \frac{0,10}{1} = 0,10$ |            |                             |

10. O que você pode afirmar comparando os valores das acelerações calculadas a partir das velocidades calculadas em intervalo de tempo iguais?

A aceleração é sempre igual.

11. Qual a relação entre a variação da velocidade, nos intervalos de tempo obtidos, e a aceleração calculada? Discuta com o grupo e escreva as conclusões no quadro abaixo.

A velocidade varia igualmente.

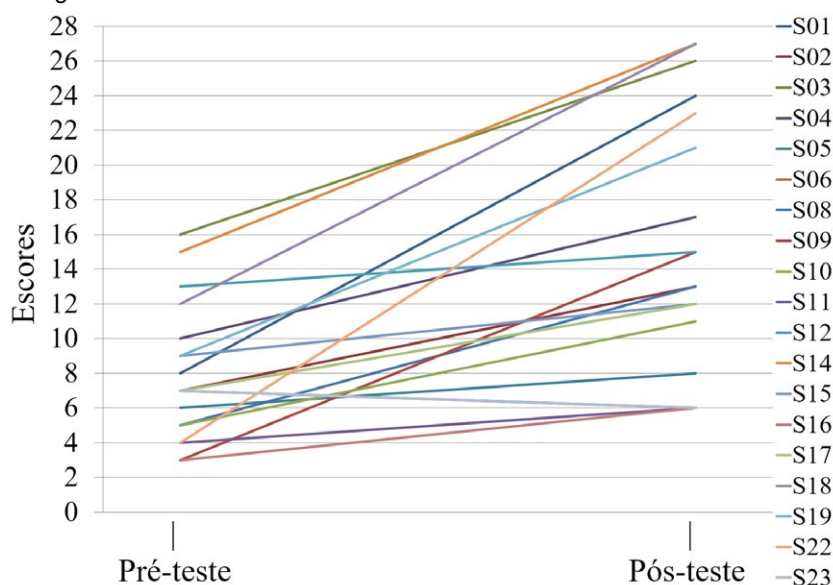
12. Desenhe o gráfico da aceleração x tempo, usando os dados da Tabela 2.

**Gráfico aceleração x tempo**

## Análise de desempenho

A Figura 12 apresenta os escores obtidos pelos participantes na aplicação do teste antes (pré-teste) e após a implementação das aulas de cinemática (pós-teste). Essa figura mostra que houve aumento nos escores do pós-teste comparado àqueles do pré-teste (exceto para os escores de S06 e S23 que tiveram suas pontuações reduzidas de 7 para 6). Os participantes S07, S13, S20 e S21 foram excluídos por não atenderem aos critérios de inclusão no estudo.

**Figura 12:** Escores dos alunos no teste de conhecimento antes e depois das aulas de cinemática integradas com o uso do sistema de medida de distância.



As medidas de variabilidade (desvio-padrão e intervalo interquartil) e de tendência central (média e mediana) dos escores da aplicação do teste (pré-teste) e da sua reaplicação após finalizado o estudo de cinemática (pós-teste) foram calculados considerando os 19 participantes (Tabela 2).

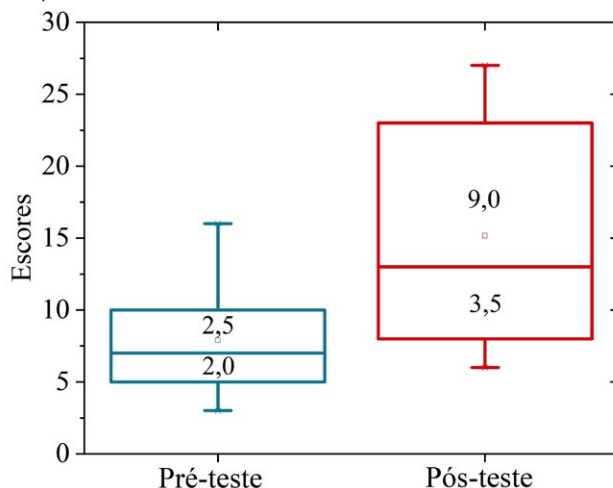
**Tabela 2:** Estatística descritiva para o pré-teste e o pós-teste (Extraído de GUIMARÃES, 2015, p.98).

|           | Participantes | Média | Desvio Padrão | Mediana | Intervalo Interquartil |
|-----------|---------------|-------|---------------|---------|------------------------|
| Pré-teste | 19            | 7,9   | 3,86          | 7,0     | 4,5                    |
| Pós-teste | 19            | 15,2  | 7,49          | 13,0    | 12,5                   |

As medidas de variabilidade têm como objetivo medir o nível de dispersão de um conjunto de dados. Neste estudo, temos dois conjuntos de escores obtidos pelo grupo de 19 respondentes na aplicação do teste (pré-teste) e na sua reaplicação (pós-teste). Para as medidas de dispersão, foram utilizados o desvio padrão e o intervalo interquartil. O desvio padrão é uma medida de quão distantes os dados estão da sua média aritmética. O intervalo interquartil de um conjunto de dados também é uma medida de variabilidade e é definido como a diferença entre o quartil superior (Q3) e o quartil inferior (Q1) destes dados, sendo que os quartis são obtidos colocando os dados em ordem crescente e dividindo os valores numéricos ordenados em quatro grupos de igual número de dados. Assim, o valor que ficar na divisão entre o 1º e o 2º grupo (em ordem crescente de valores) é o quartil inferior, Q1; e, o valor que ficar na divisão entre o 3º e 4º grupo é o quartil superior, Q3. O intervalo interquartil, calculado como  $Q3 - Q1$ , geralmente é considerado uma medida de dispersão mais robusta por ser menos sensível à presença de valores extremos no conjunto de dados.

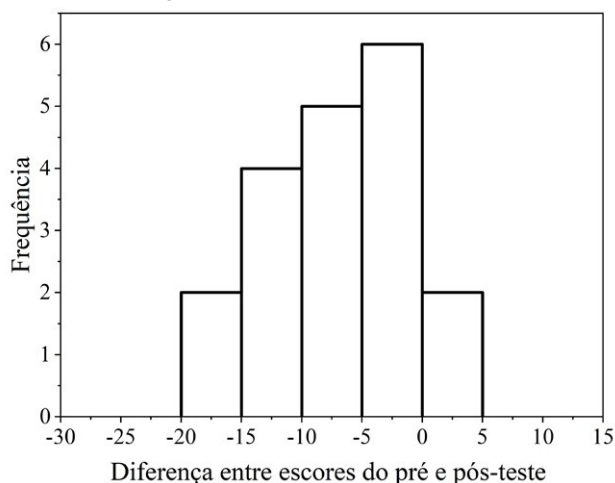
A mediana dos escores do pós-teste (13,0) é superior à mediana obtida com os correspondentes escores do pré-teste (7,0). O intervalo interquartil dos escores do pós-teste (12,5) também mostra maior dispersão em comparação com o intervalo para os correspondentes escores do pré-teste (4,5). Para melhor visualização dessas medidas, a Figura 13 apresenta os diagramas de caixa dos escores do pré-teste e do pós-teste. O diagrama de caixas permite a visualização gráfica da mediana dos dados (linha horizontal central na caixa), da dispersão dos dados representada pelo intervalo interquartil (altura da caixa) e dos valores extremos do conjunto de dados (extremos das linhas verticais centralizadas nas caixas). O valor indicado no segmento inferior da caixa corresponde à diferença entre a mediana e o primeiro quartil, e o valor indicado no segmento superior da caixa corresponde à diferença entre o terceiro quartil e a mediana.

**Figura 13:** Diagramas de caixa para os escores do pré-teste e pós-teste (Adaptado de GUIMARÃES, 2015, p. 98).



Para verificar se o aumento no valor da mediana dos escores do pós-teste comparada à mediana dos escores do pré-teste é estatisticamente significativo, ou seja, se o aumento no desempenho dos participantes é estatisticamente significativo, foi realizado um teste de inferência estatística não paramétrica considerando as diferenças das frequências dos escores do pré-teste e dos correspondentes escores do pós-teste (diferenças pareadas) com o teste Wilcoxon (W) unilateral pareado (Figura 14).

**Figura 14:** Frequência das diferenças entre escores do pré-teste e pós-teste.



O teste W é usado para distribuições desconhecidas e é o teste não paramétrico equivalente do teste t pareado, que é baseado em uma distribuição de probabilidade normal subjacente (PEERS, 1996). O teste W unilateral pareado calcula a distribuição das diferenças de cada par de escores correspondentes, do pré-teste e do pós-teste, para um mesmo indivíduo do grupo, e informa a direção dessas diferenças (*ibid.*). A Figura 14 mostra o histograma de frequência dessas diferenças, em que podemos identificar uma assimetria em torno de zero com predominância para valores negativos. Como os dados no eixo das abscissas se refere a valores calculados da diferença entre escores do pré-teste e do pós-teste, então um resultado negativo se refere a valores de escores de desempenho no pós-teste maiores do que no pré-teste. Portanto, essa assimetria indica que a maioria dos alunos melhorou seu desempenho em cinemática após as aulas de física. Esse resultado tem respaldo no teste W unilateral pareado, que indicou um aumento estatisticamente significativo da mediana dos escores do pós-teste com 95% de probabilidade de não ser este resultado por acaso (valor-p = 0,0001).

## Considerações finais

Este trabalho apresentou um estudo integrando um sistema de medição de distância, a plataforma Arduino e um sensor ultrassônico em aulas de ciências com alunos do 9º ano do ensino fundamental. Foram descritos os detalhes da construção do equipamento e do programa computacional para a plataforma Arduino. A utilização desse sistema integrado com aulas de ciências foi apresentada e discutida para o ensino de cinemática introdutória a partir do planejamento e implementação de duas situações na perspectiva da teoria das situações didáticas de Brousseau. As análises da aprendizagem consideraram os registros escritos nas tarefas de sala de aula e o desempenho dos alunos em um teste de múltipla escolha. Os resultados do teste da maioria dos alunos evidenciaram melhoria no desempenho de conhecimentos de cinemática, os quais mostraram respaldo por registros escritos indicando que a maioria dos alunos estabeleceu correspondência entre os movimentos executados em sala de aula e as representações gráficas de cinemática.

Como considerações finais, destacamos que o ensino de ciências auxiliado por tecnologias com sensores e aquisição automática de dados fornece uma abordagem diferente para as aulas de ciências. Consideramos interessante uma abordagem inte-



grada entre teoria, experimento e tecnologia considerando o instrumento de medida como ferramenta para fornecer uma realidade científica ao fenômeno em estudo. Esta abordagem particular foi tentada neste estudo para melhorar a compreensão nas aulas de física elementar. Isso foi possível usando situações de ensino planejadas que integraram tecnologias com aquisição automática de dados em tempo real. Uma abordagem didático-epistemológica integrando teoria, experimento e tecnologia permite concentrar-se na aquisição de conhecimento da realidade científica em estudo, de modo a expandir os papéis usuais do laboratório didático dos currículos atuais, geralmente caracterizados como complementares às aulas teóricas ou com ênfase na aprendizagem procedimental.

Outro ponto a destacar é que o sistema de medição de distância e o projeto de experimento de cinemática descrito neste trabalho podem contribuir também para a elaboração de projetos a serem desenvolvidos pelos alunos com a mediação de um professor resonsável. Em uma abordagem de aprendizagem ativa, estes projetos podem envolver a montagem do sistema de medição e sua aplicação em experimentos de cinemática, permitindo que os alunos desenvolvam habilidades múltiplas como o raciocínio lógico, resolução de problemas concretos, a montagem de circuitos eletrônicos e programação.

Ainda, para se equipar uma escola de ensino básico com equipamentos e soluções comerciais para a realização de experimentos com aquisição automática de dados, o custo envolvido normalmente é elevado e fica-se dependente do fornecedor para reposição e manutenção dos equipamentos. Nesse sentido, o presente trabalho contribui para que comunidade escolar tenha uma alternativa para realizar experimentos com aquisição automática de dados de baixo custo, e que envolve somente soluções abertas, tanto de *hardware* quanto de *software*. Devido à sua característica aberta, o sistema proposto neste trabalho pode ser modificado ou mesmo servir como base a novos projetos para aquisição automática de dados de outras grandezas físicas, alimentando um ciclo positivo de inovação tecnológica.

Em síntese, os resultados obtidos sugerem que a integração de tecnologias digitais em aulas de ciências pode ser didaticamente relevante para facilitar a aprendizagem de ciências no ensino fundamental.

## Agradedimentos

Financiamento parcial da CAPES, Projeto OBEDUC 049/2012, Ministério da Educação, Brasil.

## Integrating technologies in classroom: a study with elementary school students in science classes with real-time data acquisition

### Abstract

This work presents a study integrating a range measurement system, the Arduino platform and an ultrasonic sensor in science classes with 9<sup>th</sup> grade students of elementary school. Details of both the construction of the equipment and computational program for the Arduino platform are described. The use of this integrated system in science classes are presented and discussed for introductory kinematics teaching from the planning and implementation of two situations in a Brousseau's theory of didactic situations perspective. Learning analyses consider both the written records on classroom assignments and the students' performance on a multiple-choice test. The test results of most students show improvement in the performance of understanding kinematics knowledge, which are supported by the written records indicating that most students established correspondence between the movements performed in the classroom and the graphical representations of kinematics. The results suggest that the integration of digital technologies in science classes can be didactically relevant to facilitate science learning in elementary school.

**Keywords:** Range measurement system. Arduino platform. Kinematics. Technologies in science teaching.

## Referências

ARDUINO. **Getting started with Arduino UNO**. Disponível em: < <https://www.arduino.cc/en/Guide/ArduinoUno>>. Acesso em: 15 fev. 2020.

BEICHNER, R. J. Testing student interpretation of kinematics graphs. **American Journal of Physics**, v. 62, n. 8, 750-762, 1994. DOI: <https://aapt.scitation.org/doi/10.1119/1.17449>.

BRASIL, Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. **Base Nacional Comum Curricular**: educação é a base. Brasília, DF: MEC/SEB, 2018. Disponível em: < [BNCC\\_EI\\_EF\\_110518-versaofinal\\_site.pdf](https://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518-versaofinal_site.pdf) (mec.gov.br)>. Acesso em: 24 jan. 2021.

BROUSSEAU, G. Theory of didactical situations in mathematics: didactique des mathématiques, 1970-1990. In: BALACHEFF, N.; COOPER, M.; SUTHERLAND, R.; WARFIELD, V. (eds.). **Mathematics Education Library**, v. 19. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2002.

CARDONA, M. E.; LÓPEZ, S. Una revisión de literatura sobre el uso de sistemas de adquisición de datos para la enseñanza de la física en la educación básica, media y en la formación de profesores. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 39, n. 4, p. e4404, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2016-0308>.



DWORAKOWSKI, L. A.; HARTMANN, A. M.; KAKUNO, E. M.; DORNELES, P. F. T. Uso da plataforma Arduino e do software PLX-DAQ para construção de gráficos em tempo real. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 38, n. 3, e3503, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2016-0009>.

ELECFREAKS. **HC-SR04 user guide**. Disponível em: <<https://www.electfreaks.com/blog/post/hc-sr04-ultrasonic-module-user-guide.html>>. Acesso em: 28 jan. 2021.

GUIMARÃES, R. S. **Construção e avaliação de uma sequência de ensino de cinemática introdutória com apoio de um sistema de aquisição automática de dados baseada em princípios da engenharia didática**. Bagé, RS: UNIPAMPA, 2015. Dissertação, Universidade Federal do Pampa, 2015.

HAAG, R.; ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A. Por que e como introduzir a aquisição automática de dados no laboratório automático de física?, **A Física na Escola**, v. 6, n. 1, p. 69-74, 2005. Disponível em: <<http://www1.fisica.org.br/fne/phocadownload/Vol06-Num1/aquisicao1.pdf>>. Acesso em: 15 mai 2020.

HASMAN Jr., R. J. Characteristics of instrumentation. In: WEBSTER, John G. (ed.). **The measurement, instrumentation and sensors handbook**. Boca Raton, FL: CRC Press LLC, 1999, section 1.1.

MICROSOFT Corporation. **Microsoft Excel**. Versão 2016. [S. l.]: Microsoft Corporation, 2016.

MORRIS, A. S. **Measurement and instrumentation principles**. 3rd.ed. Oxford, UK: Butterworth-Heinemann, 2001. p. 259.

PEDERSEN, T. O.; KARLSSON, N. Time-of-flight ultrasonic displacement sensors. In: WEBSTER, John G. (ed.). **The measurement, instrumentation and sensors handbook**. Boca Raton, FL: CRC Press LLC, 1999. section 6.7.

PEERS, I. S., **Statistical analysis for education & psychology researchers**. London: The Falmer Press, 1996.

ROCHA, F. S. da; GUADAGNINI, P. H. Sensor sonar de movimento para ensino de física experimental, **Latin American Journal of Physics Education**, v. 4, n. 2, p. 306-315, 2010. Disponível em: <[http://www.lajpe.org/may10/07\\_Fabio\\_Saraiva.pdf](http://www.lajpe.org/may10/07_Fabio_Saraiva.pdf)>. Acesso em: 15 jul. 2022.

SALVUCCI, S.; WALTER, E.; CONLEY, V.; FINK, S.; SABA, M. **Measurement error studies at the National Center for Education Statistics**. Washington, USA: National Center for Education Statistics, 1997. Disponível em: <<https://nces.ed.gov/pubsearch/pubsinfo.asp?pubid=97464>>. Acesso em: 14 fev. 2020.

SCRATCH. **About Scratch**. Disponível em: <<https://scratch.mit.edu/about/>>. Acesso em: 24 fev. 2020.

SOKOLOFF, D. R.; LAWS, P. W.; THORNTON, R. K. RealTime physics: active learning labs transforming the introductory laboratory. **European Journal of Physics**, v. 28, n. 3, S83-S94, 2007. DOI: <http://dx.doi.org/10.1088/0143-0807/28/3/S08>.

VERNIER Software & Technology, **Go!Motion**. Disponível em: <<https://www.vernier.com/products/sensors/motion-detectors/go-mot/>>. Acesso em: 15 fev. 2020.

VIGOTSKI, L. S. **A construção do pensamento e da linguagem**. Tradução Paulo Bezerra. São Paulo: Martins Fontes, 2001.

VOLGOLIO, R. **Arduino Excel**. Disponível em: <<http://www.robertovalgolio.com/sistemi-programmi/arduino-excel>>. Acesso em: 15 fev. 2020.

ZAIONTZ, C. **Real statistics using Excel**. Disponível em: <<http://www.real-statistics.com>>. Acesso em: 15 fev. 2020.

## Apêndice 1

Código computacional produzido neste estudo para o sistema de medição de distância implementado com o Arduino UNO e o modulo sensor sonar ultrassônico modelo HC-SR04 (Adaptado de GUIMARÃES, 2015, p. 196).

```
// Medição de distância com o módulo HC-SR04, Arduino Uno
// e aquisição automática de dados com o software Microsoft Excel.
// O software implementa um sistema de detecção e rejeição de reflexões espúrias.

// Arduino Excel (Interface do Microsoft Excel com o Arduino)
# include <rExcel.h>

// Pino 13 (LED da placa Arduino)
int led = 13;

// Pino 12 (conectado ao pino Trigger do sensor sonar HC-SR04)
int sonar_trig = 12;

// Pino 10 (conectado ao pino Echo do sensor sonar HC-SR04)
int sonar_echo = 10;

// Contador de linhas da planilha Excel
uint32_t excel_row = 0;

// Instanciação do objeto rExcel
rExcel range_excel;

// Setup do Arduino e da planilha Excel
void setup() {

// Pino LED (saída digital)
pinMode(led, OUTPUT);

// Pino Trigger do sensor sonar (saída digital)
pinMode(sonar_trig, OUTPUT);

// Pino Echo do sensor sonar (entrada digital)
pinMode(sonar_echo, INPUT);

// Inicialização da porta serial do Arduino
Serial.begin(115200);

// Limpa a planilha Excel
range_excel.clearInput();
range_excel.clear("Range", "H03");
range_excel.clear("Range", "A03:B65536");
}
```



```
// Laço principal
void loop() {

    float distance;
    float time_flight;

    // Tempo (em milissegundos) desde a inicialização do sistema
    uint32_t time;

    // Gera pulsos de trigger de 15us de largura
    digitalWrite(sonar_trig, HIGH);
    delayMicroseconds(15);
    digitalWrite(sonar_trig, LOW);

    // Retorna o tempo (em microssegundos) em que o pino Echo permanece alto (tempo de voo)
    time_flight = 0;
    time_flight = pulseIn(sonar_echo, HIGH);

    // Determina o tempo (em milissegundos) desde a inicialização do sistema
    time = millis();

    // Calcula a distância entre o sensor e o alvo como:
    // distância = 0.5 * ((tempo_de_voo x 10^-6)s * 346 m/s)
    distance = 0.5*(time_flight * 1.0e-6 * 346.0);

    // Converte a distância para centímetros
    distance = distance * 100.0;

    // Detecção de reflexões espúrias
    // A distância limite é fixada em 3,0 m
    if((distance >= 3000.0) || (distance == 0)) {
    // O sensor não encontrou o alvo (distância medida é maior que o limite máximo)
    // e o resultado da medição é rejeitado
    // Acende o LED da placa Arduino sinalizando a rejeição da medida
        digitalWrite(led, HIGH);
    } else {

    // Insere o novo dado na planilha Excel
    // Escreve o valor da variável 'distance' na planilha 'Range' e na célula 'H3' com dois dígitos decimais
        range_excel.write("Range", "H3", distance, 2);

    // Escreve o valor da variável 'time' na primeira coluna da planilha 'Range'
    // iniciando na terceira linha (com dois dígitos decimais)
        range_excel.writeIndexed("Range", excel_row+3, 1,
                                time, 2);
```

```
// Escreve o valor da variável 'distance' na segunda coluna da planilha 'Range'
// iniciando na terceira linha (com dois dígitos decimais)
range_excel.writeIndexed("Range", excel_row+3, 2,
                        distance, 3);

// Incrementa o contador de linhas da planilha
excel_row = excel_row + 1;

digitalWrite(led, LOW);
}

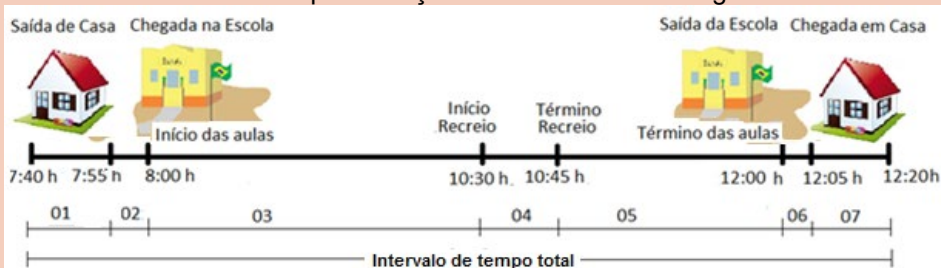
// Aguarda o tempo mínimo recomendado entre duas leituras consecutivas (100 ms)
delay(100);
}
```

## Apêndice 2

Teste de cinemática introdutória (Adaptado de GUIMARÃES, 2015, p. 171. Os itens foram renumerados para apresentação final, em razão da análise estatística efetuada). Os itens 21, 22, 23, 25, 26, e 27 são, respectivamente, tradução livre dos itens 8, 9, 12, 19, 20 e 21 do Teste de Compreensão de Gráficos de Cinemática (TUG-K), de R. J. Beichner (*American Journal of Physics*, v. 62, n. 8, p. 750-762, 1994, DOI: <https://aapt.scitation.org/doi/10.1119/1.17449>). O item 24 foi modificado do item 8 do teste TUG-K.

Leia o texto a seguir e responda as questões 1, 2 e 3.

Um aluno decidiu registrar sua rotina matinal, começando com sua ida à escola e terminando com seu retorno para casa no final da manhã, não esquecendo de registrar os horários de cada etapa. Ele percorreu as distâncias de cada intervalo de tempo com a mesma velocidade média, numerando os intervalos de 1 a 7 e indicando o tempo inicial e final de cada um deles. A representação final é mostrada a seguir.



1) Observando a duração dos intervalos de tempo 01 e 04, podemos afirmar que:

- a) São os únicos iguais.
- b) São os únicos diferentes.
- c) O 01 é maior do que o 04.
- d) O 04 é maior do que o 01.
- e) São iguais ao 07.

2) Com relação à duração dos intervalos de tempo, é correto afirmar que:

- a) O 07 e o 01 são iguais ao 06.
- b) O 02 é igual ao 06, e o 01 é diferente do 07.
- c) O 06 e 02 são os menores de todos, e o 01 e 07 são os maiores.
- d) O 01 e 04 são iguais, e ambos são diferentes do 03.
- e) Os que mais duraram foram o 03 seguido do 07.

3) Considerando a duração dos intervalos de tempo, não é correto afirmar que:

- a) A soma de todos os intervalos de tempo resulta no intervalo de tempo total do registro.
- b) Existem intervalos de 15 min.
- c) O intervalo de chegada à escola até o início das aulas tem duração igual a outro intervalo.
- d) Existem intervalos maiores do que 1 hora.
- e) O intervalo do recreio foi o que menos durou.

Leia o texto a seguir e responda a questão 4.

Uma bolinha é solta a partir de um suporte em direção ao solo. Quatro fotos em instantes diferentes do movimento da bolinha foram tiradas.



Foto 01



Foto 02

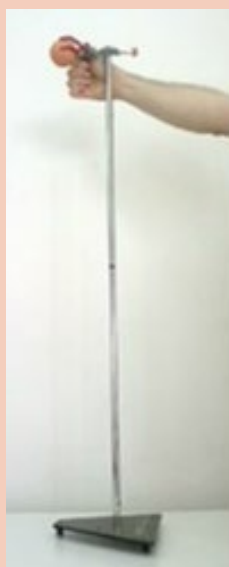


Foto 03

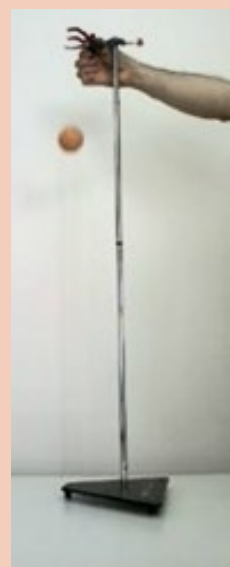


Foto 04

4) Olhando para a sequência de fotos (lembrando que o movimento é de queda), em qual instante a bolinha apresenta maior velocidade?

- a) Foto 02.
- b) Foto 01.
- c) Foto 04.
- d) Foto 03.
- e) Para todos os instantes, todas as bolinhas têm igual velocidade.

Leia o texto a seguir e responda a questão 5.

Nossa escola mantém um programa, denominado PIBID, onde alunos desenvolvem trabalhos pedagógicos nas áreas de Física e Química. Em 2013, o PIBID-Física organizou, e realizou uma competição de foguetes impulsionados por água, na qual participaram alunos do ensino médio e fundamental. De construção simples, estes foguetes alcançam distâncias relativamente grandes para o seu tamanho (alguns chegaram a mais de 50 metros, quando lançados em ângulo inclinado em relação ao solo). O movimento do foguete é resultante do aumento da pressão da água no seu interior, provocada por uma bomba de ar manual, que, ao injetar ar, faz com que a água ao atingir uma alta pressão, comece a ser expelida pela parte de baixo do foguete, fazendo com que ele seja projetado rapidamente para frente, a medida em libera a água do seu interior. Para registrar esse evento, foram obtidas diversas fotos e, após o final do campeonato, ao observar algumas das fotos, os alunos perceberam que a água que saía do foguete descrevia uma “linha” que mostrava o caminho percorrido pelo foguete durante o seu movimento (destacada abaixo, nas fotos do centro e da direita), permitindo observar as diversas posições do foguete durante o seu percurso.



Foguete saindo da base



Foguete iniciando o movimento



Foguete subindo

5) Essa “linha” é denominada de:

- a) Corpo extenso.
- b) Deslocamento.
- c) Referencial.
- d) Trajetória.
- e) Movimento.

Leia o texto a seguir e responda as questões 6 e 7.

Pedro necessitou viajar de veículo próprio a Porto Alegre. Como ele deveria estar às 14 horas na capital, consultou a internet para obter informações sobre a viagem. Verificou que o tempo de viagem seria de 4 h e 52 minutos (que ele arredondou para 5 h) e que a capital está a 377 km de Bagé (que ele arredondou para 400 km).

6) Qual é a velocidade escalar média, ou rapidez média, que Pedro deverá manter o seu carro para atender o compromisso na hora planejada, se utilizados os valores arredondados?

- a) 80 km/h.
- b) 100 km/h.
- c) 75 km/h.
- d) 50 km/h.
- e) 60 km/h.

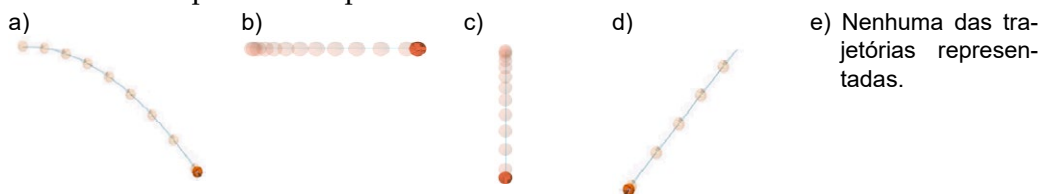
7) Após finalizar seus compromissos em Porto Alegre, o viajante retornou para sua casa em Bagé, mesmo local do ponto de partida. Ao chegar verificou que havia rodado 854 km, isto é, duas vezes 377 km (ida e volta) acrescidos de 50 km em percursos efetuados dentro das duas cidades. Com base nessas informações, responda qual foi o deslocamento efetuado e total do espaço percorrido?

- a) 854 km; 854 km.
- b) 0 km; 854 km.
- c) 804 km; 50 km.
- d) 377 km; 754 km.
- e) 0 km; 377 km.

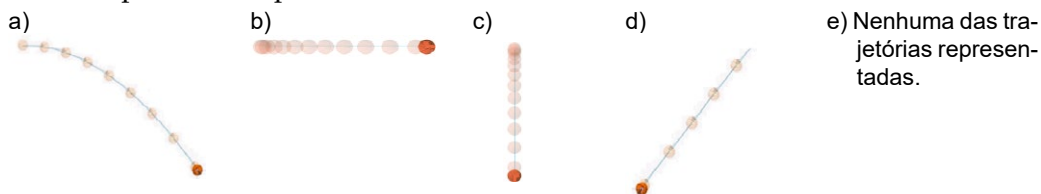
Leia o texto a seguir e responda as questões 8 e 9.

Você está parado na calçada esperando para tomar um ônibus e, para passar o tempo, observa os movimentos que acontecem a sua volta. Outro ônibus, que não é aquele que você espera, passa bem na sua frente se deslocando em linha reta e com velocidade constante quando, nesse instante, você vê uma criança que está sentada dentro do ônibus soltar, sem arremessar, uma bolinha pela janela do ônibus.

8) A trajetória da bolinha, observada pela criança que está sentada no ônibus, é mais bem representada por:



9) A trajetória da bolinha, observada por você que está parado na calçada, é mais bem representada por:



Leia o texto a seguir e responda as questões 10, 11 e 12.



O jornal “O Estadão” publicou em 2013, na Internet, a notícia de que os japoneses testaram um novo trem-bala que atingiu uma velocidade de 500 km/h. Um aluno, para estudar o movimento desse trem, considerou o trem percorrendo, em linha reta, a distância de 1000 km entre duas estações de trens em cidades diferentes. Também considerou que o trem manteve em todo o percurso a velocidade de 500 km/h e que, ao passar pela primeira estação, o trem já estava com

esta velocidade. Usando essas informações, responda as questões indicadas acima.

Fonte: O Estadão, de 10 jun. 2013. <https://economia.estadao.com.br/noticias/geral,trem-bala-em-testes-no-japao-podera-correr-ate-500-quilometros-por-hora,156118e>.

10) A primeira estação que o aluno tomou como origem para o estudo do movimento do trem pode ser denominada fisicamente de:

- Estação.
- Deslocamento.
- Trajeto.
- Corpo.
- Referencial.

11) O tempo que o trem levará para percorrer metade do percurso entre as duas estações é de:

- 4 horas.
- 3 horas.
- 2 horas.
- 1 hora.
- 5 horas.

12) Qual gráfico melhor representa o movimento do trem, durante todo seu percurso, em horas?

a)



b)



c)



d)



d) Nenhum dos gráficos apresentados.

Leia o texto a seguir e responda a questão 13.

Uma bolinha é solta em uma rampa em sua parte mais alta e se movimenta em direção a parte mais baixa. Quatro fotos foram obtidas em momentos diferentes.



Foto 01



Foto 02



Foto 03



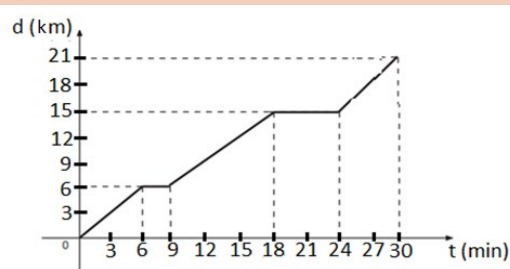
Foto 04

13) Olhando para a sequência de fotos, e lembrando que o movimento é da parte mais alta da rampa para a mais baixa, em qual delas a bolinha apresenta maior velocidade.

- a) Foto 01.
- b) Foto 02.
- c) Foto 03.
- d) Foto 04.
- e) Para todos os instantes, toda a bolinha tem igual velocidade.

Leia o texto a seguir e responda as questões 14 e 15.

Para medir seu desempenho em uma corrida, um ciclista decidiu traçar a distância percorrida por ele (em km) *versus* o tempo gasto (em min). Ele usou um cronômetro para medir o tempo gasto e um odômetro para medir a distância percorrida. Usando o gráfico a seguir, obtido pelo ciclista, responda as questões indicadas.



14) Quantas vezes o ciclista parou durante a corrida?

Quatro vezes.

Nem uma vez.

Uma vez.

Três vezes.

Duas

15) Para medir seu desempenho na corrida, o ciclista calculou sua rapidez média ou velocidade escalar média. O valor encontrado por ele foi de:

42 km/h.

30 km/h.

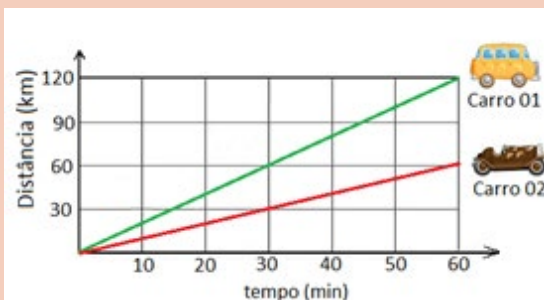
15 km/h.

24 km/h.

21 km/h.

Leia o texto a seguir e responda as questões 16 e 17.

Para comparar o movimento de dois carros, um estudante criou um gráfico no qual relacionou a distância percorrida em km pelo tempo cronometrado em minutos. Responda as questões 16 e 17, utilizando as informações do gráfico:



16) Com relação a velocidade escalar média dos carros, é correto afirmar que:

- a) É a mesma para ambos os carros durante toda a corrida.
- b) É maior para o carro 01 do que para o carro 02.
- c) É maior para o carro 02 do que para o carro 01.
- d) É a mesma para ambos os carros somente nos primeiros 10 minutos.
- e) Somente na metade do tempo cronometrado a velocidade do carro 01 é o dobro da velocidade do carro 02.

17) A distância percorrida pelo carro 02, 30 minutos após o início do movimento foi de:

- 0 km/h.
- 30 km/h.
- 90 km/h.
- 60 km/h.
- 120 km/h.

Leia o conteúdo dentro do quadro e responda as questões 18, 19 e 20.

Os valores da velocidade instantânea de um carro de Fórmula 1, em m/s (metros por segundo), foram registrados em intervalos de 1 segundo, durante 5 segundos, a partir da largada de uma competição em um trecho de pista reta. Os dados obtidos resultaram em valores crescentes de velocidade instantânea, diferentes a cada segundo, e foram organizados na tabela:

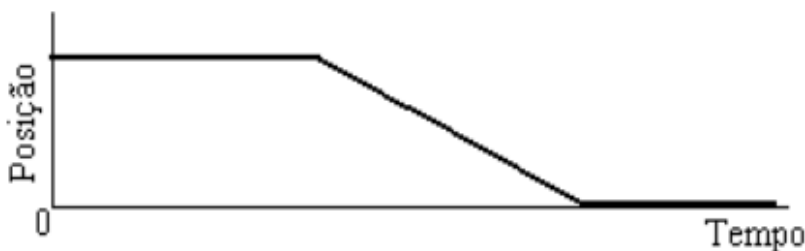
| Tempo (s) | Velocidade instantânea (m/s) |
|-----------|------------------------------|
| 0         | 0                            |
| 1         | 5                            |
| 2         | 10                           |
| 3         | 15                           |
| 4         | 20                           |
| 5         | 25                           |

- 18) O movimento descrito pelo carro de Fórmula 1, apresentado na tabela é caracterizado por:
- Velocidade variável e aceleração variável.
  - Velocidade constante, sem aceleração.
  - Velocidade variável e aceleração constante.
  - Aceleração constante e velocidade constante.
  - Velocidade variável, sem aceleração.
- 19) Comparando as diferentes velocidades instantâneas observadas, é correto afirmar que:
- A velocidade aumentou 10 m/s a cada 5 segundos.
  - A velocidade inicial foi de 5 m/s e a final foi de 25 m/s.
  - Entre 0 e 3 segundos, a velocidade variou de 10 m/s.
  - A velocidade aumenta 5 m/s a cada segundo.
  - Não houve aceleração entre 0 e 5 segundos.
- 20) Na tabela apresentada para a velocidade instantânea do carro de Fórmula 1, podemos observar uma uniformidade na variação de velocidade quando consideramos os intervalos de tempo observados. Essa “regularidade” permite-nos saber, por exemplo, que a velocidade do carro de Fórmula 1 será de 30 m/s quando o tempo é de 6 segundos. Porém, se necessitarmos saber a velocidade instantânea para tomadas de tempo maiores (mantendo o carro de Fórmula 1 sempre com as mesmas características do movimento), o cálculo se tornará mais

demorado. Nessas situações, procuramos elaborar uma equação matemática que possibilite a obtenção da velocidade para uma medida qualquer de tempo. Das alternativas abaixo, onde “v” representa a velocidade (em m/s) e “t” o tempo (em segundos), qual equação descreveria o movimento do carro de Fórmula 1 em qualquer instante de tempo?

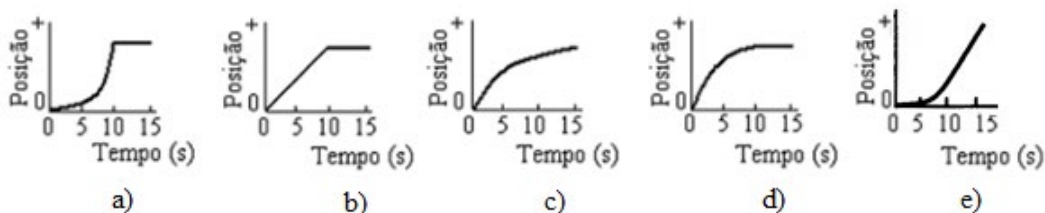
- a)  $v = t$ .
- b)  $v = 2t$ .
- c)  $v = 3t$ .
- d)  $v = 4t$ .
- e)  $v = 5t$ .

21) (Tradução livre do item 8 do teste TUG-K) O gráfico abaixo descreve o movimento de um objeto. Qual sentença representa uma interpretação correta desse movimento?

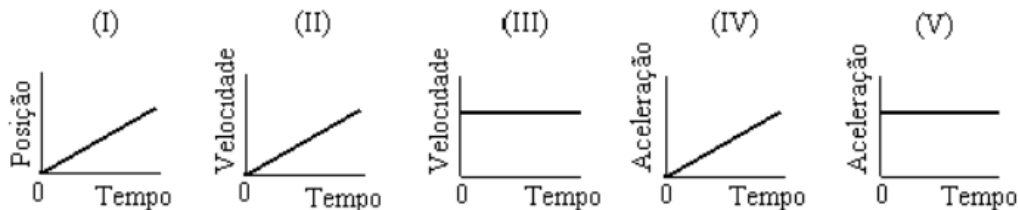


- a) O objeto rola ao longo de uma superfície plana. Então, ele desce um plano inclinado e finalmente para.
- b) O objeto inicialmente não se move. Então, ele desce um plano inclinado e finalmente para.
- c) O objeto está se movendo com velocidade constante. Então, ele diminui sua velocidade e para.
- d) O objeto inicialmente não se move. Então, ele se move e finalmente para.
- e) O objeto se move ao longo de uma área plana, movendo-se para trás na descida de um plano inclinado, e então, continua se movendo.

22) (Tradução livre do item 9 do teste TUG-K) Um objeto parte do repouso e movimenta-se por 10 segundos com uma aceleração positiva constante. Ele continua, então, com velocidade constante. Qual dos seguintes gráficos descreve corretamente esta situação?



23) (Tradução livre do item 12 do teste TUG-K) Considere os gráficos seguintes observando que o eixo das ordenadas pode representar diferentes grandezas:

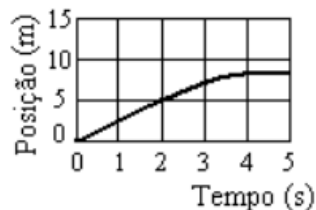


Qual(s) destes gráficos representa(m) um movimento com velocidade constante?

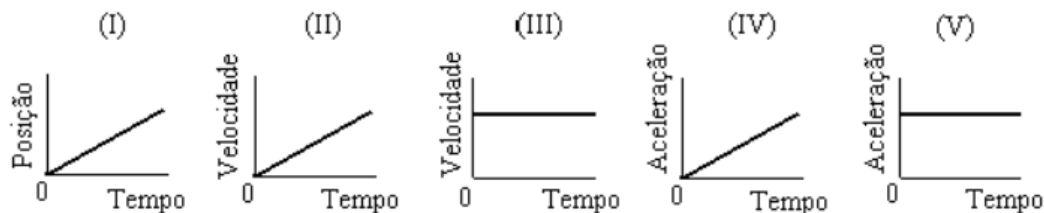
- a) I, II e IV.
- b) I e III.
- c) II e V.
- d) Somente IV.
- e) Somente V.

24) (Modificado do item 18 do teste TUG-K) O gráfico ao lado representa o movimento de um objeto. A velocidade deste objeto no instante de tempo 2 segundos é:

- a) 0,4 m/s.
- b) 2,0 m/s.
- c) 2,5 m/s.
- d) 5,0 m/s.
- e) 10,0 m/s.



25) (Tradução livre do item 19 do teste TUG-K) Considere os gráficos seguintes observando que o eixo das ordenadas pode representar diferentes grandezas:

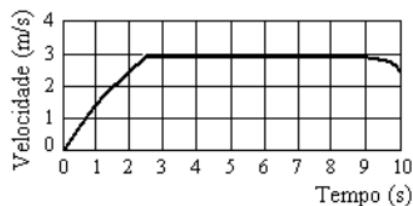


Qual(s) deles representa(m) um movimento com aceleração constante diferente de zero?

- a) I, II e IV.
- b) I e III.
- c) II e V.
- d) Somente IV.
- e) Somente V.

26) (Tradução livre do item 20 do teste TUG-K) Um objeto se move de acordo com o gráfico ao lado. Qual é o seu deslocamento entre  $t = 4$  s e  $t = 8$  s?

- a) 0,75 m
- b) 3,00 m
- c) 4,00 m
- d) 8,00 m
- e) 12,00 m



27) (Tradução livre do item 21 do teste TUG-K) O gráfico à direita representa o movimento de um objeto. Qual das sentenças é a melhor interpretação desse movimento?

- a) O objeto se move com uma aceleração constante.
- b) O objeto se move com uma aceleração que diminui uniformemente.
- c) O objeto se move com uma velocidade que aumenta uniformemente.
- d) O objeto se move com velocidade constante.
- e) O objeto não se move.

