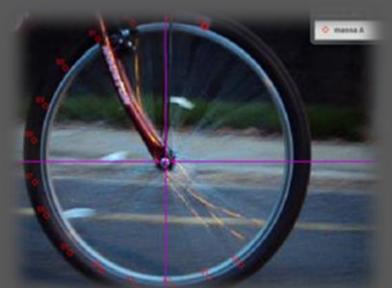


VIDEOANÁLISE EM CONTEXTOS COLABORATIVOS: *UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ESTUDO SIMULTÂNEO DOS MOVIMENTOS UNIFORMES REtilíNEO E CIRCULAR*

Erick dos Santos Silva

O leitor encontrará no presente manual um roteiro para implementação de uma sequência didática que combina a discussão de problemas, em contextos colaborativos, com a investigação por videoanálise, apresentando o movimento de uma bicicleta como componente motivador para discutir os movimentos uniformes retilíneo e circular. Toda a estrutura da sequência e os procedimentos de avaliação utilizados para sua validação são apresentados de forma sintética, podendo ser conferidos na dissertação geradora deste manual didático (SILVA, E.S., 2017).





Sumário

1 INTRODUÇÃO	2
2 DESCRIÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA PROPOSTA	2
2.1 SEQUÊNCIA A SER APLICADA	2
2.2 AVALIAÇÃO DA SEQUÊNCIA	3
3 EXEMPLO DE IMPLEMENTAÇÃO NA REDE FEDERAL DE ENSINO	4
4 INSTRUMENTOS DE MEDIAÇÃO UTILIZADO E POSSÍVEIS ADAPTAÇÕES	11
4.1 DISCUSSÃO DE PROBLEMAS E VIDEOANÁLISE COMO MEDIADORES	11
4.2 VIDEOANÁLISE APRESENTADA EM CARÁTER COMPLEMENTAR	11
4.2.1 Movimento da bicicleta modelada a partir do MRU	12
4.2.2 Movimento da roda dianteira modelada a partir do MCU	13
4.2.3 Relação entre as velocidades linear e angular	15
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	15
REFERÊNCIAS	16
APÊNDICE A – ACOPLAGAMENTO DO SUPORTE À BICICLETA	17
APÊNDICE B – QUESTÕES PROPOSTAS NAS AULAS E PROBLEMAS	19
APÊNDICE C – TESTE DE CONHECIMENTOS	31



1 INTRODUÇÃO

A sequência didática proposta tem por objetivo promover um ambiente de aprendizagem argumentativo. O produto didático sintetiza os procedimentos para se aplicar uma sequencia didática que utiliza a discussão de fenômenos a partir da videoanálise (BEICHNER, 1996; BROWN, COX, 2009; DE JESUS, 2014), em contextos colaborativos (ARAÚJO, 2011), para estudar o Movimento Retilíneo Uniforme (MRU) e o Movimento Circular Uniforme (MCU). Os problemas propostos e as videoanálises discutidas são utilizados como instrumentos mediadores da relação ensino-aprendizagem.

2 DESCRIÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA PROPOSTA

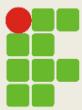
2.1 SEQUÊNCIA DIDÁTICA

- ***Encontro 1:***

- ✓ No primeiro encontro deve se realizar uma introdução sobre os tópicos abordados pela sequência: o movimento retilíneo uniforme (MRU) e o movimento circular uniforme (MCU).
- ✓ Alguns problemas devem ser apresentados com o intuito de levantar possíveis concepções alternativas.
- ✓ Ao final deste primeiro encontro, o docente deve recomendar a primeira leitura (L1) aos alunos, referente ao MRU. As leituras indicadas são, essencialmente, capítulos do livro didático dos alunos (BONJORNO, *et al.*, 2013). O professor pode, conforme sua necessidade, indicar textos alternativos e notas de aula, desde que alinhados com a ementa e propósitos do curso.

- ***Encontro 2:***

- ✓ No segundo encontro, a ideia de movimento retilíneo uniforme (MRU) é apresentada. O docente conduz a discussão da primeira videoanálise (VA1), utilizada para direcionar as questões de aula.
- ✓ Ao final do encontro, propõe-se um problema aos alunos (P1) para discussão em grupo. Os alunos, devem se dividir em grupos de aproximadamente cinco pessoas. Cada grupo fica responsável por apresentar suas soluções no próximo encontro (E2). Os problemas propostos e a estrutura seguida na aula são indicados em detalhes no apêndice A (Apêndice A).



- ***Encontro 3:***

- ✓ Uma discussão mais ampla do problema P1 é realizada. Cada grupo entrega sua solução por escrito ao professor. Depois disso, o debate sobre as questões do problema se inicia. Todo o debate de ideias é registrado pelo professor regente e pelos alunos em suas anotações de aula.
- ✓ Ao final do encontro, recomenda-se a segunda leitura sobre o MCU (L2).

- ***Encontro 4:***

- ✓ Dedicase à discussão do MCU. A segunda videoanálise (VA2) é utilizada para direcionar as questões de aula.
- ✓ Ao final, um problema é apresentado aos alunos (P2) para discussão em grupo.

- ***Encontro 5:***

- ✓ Uma discussão mais ampla do problema P2 é realizada. Cada grupo entrega sua solução ao professor. Em seguida, inicia-se o debate sobre as questões do problema P2.
- ✓ Uma discussão conjunta das videoanálises VA1 e VA2 é admitida para esse encontro, além de uma abordagem sintética dos tópicos estudados ao longo de toda a sequência didática, na forma de encerramento.

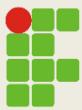
- ***Encontro 6:***

- ✓ O último encontro é voltado à aplicação do teste de conhecimentos.

2.2 AVALIAÇÃO DA SEQUÊNCIA

O número de acertos dos grupos em relação aos problemas propostos pode ajudar o professor a diagnosticar os pontos mais críticos dos alunos em relação à ementa. O professor pode utilizar as questões apresentadas no apêndice A como guia, ou elaborar seus próprios problemas baseados no conhecimento prévio dos alunos. O livro didático também pode ser utilizado. O mais recomendado é que independente da questão escolhida, o professor avalie a adequação das mesmas em relação ao conhecimento prévio dos alunos, juntamente com os objetivos a serem alcançados pela disciplina.

A sequência proposta foi avaliada, inicialmente, considerando os acertos dos alunos nas questões propostas por meio dos problemas P1 e P2. Uma avaliação alternativa foi realizada por meio de um teste de conhecimentos, onde os resultados das turmas experimentais foram comparados a uma



turma de controle. O teste funcionou como uma avaliação externa, de modo a avaliar o desempenho dos estudantes em questões sobre a mesma temática, independente da forma instrucional considerada. O teste de conhecimentos utilizado encontra-se no apêndice B.

3 EXEMPLO DE IMPLEMENTAÇÃO NA REDE FEDERAL DE ENSINO

Inicialmente, buscou-se estabelecer um cronograma de execução da pesquisa que estivesse em acordo com o calendário acadêmico do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso, *campus Juína*. As atividades foram estruturadas de acordo com a tabela a seguir (tabela 1). Cada encontro destacado é composto por dois tempos seguidos de 50 minutos cada. Ao todo, quatro turmas participaram da pesquisa (três experimentais e uma de controle).

Tabela 1 – Cronograma de atividades estruturado para a sequência didática. Cada encontro é composto por dois tempos seguidos de 50 minutos cada.

Encontro	Atividade programada
E1	Apresentação da ementa e recomendação da primeira leitura (L1).
E2	Descrição breve do MRU, apresentação da primeira videoanálise (VA1), discussão das questões de aula e proposição do primeiro problema (P1).
E3	Entrega das soluções propostas ao problema P1, discussão conjunta do P1 e proposição da segunda leitura (L2).
E4	Descrição breve do MCU, apresentação da segunda videoanálise (VA2), discussão das questões de aula e proposição do segundo problema (P2).
E5	Entrega das soluções propostas ao problema P2, discussão conjunta do P2 e comentários sobre as videoanálises VA1 e VA2.
E6	Aplicação do teste de conhecimentos.

Os gráficos seguintes revelam o número N de grupos que responderam corretamente aos itens a, b, c e d dos problemas P1 e P2, em cada uma das turmas experimentais (figuras 1 e 2).

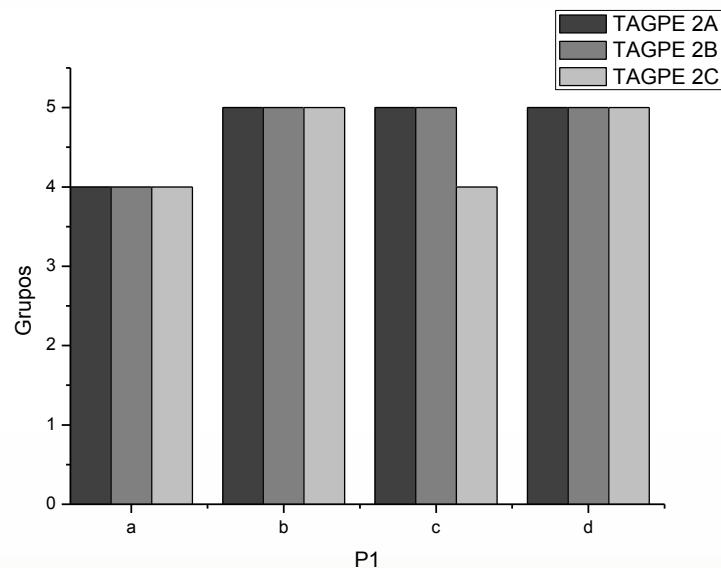


Figura 1 – Grupos que responderam adequadamente ao problema P1. O gráfico revela a distribuição de acertos por turma, em cada um dos quatro itens a, b, c e d. As turmas apresentam 5 grupos cada.

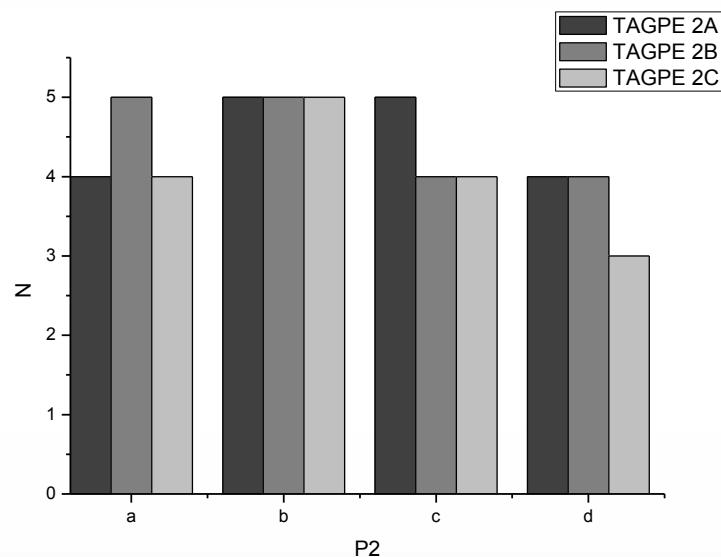
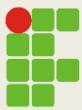


Figura 2 – Grupos que responderam adequadamente ao problema P2. O gráfico revela a distribuição de acertos por turma, em cada um dos quatro itens a, b, c e d. As turmas apresentam 5 grupos cada.

Observamos que as principais dificuldades apresentadas pelos grupos podem ser relacionadas à análise gráfica, e, ao conceito de aceleração centrípeta. As questões que envolviam explicitamente a construção de gráficos revelaram percentuais de acertos menores. Por exemplo, percebemos que nos itens “a” e “c” do problema P1, os percentuais de acertos são iguais a 80% e 93%, respectivamente, quando consideramos as três turmas experimentais. Esses itens envolvem justamente a construção de gráficos. Já considerando os itens “b” e “d”, que não envolvem gráficos,



o percentual de acertos é 100%. O mesmo pode ser identificado nos itens “a” e “c” do problema P2. Os percentuais de acerto são de 87% nos dois casos. Já no item “b” do mesmo problema, que não envolve análise gráfica, temos um percentual de acertos igual a 100%. Contudo, observamos no item “d” um percentual de acertos igual a 73%. Nas turmas TAGPE 2A e TAGPE 2B, esse percentual ficou em 80%, enquanto na turma TAGPE 2C, o valor foi de 60%.

Em relação ao último item do problema P2 (item “d”), observamos grande dificuldade em admitir uma aceleração relativa à variação do vetor velocidade. O pior percentual apresentado por uma turma, em todas as questões dos problemas P1 e P2, foi exatamente nesse item. Observamos respostas que seguiram (2 de 5 na TAGPE 2A, 1 de 5 nas turmas TAGPE 2A e TAGPE 2B) a tendência de não reconhecer explicitamente a aceleração centrípeta no MCU, mesmo após toda a discussão realizada no quarto encontro. Contudo, os grupos que apresentaram corretamente as respostas, parecem ter aceitado a existência da aceleração centrípeta como responsável pela manutenção da trajetória circular, variando continuamente a direção e o sentido do vetor velocidade. A partir das leituras realizadas e discussões de sala de aula, 73% dos grupos respondem corretamente ao item, embora uma investigação mais profunda dessa questão possa revelar dificuldades de compreensão conceitual. O leitor é convidado à leitura da dissertação para apreciação desses detalhes.

Vale destacar que ideias semelhantes foram apresentadas na discussão conjunta dos problemas. De fato, o conceito de aceleração centrípeta foi apresentado corretamente pela maioria dos grupos, embora algumas dificuldades tenham sido observadas nas soluções apresentadas, pois 26,7% dos grupos erraram o item “d” do problema P2. Contudo, esse resultado está associado às respostas entregues pelos alunos antes da discussão conjunta. Espera-se que alguns desses equívocos tenham sido superados ao longo do quinto encontro da sequência, onde a discussão do problema P2 foi realizada em maiores detalhes.

Observe que a discussão realizada após a entrega das respostas, por parte dos estudantes, permite uma reconsideração das ideias apresentadas ao professor. Os grupos entram em contato, ao longo dos debates, com outros pontos de vista. A discussão, envolvendo alunos e professores, pode ajudar na superação de possíveis dificuldades encontradas pelos discentes no enfrentamento autônomo dos problemas propostos.

Os histogramas das notas obtidas pelos alunos nas quatro turmas participantes são apresentados nas figuras seguintes (figuras 3, 4, 5 e 6). As notas observadas para as turmas experimentais apresentam um deslocamento para a direita, em relação à turma de controle. Isso indica que as notas maiores se concentram nas turmas experimentais (figuras 3, 4, 5 e 6).

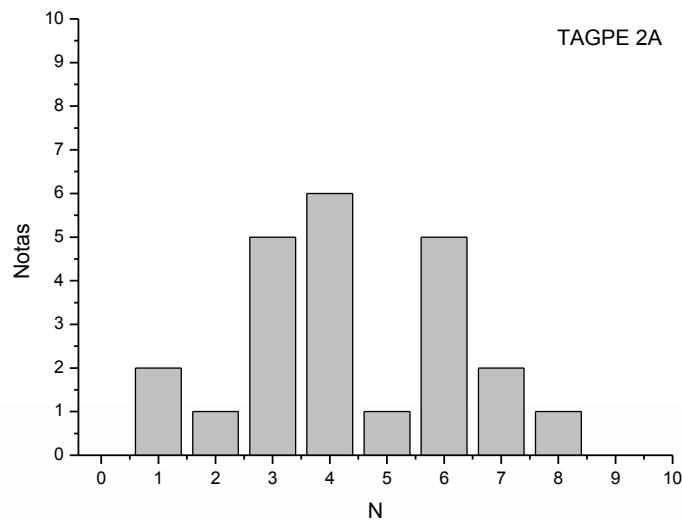
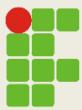


Figura 3 – Distribuição de frequências das notas relativas aos alunos da turma experimental TAGPE 2A.

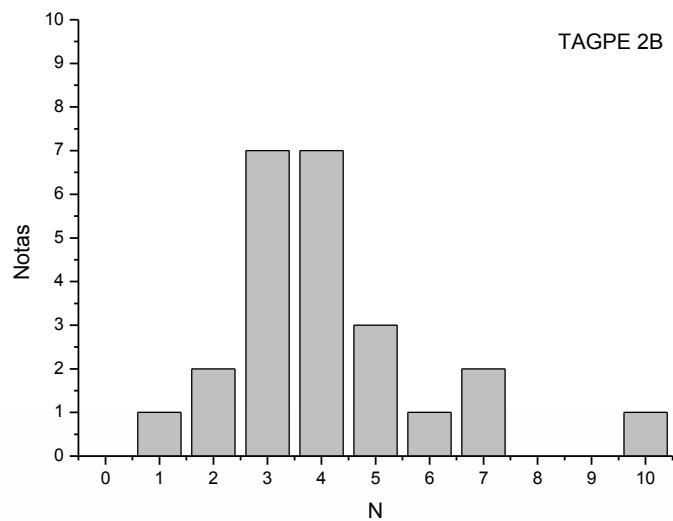


Figura 4 – Distribuição de frequências das notas relativas aos alunos da turma experimental TAGPE 2B.

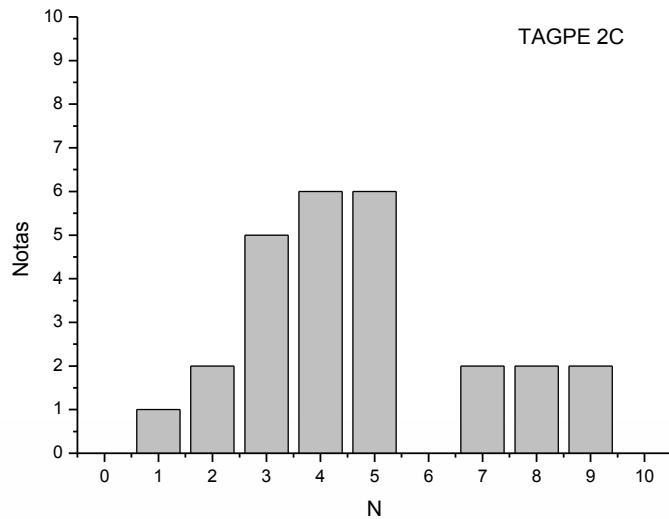
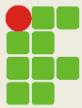


Figura 5 – Distribuição de frequências das notas relativas aos alunos da turma experimental TAGPE 2C.

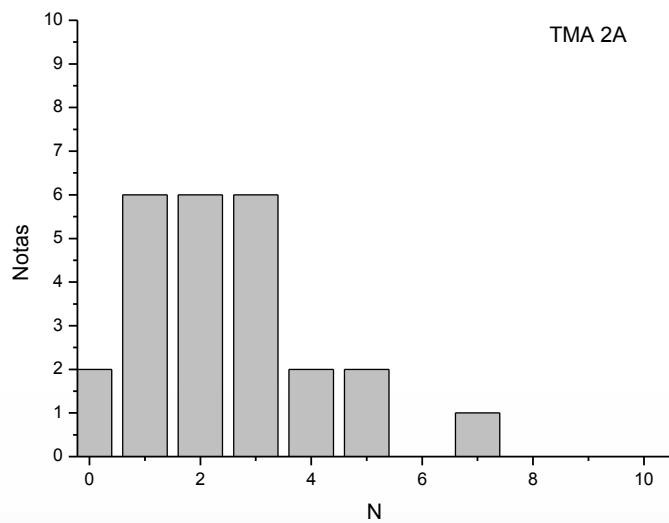


Figura 6 – Distribuição de frequências das notas relativas aos alunos da turma de controle TMA 2A.

Observamos que as turmas experimentais TAGPE 2A, TAGPE 2B e TAGPE 2C obtiveram médias de $4,3 \pm 0,4$, $4,1 \pm 0,4$ e $4,7 \pm 0,4$, respectivamente. Já a turma de controle (TMA 2A), obteve média igual a $2,4 \pm 0,3$. O gráfico seguinte resume esses resultados. A linha pontilhada revela a média obtida entre as turmas experimentais, igual a 4,4. Observe que o desvio absoluto, em relação à turma de controle, é $\delta = 2,0$. (figura 7).

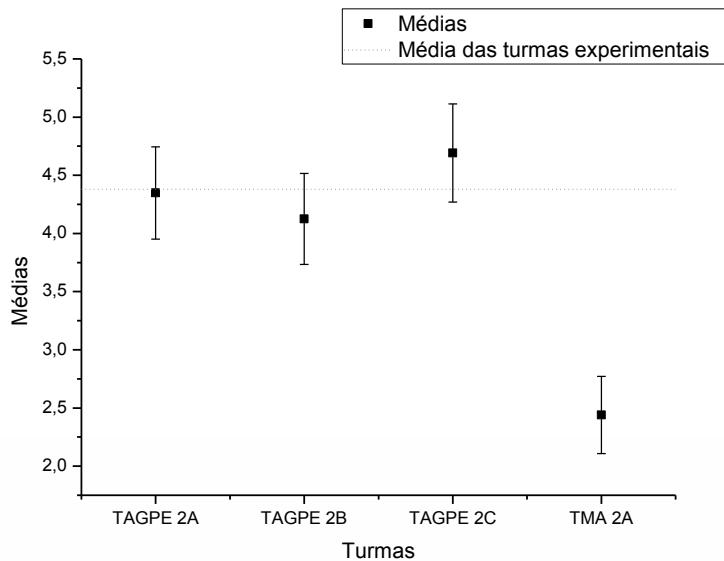
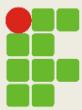


Figura 7 – Média das turmas experimentais TAGPE 2A, TAGPE 2B e TAGPE 2C e da turma de controle TMA 2A no teste tradicional aplicado. A curva pontilhada revela a média das turmas experimentais.

Considerando as características delineadas acima, podemos observar que as médias no teste tradicional das turmas experimentais são maiores que a média apresentada pela turma de controle. A amostra estudada e resultados obtidos permitem apontar, em um primeiro momento, que a sequência didática aplicada pode funcionar como mediadora da relação ensino-aprendizagem. Na intervenção, combinando a ABP com a videoanálise, os ganhos observados na média do teste de conhecimentos são substanciais, quando comparamos o grupo de controle com o experimental.

Contudo, ponderações podem ser consideradas sobre os dados apresentados. Primeiramente, existe alguma diferença no rendimento médio das turmas? Para avaliar essa questão, voltemos às médias de ingresso. No exame de seleção para os dois cursos, Técnico em Agropecuária (TA) e Técnico em Meio ambiente (TMA), as médias observadas são de 26,4 e 25,7, em uma pontuação total de 60 pontos. Isso equivale a um percentual de acerto igual a 44% e 43%, respectivamente. Podemos observar que eles são semelhantes. De fato, realizando um teste t de Student¹ para os percentuais indicados (MORETTIN; BUSSAB, 2010; FONSECA; MARTINS, 2010), verificamos que não existe diferença significativa entre eles, considerando um nível de confiança de 99%. Observe que, considerando as amostras N_1 e N_2 , denotando os percentuais de acertos por \bar{x}_1 e \bar{x}_2 , juntamente com seus desvios-padrão s_1 e s_2 , podemos obter o valor de t a partir da equação:

¹ O teste t-Student (ou teste t) é um teste de hipótese utilizado para realizar inferências estatísticas a partir de uma ou mais amostras n , escolhidas aleatoriamente, com seus escores seguindo uma distribuição estatística normal. O teste verifica se uma hipótese H_0 , denotada por hipótese nula, pode ser rejeitada ou não. Inicialmente, calcula-se o valor de t , verificando se os valores críticos (geralmente dispostos em forma de tabela) permitem rejeitar ou não H_0 . O teste t avalia o desvio que a amostra, com pequeno número de sujeitos, apresenta em relação à distribuição normal (achatamento). Os valores críticos de t permitem rejeitar ou não H_0 .(MORETTIN; BUSSAB, 2010; FONSECA; MARTINS, 2010).



$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{s_1^2}{N_1} + \frac{s_2^2}{N_2}}}, \quad (18)$$

que nos fornece $t = 1,85$ (Tab.2). O valor crítico para um nível de confiança de 99% (bicaudal) é de 2,62. Isso revela que as médias comparadas não apresentam diferenças significativas entre si (MORETTIN; BUSSAB, 2010; FONSECA; MARTINS, 2010). Em outras palavras, não podemos apontar disparidade entre as notas de ingresso dos aprovados para o curso de Técnico em Agropecuária (TA) e as notas de ingresso dos aprovados para o curso de Técnico em Meio Ambiente (TMA).

Tabela 2 – Médias de ingresso para os cursos técnicos integrados ao ensino médio de Agropecuária (TA) e Meio ambiente (TMA), juntamente com o desvio-padrão s e o número de estudantes aprovados N .

Amostras	\bar{x}	s	N
TA	26,4	2,8	52
TMA	25,7	3,2	52

Outro aspecto que podemos considerar é em relação à nota no teste de conhecimentos. Ela é muito diferente da média usualmente encontrada nas avaliações de física das turmas? Para avaliar essa questão, realizamos um teste t de Student com os dados (MORETTIN; BUSSAB, 2010; FONSECA; MARTINS, 2010). Se admitirmos que as médias obtidas pelas turmas na avaliação anterior à intervenção realizada é a média esperada nas avaliações de física das turmas, podemos verificar a compatibilidade entre o percentual de acertos do teste e as médias esperadas.

Assim, admitindo a hipótese nula H_0 como sendo a igualdade entre as médias obtidas no teste de conhecimentos \bar{x} e as médias esperadas μ , podemos calcular t a partir da expressão:

$$t = \frac{\bar{x} - \mu}{\frac{s}{\sqrt{N}}}, \quad (19)$$

que fornece o valor de t para cada uma das turmas. O procedimento não permite rejeitar a hipótese nula H_0 para as turmas experimentais TE1, TE2 e TE3. Contudo, a mesma hipótese é rejeitada para a turma de controle (Tab.3). Isso insere uma ponderação nos resultados obtidos. Dito de outra forma, não obtemos diferenças significativas entre as médias esperadas para as turmas experimentais (TE1, TE2 e TE3) e o número de acertos no teste de conhecimentos. Contudo, a média obtida pela turma de controle (TC) no teste de conhecimentos encontra-se bem abaixo da média esperada, considerando avaliações semelhantes para esses estudantes.



Tabela 3 - Teste t de Student para verificação da possível diferença entre a nota do teste de conhecimentos e a média de física esperada, para cada uma das turmas participantes.

Amostras	\bar{x}	s	N	μ	t	N.C.	$t_{\text{crítico}}$	H_0
TE1	4,3	1,9	23	4,6	-0,75724	99%	2,508	NÃO REJEITADA
TE2	4,1	1,9	24	5,0	-2,32057	99%	2,500	NÃO REJEITADA
TE3	4,7	2,1	26	4,0	1,699673	99%	2,485	NÃO REJEITADA
TC	2,4	2,1	26	5,0	-6,31307	99%	2,485	REJEITADA

4 INSTRUMENTOS DE MEDIAÇÃO UTILIZADO E POSSÍVEIS ADAPTAÇÕES

4.1 DISCUSSÃO DE PROBLEMAS E VIDEOANÁLISE COMO MEDIADORES

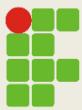
A sequência proposta utilizou a discussão de problemas juntamente com a investigação por videoanálise. Os problemas foram utilizados para guiar as discussões de aula. Já as videoanálise, VA1 e VA2, foram utilizadas para complementar a abordagem e debates ocorridos em sala de aula.

Observe que a videoanálise foi apresentada já elaborada pelo professor. Utilizamos o movimento de uma bicicleta e de sua roda dianteira, filmada a partir de dois referenciais distintos. Um deles é solidário ao solo, utilizado para explorar o MRU. O outro referencial é solidário à roda dianteira, sendo utilizado para discutir o MCU.

Os detalhes relativos às videoanálise VA1 e VA2 são apresentados na sequência. O professor pode, conforme achar conveniente, detalhar aspectos matemáticos do movimento em estudo. Por exemplo, podemos explorar o conceito de função afim e função harmônica, observando a evolução $s(t)$ no MRU e das coordenadas $x(t)$ e $y(t)$ no MCU. A própria videoanálise pode ser recomendada aos alunos, desde que o suporte adequado seja oferecido aos alunos, lembrando que a motivação inicial no presente trabalho foi discutir os tópicos elencados pela ementa.

4.2 VIDEOANÁLISE APRESENTADA DE FORMA COMPLEMENTAR AOS ALUNOS

A sequência proposta utilizou a discussão de problemas no contexto da ABP, exibindo das videoanálises aos alunos para discussão. O material pode ser acessado em <https://drive.google.com/open?id=0B-qkt17PHN0-UFA0MjZWVW1xTXM>.



4.2.1 Movimento da bicicleta modelado a partir do MRU

A primeira videoanálise (VA1) considerou uma bicicleta em movimento retilíneo, suposto uniforme. Inicialmente, foi escolhido um ponto fixo P na bicicleta, em relação a um referencial solidário ao solo (R1). Observe a figura seguinte (figura 8).

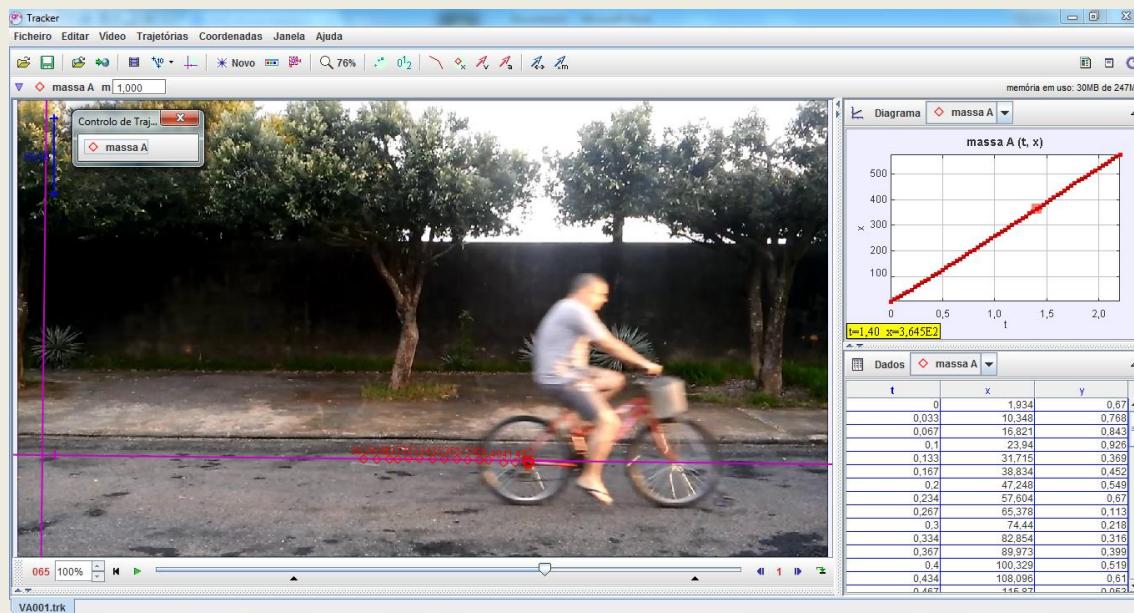


Figura 8 – Ponto P (em vermelho) fixo da bicicleta em movimento retilíneo, observado do referencial solidário ao solo R1.

Escolhido o ponto fixo P , podemos obter um conjunto de pares ordenados do tipo $P_i (s_i, t_i)$, onde $i = 0, 1, 2, 3, \dots, n$, com $n - 1$ representando o número de quadros do vídeo. A partir daí, é possível construir um gráfico da posição (s) em função do tempo (t) para estudarmos a evolução temporal $s(t)$. O ajuste linear dos pontos representados no gráfico s x t fornece a velocidade da bicicleta no trecho em estudo, identificada com o coeficiente angular da reta, segundo o modelo de MRU admitido (figura 9).

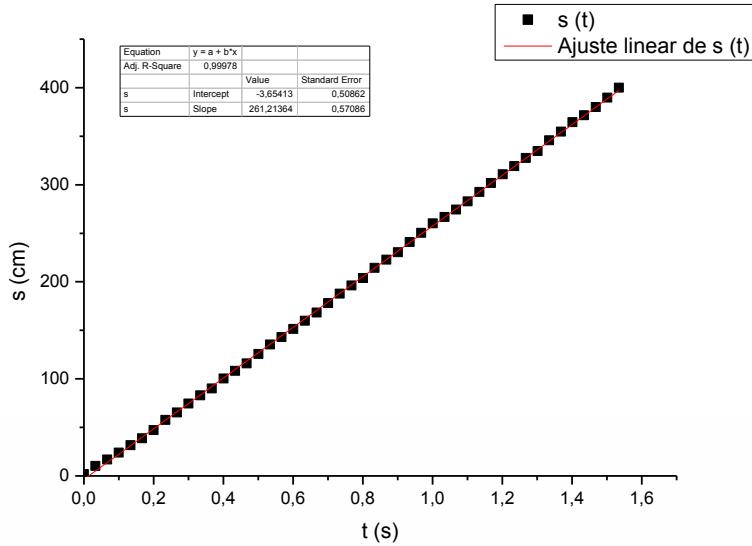


Figura 9 – Posições lineares e tempo para cada quadro do vídeo relativo ao movimento filmado a partir do referencial R1.

Os resultados relativos ao ponto P podem ser estendidos para a própria bicicleta, considerando que o conjunto de pontos P_q (sendo $q = 1, 2, 3, \dots$), que compõem a bicicleta, possuem distâncias relativas fixas. Dito em outras palavras, estudar o movimento do ponto P significa estudar, em média, o movimento da própria bicicleta.

Observe que a videoanálise discutida foi admitida dentro de um modelo de MRU. A análise de possíveis desvios em relação ao modelo admitido foge do escopo deste trabalho.

4.2.2 Movimento da roda dianteira modelado a partir do MCU

Já na segunda videoanálise (VA2), consideramos o movimento circular da roda dianteira da bicicleta, suposto uniforme. Devemos, inicialmente, escolher um ponto fixo Q da roda, em relação ao referencial solidário à mesma (R2), conforme revela a figura seguinte (figura 12). Os detalhes para o acoplamento do suporte e montagem da câmera que toma as imagens no referencial R2 estão apresentadas no apêndice C.

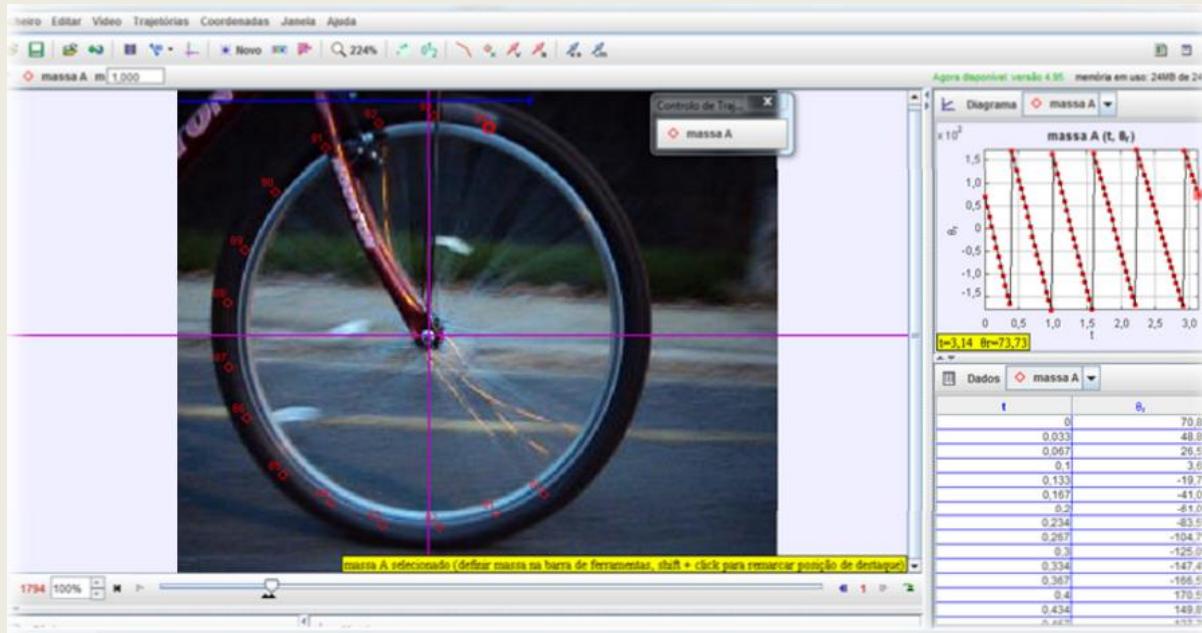
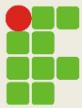


Figura 10 – Ponto Q (em vermelho) fixo da roda dianteira em movimento circular, observado do referencial solidário à mesma R2.

Uma vez escolhido o ponto fixo Q , podemos obter os valores de sua posição angular para cada quadro componente do vídeo. Obtemos, dessa forma, um conjunto de pares ordenados do tipo $Q_i(\varphi_i, t_i)$, com $i = 1, 2, 3, \dots, n$, sendo $n - 1$ o número total de quadros do vídeo. A partir daí, é possível construir um gráfico do tipo $\varphi \times t$, cujo ajuste linear nos fornece $\omega(t)$, identificada com o coeficiente angular da reta, no modelo de MCU considerado (figura 11).

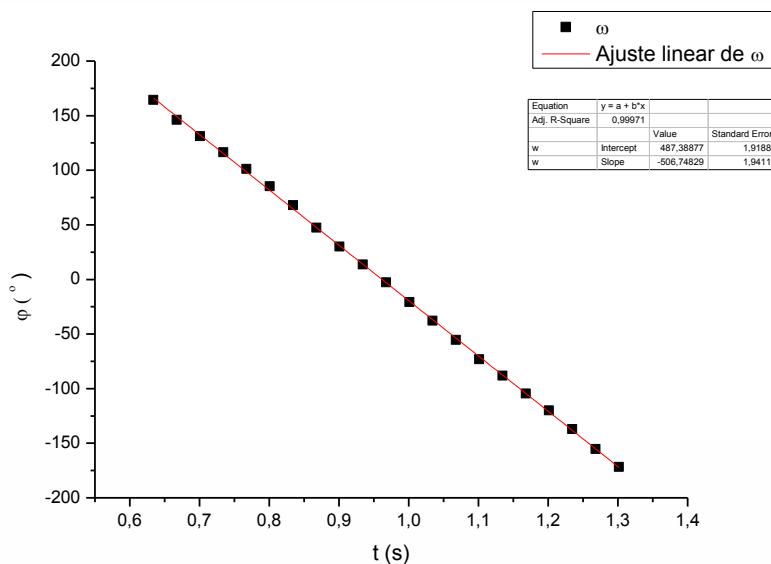
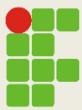


Figura 11 – Conjunto de pontos $Q_i(\varphi_i, t_i)$ para cada quadro do vídeo relativo a um ponto fixo da roda dianteira, filmado a partir do referencial R2.



Novamente, temos que os resultados relativos ao ponto Q podem ser estendidos para um conjunto de pontos Q_q (onde $q = 1, 2, 3, \dots$) da roda dianteira, estando os mesmos a uma distância R do eixo de rotação. Dito em outras palavras, estudar o movimento do ponto Q significa estudar o movimento dos pontos Q_q da roda dianteira à mesma distância R do centro. Para estudar pontos a diferentes distâncias do centro O da roda (ou seja, do centro da circunferência descrita pelo ponto em MCU), basta considerar outro ponto análogo ao Q acima (digamos U), e repetir toda a análise descrita, obtendo a cinemática dos pontos U_q , com distância $R' \neq R$ em relação ao centro O .

Observe que a videoanálise discutida foi admitida dentro de um modelo de MCU. A análise de possíveis desvios em relação ao modelo admitido foge do escopo deste trabalho.

4.2.3 Relação entre as velocidades linear e angular

Observe que podemos relacionar o módulo da velocidade linear v , obtida pelo ajuste linear dos pontos $P_i(s,t)$, com o módulo da velocidade angular ω , obtida através do ajuste linear dos pontos $Q_i(s,t)$. A relação pode ser expressa matematicamente por:

$$v = \omega R \quad (20)$$

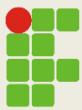
que nos fornece um diâmetro D igual a:

$$D = \frac{2v}{\omega}. \quad (21)$$

Em nossa videoanálise, a relação (21) fornece um diâmetro D de $59,1 \pm 0,3$ cm. Note que os erros relativos nas medidas de $v = 261,2 \pm 0,6$ cm/s e $\omega = 8,84 \pm 0,03$ rad/s são de 0,22% e 0,38%. O erro percentual obtido para o valor do diâmetro é menor que 5%, considerando a medição direta de 56,40 cm como referência.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A sequência didática permite discutir o MRU e MCU no contexto da aprendizagem ativa, utilizando a discussão conjunta de problemas, motivados pela investigação por meio das técnicas de videoanálise. A relação ensino-aprendizagem foi mediada através da apresentação de situações-problemas, construídas a partir de vídeos (de curta duração) de fenômenos reais, tratados a partir das técnicas de videoanálise. Os resultados permitem mapear possíveis dificuldades encontradas pelos estudantes, ao longo de suas investigações e leituras individuais. Por outro lado, a discussão conjunta auxilia o educando a trabalhar sua capacidade de argumentação no diálogo com seus pares.

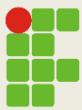


Por outro lado, o desempenho das turmas experimentais em um teste de conhecimentos foi melhor do que o desempenho da turma de controle. O aproveitamento nesse exame tradicional revelou uma média bem maior para as turmas experimentais, de $4,3 \pm 0,4$, $4,1 \pm 0,4$ e $4,7 \pm 0,4$, quando comparadas ao valor de $2,4 \pm 0,3$, obtida pela turma de controle. Contudo, devemos ter cuidado ao tentar relacionar diretamente o efeito da intervenção didática à diferença observada nas médias do teste. O percentual de acertos apresentado pela turma de controle foi abaixo da média esperada para a turma, considerando a avaliação de física anterior. Esse fato deve ser destacado para evitar apontamentos equivocados, não só neste trabalho, como em investigações futuras. Os dados não permitem garantir que a diferença detectada seja oriunda, unicamente, da intervenção didática.

Os resultados descritos permitem a utilização da metodologia em trabalhos futuros, sendo oportuna a formatação deste produto educacional. Detalhes referentes à implementação na rede federal, matemática do MRU e MCU utilizada e motivação geral do trabalho, podem ser conferidas no texto da dissertação.

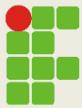
REFERÊNCIAS

- [1] SILVA, E.S. *Videoanálise em contextos colaborativos: uma sequência didática para o estudo simultâneo dos movimentos uniformes retilíneo e circular.* 116f. Dissertação de Mestrado (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências) – a Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2016.
- [2] BEICHNER, R. “The impact of video motion analysis on kinematic graph interpretation skills,” Am. J. Phys. 64, 1272–1277, 1996.
- [3] BROWN, D. COX. A.J. Innovative Uses of Video Analysis. The Physics Teacher, Vol. 47, March 2009.
- [4] DE JESUS, V.L.B. Experimentos e videoanálise – Dinâmica. 1^aed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2014.
- [5] ARAÚJO, Ulisses F. A quarta revolução educacional: a mudança de tempos, espaços e relações na escola a partir do uso de tecnologias e da inclusão social. *ETD: educação temática digital*, Campinas, v.12, 2011.
- [6] BONJORNO, J. R.; BONJORNO, R. F. S. A.; BONJORNO, V.; RAMOS, C. M. R.; PRADO, E. P., CASEMIRO, R. *Física: Mecânica. 1º ano.* 2.ed. São Paulo: FTD, 2013.
- [7] MORETTIN, P. A. e BUSSAB, W. de O. *Estatística Básica.* 6.ed. São Paulo: Saraiva, 2010.
- [8] FONSECA, J. S. e MARTINS, G. A. *Curso de estatística.* 6.ed. São Paulo: Atlas, 2010.
- [9] Site do aplicativo *Tracker*. Disponível em <<http://phsyslets.org/tracker>>. Acesso em: 25 de abr. 2015.



Apêndice A – Questões propostas nas aulas e problemas

Apresentamos abaixo as questões de aula e problemas. Optamos em apresentar os *slides* utilizados na sequência didática, em sua íntegra. Conforme destacado ao longo da dissertação, eles serviram para direcionar as discussões durante as aulas, apresentando as questões de sala e os problemas recomendados aos grupos, considerando a sequência estruturada para contextos colaborativos de aprendizagem.



Física I

Movimento Retilíneo Uniforme (MRU)

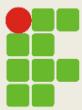
Professor: Erick dos Santos Silva

1º Bimestre de 2016

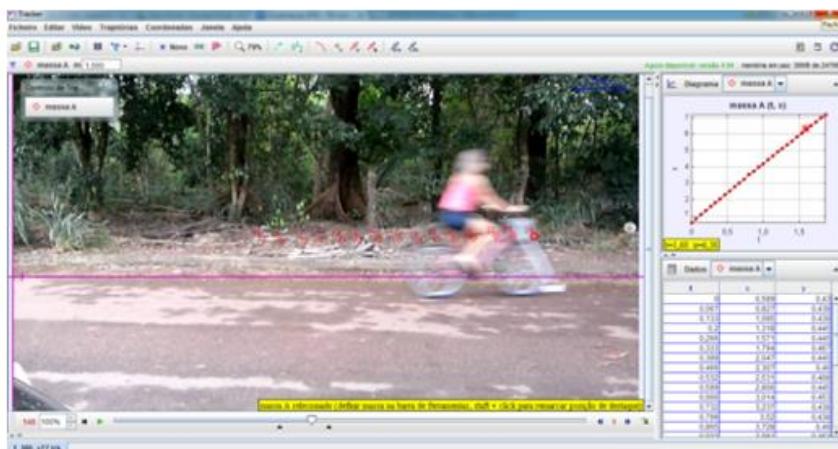
Cronograma

1. Movimento Retilíneo Uniforme (MRU).
2. Gráficos de $s \times t$, $v \times t$ e $a \times t$.
3. Equação horária da posição.

Aplicação: o movimento da bicicleta como um MRU.



Videoanálise do movimento de uma bicicleta



Videoanálise da bicicleta, considerando um modelo de MRU

Abrir a videoanálise...

Questão 01



Uma pessoa menciona que um corpo está em movimento retilíneo e uniforme.

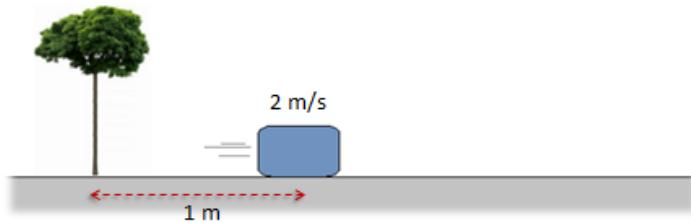
- O que está indicado pelo termo “retilíneo”?
- O que está indicado pelo termo “uniforme”?



Questão 02



Considere um objeto em MRU. Apresentamos abaixo uma foto instantânea do objeto, quando ele se encontra a 1m de uma árvore A.

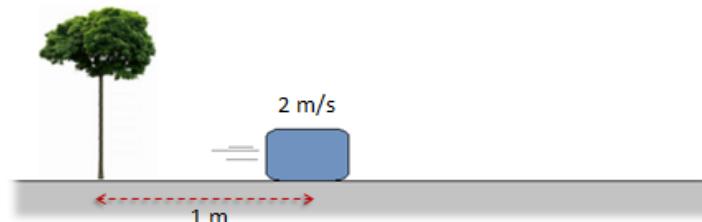


Podemos prever o comportamento futuro deste objeto? Justifique.

Questão 03

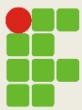


Considere um objeto em MRU. Apresentamos abaixo uma foto instantânea do objeto, quando ele se encontra a 1m de uma árvore A.



Obtenha a posição deste objeto, em relação à árvore:

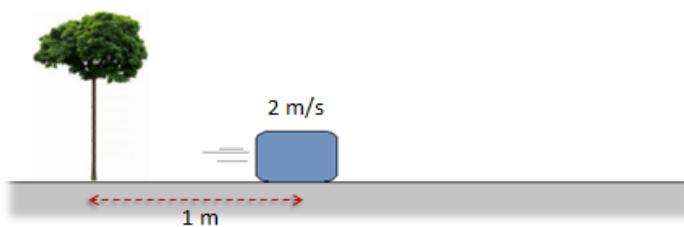
- a) após 10 s.
- b) após 20 s.
- c) após 1 min.



Questão 04



Considere um objeto em MRU. Apresentamos abaixo uma foto instantânea do objeto, quando ele se encontra a 1m de uma árvore A.



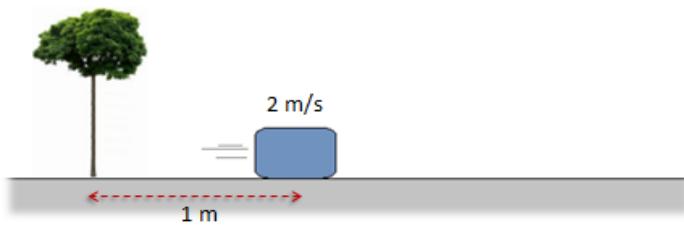
- Esboce o gráfico $v \times t$ para este móvel.
- O que representa a área do gráfico? Qual o seu valor?

Questão 05

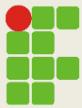
Dado: $3,6 \text{ km/h} = 1 \text{ m/s}$.



Considere um objeto em MRU. Apresentamos abaixo uma foto instantânea do objeto, quando ele se encontra a 1m de uma árvore A.



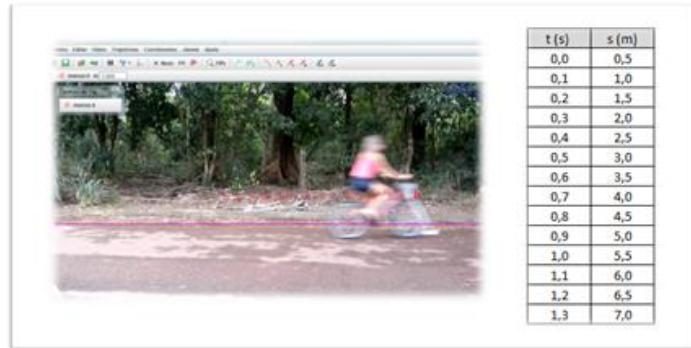
- A velocidade acima encontra-se no S.I. Qual seria esse valor em km/h?
- Indique um procedimento para a conversão da velocidade de m/s para km/h. Apresente pelo menos dois exemplos.



Problema - P1



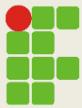
Considere o movimento da bicicleta abaixo, supondo um MRU.



- Obtenha a velocidade média da bicicleta no percurso (utilize a tabela).
- Esboce o gráfico $v \times t$.
- Esboce o gráfico $s \times t$.
- Existe aceleração, no MRU?

Próxima aula:

- Discussão do problema P1.
- Discussão complementar da videoanálises VA1.



Física I

Movimento Circular Uniforme (MCU)

Professor: Erick dos Santos Silva

1º Bimestre de 2016

Cronograma

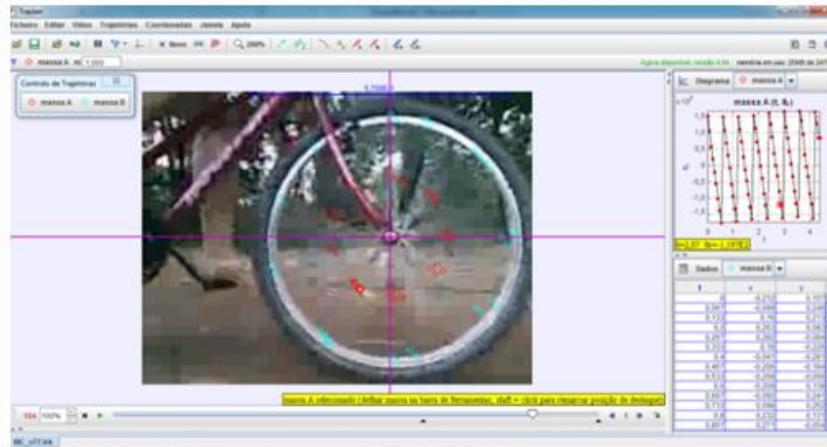
1. Movimento Circular Uniforme (MCU).
2. Gráficos de φ x t , ω x t e α x t .
3. Equações horárias.

Aplicação:

o movimento da roda dianteira da bicicleta como um MCU.



Videoanálise do movimento de uma bicicleta



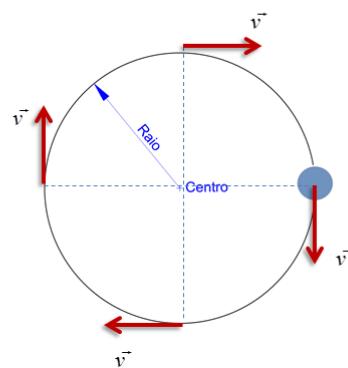
Videoanálise da roda dianteira, considerando um modelo de MRU

[Abrir a videoanálise...](#)

Questão 01

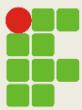


Um partícula encontra-se em MCU, conforme indica a figura abaixo.



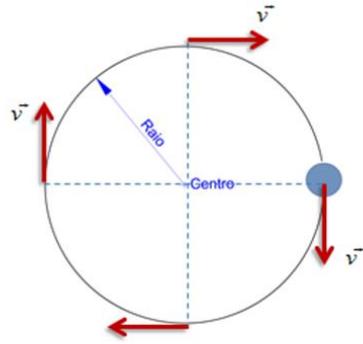
Rotação no sentido horário

- a) A velocidade é constante?
- b) A partícula possui aceleração?



Questão 02

Considere um objeto em MCU. Apresentamos abaixo uma foto instantânea do objeto, quando ele se encontra em uma trajetória circular de raio $0,20\text{ m}$. Sabe-se que o objeto completa 1 volta a cada 2s.



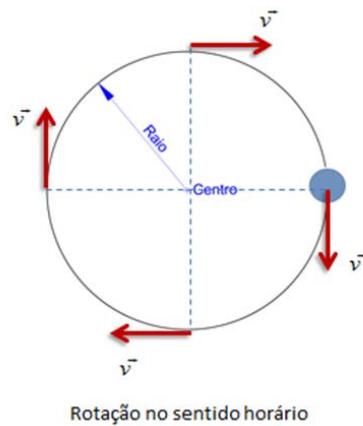
Obtenha a posição deste objeto:

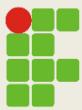
- a) Após 1 s.
- b) Após 1,5 s.
- c) Após 2 s.

Questão 03

Considere um objeto em MCU. Apresentamos abaixo uma foto instantânea do objeto, quando ele se encontra em uma trajetória circular de raio a $0,20\text{ cm}$. Sabe-se que o objeto completa 1 volta a cada 2s.

- a) Determine o período e a frequência do movimento.
- b) O espaço angular percorrido em um período e a velocidade angular.
- c) Podemos obter a velocidade linear?
Justifique.
- d) Podemos obter a aceleração centrípeta?
Justifique.

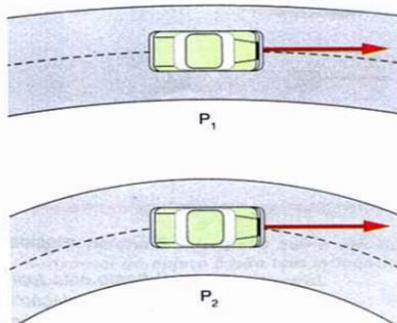




Questão 04



Dois carros se deslocam com a mesma velocidade linear nas pistas P_1 e P_2 .



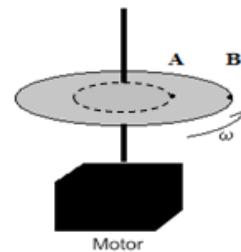
Máximo, A; ALVARENGA, B., 2006.

- Qual das pistas tem maior raio?
- Para qual dos carros a aceleração centrípeta é maior? Justifique.

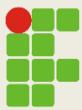
Questão 05



A figura abaixo revela a rotação uniforme de um disco mantida por um motor M. Dois pontos A e B são indicados, um mais interno e outro mais externo.



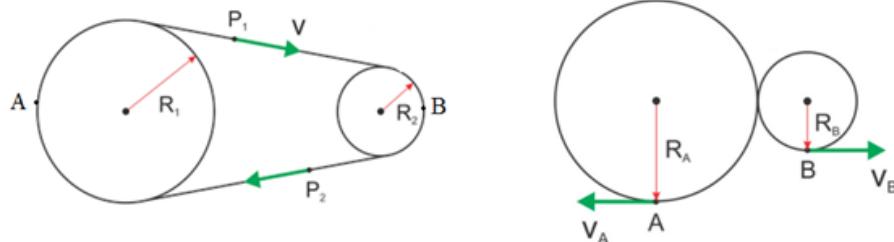
- Podemos dizer que os pontos A e B possuem mesma v ?
- Podemos dizer que os pontos A e B possuem mesma ω ?



Questão 06



Abaixo temos a transmissão de MCU por corrente e por contato.



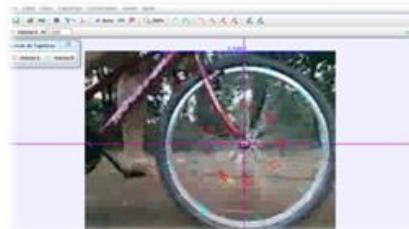
Podemos dizer que os pontos A e B do disco possuem:

- a) mesma velocidade linear v ?
- b) Mesma velocidade angular ω ?

Problema - P2

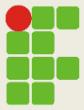


Considere o movimento da roda dianteira da bicicleta, supondo um MCU de raio $R=28$ cm e período de 0,35 s.



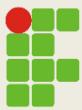
t (s)	ϕ (rad)
0,00	0,00
0,10	1,57
0,20	3,14
0,30	4,71
0,35	6,28

- a) Esboce o gráfico de ϕ x t e ω x t .
- b) Como podemos obter a velocidade angular média da roda no percurso?
- c) Explique o papel dos pedais e corrente.
- d) Existe aceleração, no MCU?



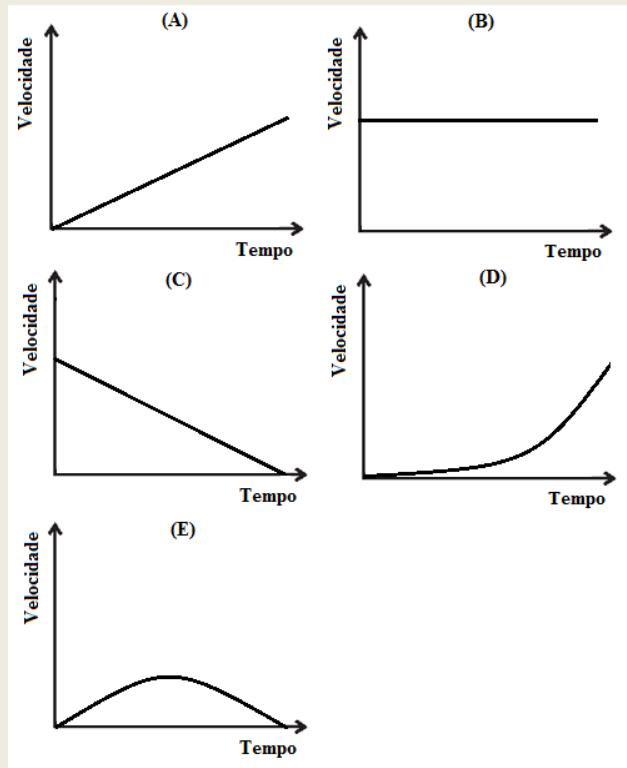
Próxima aula:

- Discussão do problema P2.
- Discussão complementar da videoanálise VA2.

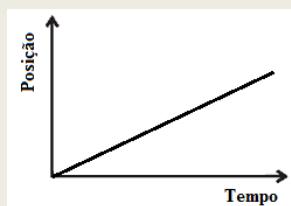


Apêndice B – Teste de conhecimentos

Questão 01 (Adaptada de BEICHNER, 1994) – Gráficos de velocidade *versus* tempo para cinco objetos são mostrados abaixo. Todos os eixos têm a mesma escala. Qual objeto apresenta maior variação da posição durante o intervalo?



Questão 02 (Adaptada de BEICHNER, 1994) – Abaixo está o gráfico do movimento de um objeto.

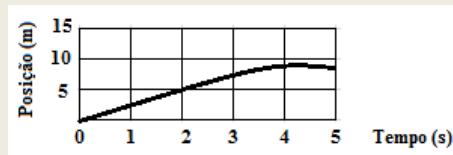


Qual das sentenças abaixo melhor interpreta este gráfico?

- a) O objeto está se movendo com aceleração constante, diferente de zero.
- b) O objeto não está se movendo.
- c) O objeto está se movendo com velocidade uniformemente crescente.
- d) O objeto está se movendo com velocidade constante.
- e) O objeto está se movendo com aceleração uniformemente crescente.



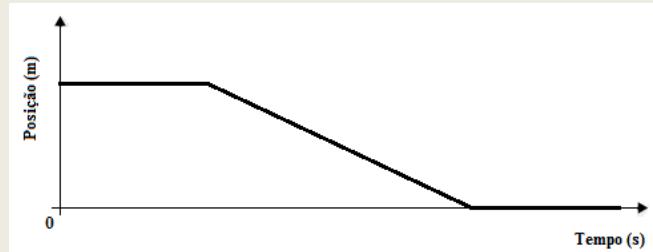
Questão 03 (Adaptada de BEICHNER, 1994) – Observe o gráfico abaixo.



A velocidade no tempo $t=2$ s 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

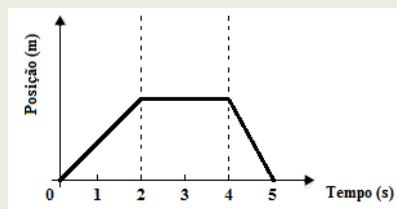
Questão 04 (Adaptada de BEICHNER, 1994) – Abaixo vemos o gráfico relativo ao movimento de um objeto.



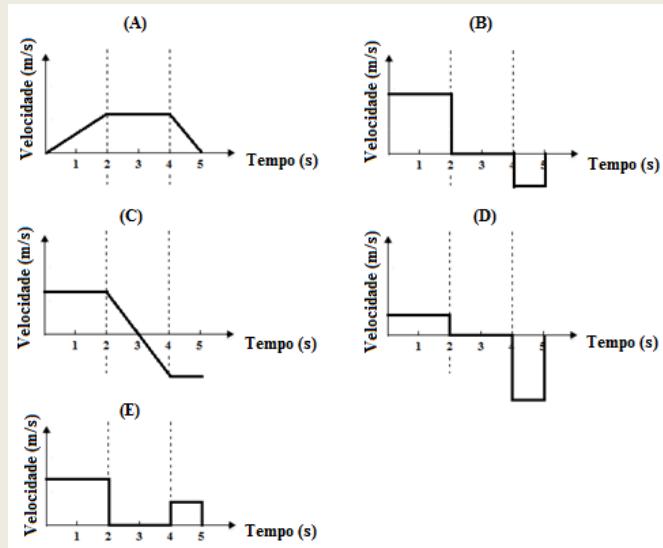
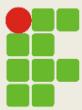
Qual das sentenças a seguir é uma interpretação correta deste gráfico?

- a) O objeto rola ao longo de uma superfície plana. Depois ele rola descendo uma montanha e finalmente para.
- b) O objeto não se move inicialmente. Depois ele rola descendo uma montanha e finalmente para.
- c) O objeto está se movendo com velocidade constante. Depois diminui a velocidade e para.
- d) O objeto não se move inicialmente. Depois se move para trás e finalmente para.
- e) O objeto se move ao longo de uma área plana, depois se move para trás descendo a montanha e então continua se movendo.

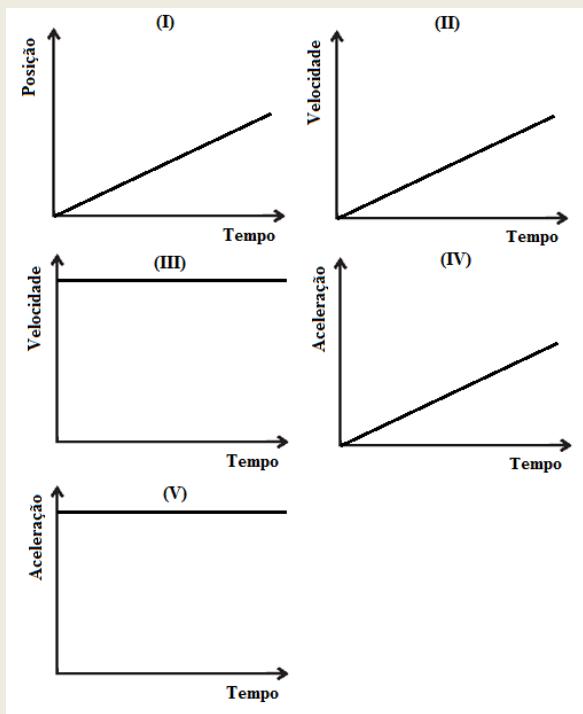
Questão 05 (Adaptada de BEICHNER, 1994) – A seguir vemos o gráfico de posição-tempo para um objeto em um intervalo de tempo igual a 5 segundos.



Qual dos seguintes gráficos de velocidade *versus* tempo representaria melhor o movimento do objeto, durante o mesmo intervalo de tempo acima?

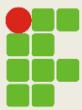


Questão 06 (Adaptada de BEICHNER, 1994) – Considere os seguintes gráficos, notando os diferentes eixos:

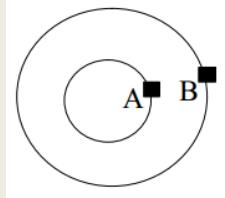


Qual desses gráficos representa um movimento com velocidade constante?

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



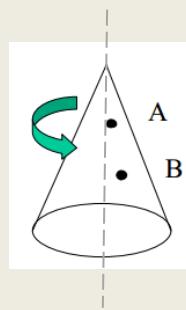
Questão 07 (Adaptada de SILVA, 1990) – Dois móveis A e B percorrem pistas concêntricas, sempre lado a lado.



Podemos dizer que:

- a) a velocidade linear de A é igual a de B.
- b) a velocidade linear de A é maior do que a de B.
- c) a velocidade linear de A é menor do que a de B.

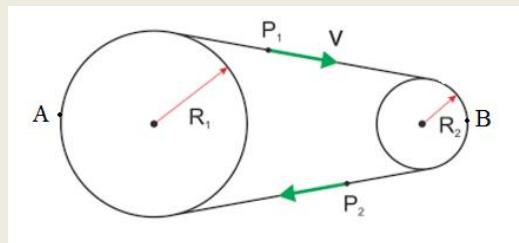
Questão 08 (Adaptada de SILVA, 1990) – Considere um cone, girando em torno do seu eixo de simetria. Dois pontos A e B, na superfície deste cone, são indicados.



Podemos dizer que:

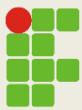
- a) a velocidade linear de A é igual a de B.
- b) a velocidade linear de A é maior do que a de B.
- c) a velocidade linear de A é menor do que a de B.

Questão 09 (Adaptada de SILVA, 1990) – Sabemos que a transmissão do movimento circular, de uma polia para outra, pode ser realizada por meio de uma corrente. Observe a figura indicando dois pontos A e B.

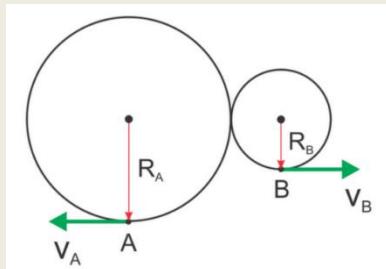


Podemos dizer que:

- a) a velocidade linear de A é igual a de B.
- b) a velocidade linear de A é maior do que a de B.
- c) a velocidade linear de A é menor do que a de B.



Questão 10 (Adaptada de SILVA, 1990) – Sabemos que a transmissão do movimento circular, de uma polia para outra, pode ser realizada por meio do contato entre as polias. Observe a figura indicando dois pontos A e B.



Podemos dizer que:

- a) a velocidade linear de A é igual a de B.
- b) a velocidade linear de A é maior do que a de B.
- c) a velocidade linear de A é menor do que a de B.

GABARITO

1. B
2. D
3. C
4. D
5. D
6. B
7. C
8. C
9. A
10. A



Apêndice C – Acoplamento do suporte à bicicleta

A filmagem realizada a partir do referencial solidário ao eixo da roda foi obtida considerando uma montagem utilizando os seguintes materiais: (1) suporte de celular (também conhecido como “bastão de *selfie*”), (2) câmera para filmagem, (3) arame inox e (4) fita adesiva. O procedimento de montagem pode ser sintetizado da seguinte forma:

1. Acoplar o bastão de *selfie* ao suporte da cesta, com auxílio do arame (Fig.11).
2. Posicionar a câmera no bastão de selfie e verificar se o ângulo visual está correto.
3. Utilizar os arames de suporte para manter o ângulo visual correto (Fig.12 e Fig.13).
4. Cortar os excessos de arame e passar a fita adesiva nas extremidades para evitar acidentes.



Figura 11 – Materiais utilizados e esquema de acoplamento do bastão de *selfie*.

Outras montagens foram testadas. O principal fator avaliado foi a oscilação da câmera quando a bicICLETA passava pelo trecho retilíneo demarcado. A montagem apresentada foi a que gerou os vídeos mais estáveis em relação ao fator testado.



Figura 12 – Acoplamento do bastão de *selfie* no garfo da bicicleta utilizando o arame inox.

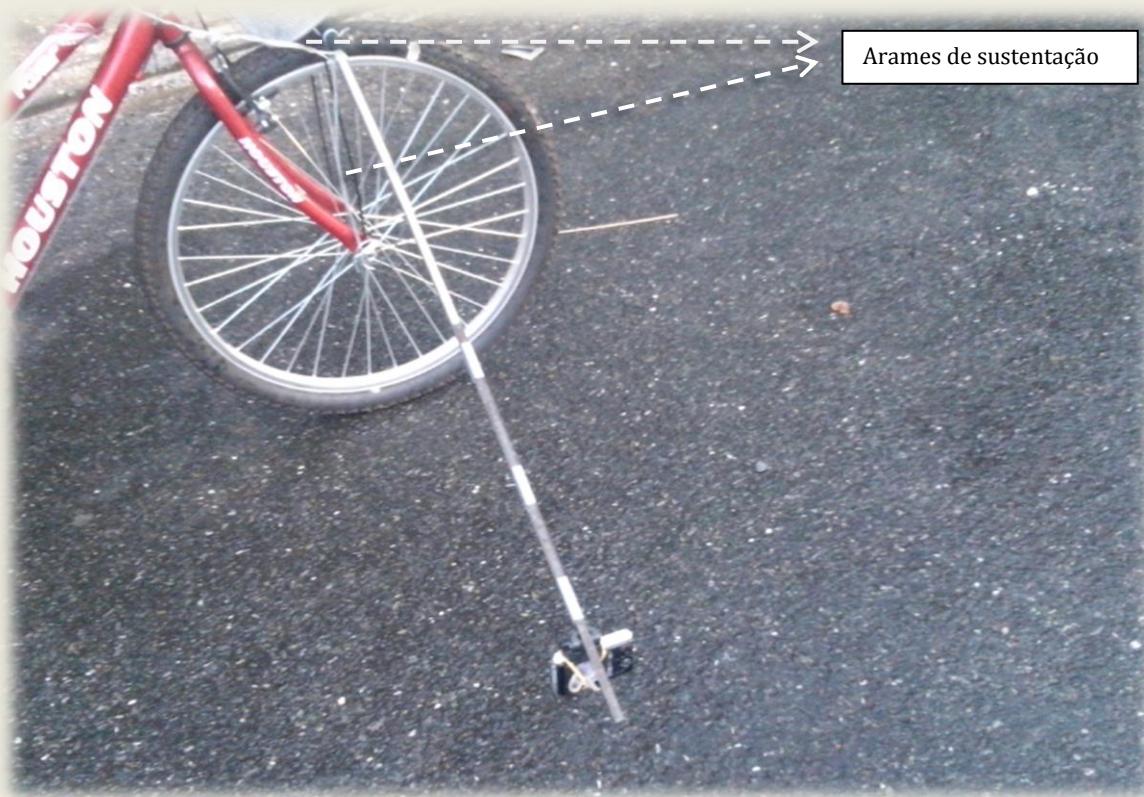


Figura 13 – Bastão de *selfie* preparado para as filmagens.

