

Uma vez em movimento, um corpo pode descrever trajetórias regulares ou irregulares, retilíneas ou em forma de curvas, pode manter a velocidade constante ou variar.

Neste tema, você vai estudar como identificar alguns tipos de movimento.

## ? O QUE VOCÊ JÁ SABE?

Enquanto pedala sua bicicleta, uma pessoa faz uma série de movimentos. Reflita sobre a situação e responda às seguintes questões:

- O movimento do pedal durante as pedaladas é retilíneo ou circular?
- E o movimento da bicicleta, é circular ou retilíneo?
- O movimento da bicicleta pode ser acelerado?
- O que acontece com a velocidade da bicicleta se o ciclista está andando num local plano e começa a pedalar com mais força?
- Qual é a trajetória descrita pelo pedal durante um movimento no qual o ciclista pedala e vai para a frente?



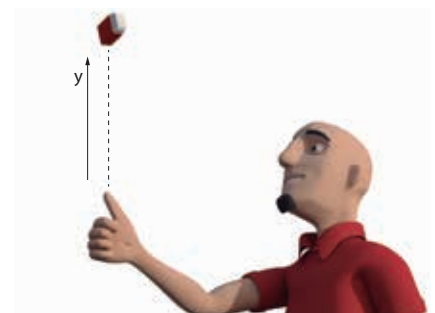
Em seu caderno, faça as anotações em relação às questões, e depois de estudar o tema, releia seus apontamentos e pense se você alteraria suas respostas.

## 📖 Tipos de movimento

Embora os movimentos sejam muito variados, eles são classificados quanto ao tipo de trajetória ou em relação ao que acontece com sua velocidade.

Em relação à trajetória, os movimentos podem ser:

- **retilíneos**, quando os corpos descrevem trajetórias retas em relação a um referencial, como a de um objeto lançado verticalmente para cima em relação a um ponto fixo no solo;



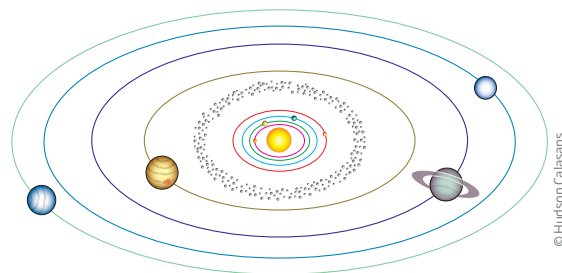
Trajетória retilínea.

- **curvilíneos**, como a trajetória dos planetas em sua órbita em torno do Sol (trajetória elíptica) ou de uma roda-gigante (trajetória circular).

Com relação à velocidade, os movimentos podem ser:

- **uniformes**, quando o valor da velocidade é constante (a aceleração é nula), como os ponteiros de um relógio ou a luz se deslocando em um meio homogêneo;
- **variados**, quando o valor da velocidade muda ao longo do tempo (a aceleração é diferente de zero), como a de um objeto lançado para cima por uma pessoa na superfície da Terra.

Com base neste último exemplo, percebe-se que é possível classificar os movimentos quanto a sua trajetória e a sua velocidade, ao mesmo tempo. O movimento de um corpo lançado verticalmente para cima, na Terra, é retilíneo e variado (em relação à superfície da Terra), já que sua velocidade vai diminuindo à medida que ele sobe e aumentando conforme desce (cai).



Trajetoória curvilínea.

## ATIVIDADE 1 Classificando movimentos

O movimento é algo bastante comum no cotidiano. Procure observar ou se lembrar de movimentos do seu dia a dia e dê pelo menos dois exemplos dos seguintes tipos de movimento:

a) Movimentos retilíneos

---

---

b) Movimentos curvilíneos

---

---

c) Movimentos uniformes

---

---

d) Movimentos variados

---

---



## Movimento retilíneo uniforme (MRU)

O **movimento retilíneo uniforme** é o mais simples de ser descrito, justamente por ser realizado em **linha reta** e apresentar **velocidade constante**. Nesse tipo de movimento, a velocidade é a mesma em qualquer instante e, portanto, terá sempre valor igual ao da velocidade média.

No MRU, a variação de espaço é diretamente proporcional ao tempo utilizado para o corpo se movimentar. Ou seja, ao andar o dobro do tempo, percorre-se o dobro da distância. Ao andar o triplo do tempo, percorre-se o triplo da distância, e assim por diante.

Por exemplo, uma pessoa andando devagar desenvolve uma velocidade média de 1 m/s. Isso quer dizer que, em 1 min, ela anda 60 m e sua velocidade pode ser escrita como 60 m/min. Em 2 min, andará 120 m. Em 3 min, andará 180 m. Em 4 min, andará 240 m, e assim por diante.

Na linguagem matemática, pode-se escrever uma equação que descreve esse movimento, chamada **equação horária**, da seguinte forma:

$$\Delta S = v \cdot \Delta t$$

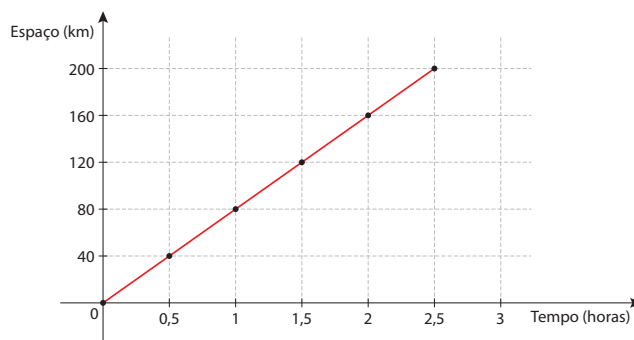
$\Delta S$ : variação de espaço;  
 $v$ : velocidade (neste caso, constante);  
 $\Delta t$ : intervalo de tempo gasto nesse movimento.

No exemplo anterior, de uma pessoa em movimento, poderia se escrever que  $S = 60 \cdot t$ . Assim, se o tempo for 1 minuto, a posição da pessoa será  $60 \cdot 1 = 60$  m; se  $t = 2$  min, a posição será  $60 \cdot 2 = 120$  m, e assim por diante.

Observe a tabela a seguir, que apresenta a posição e os horários de passagem, a cada 40 km, de um ônibus durante seu percurso entre duas cidades. Imagine que a estrada entre elas é reta. Repare que a cada meia hora ele percorre 40 km, ou seja, a cada hora ele percorre 80 km. Então, sua velocidade média é constante, de 80 km/h.

Posição (km)	Tempo (horas)
0	0,0
40	0,5
80	1,0
120	1,5
160	2,0
200	2,5

Esse mesmo movimento pode ser descrito por um gráfico, como o mostrado na figura ao lado. Note que o gráfico da posição em função do tempo, nesse caso, é uma reta, o que é característico de grandezas diretamente proporcionais.

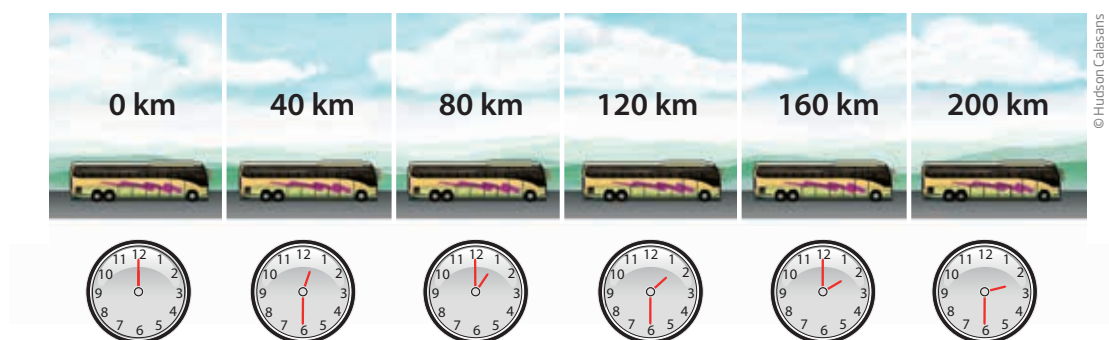


© Sidnei Moura

Além da tabela e do gráfico, pode-se descrever o MRU utilizando uma equação, a equação horária, como foi escrita anteriormente. Ela ficaria assim:

$$\Delta S = v \cdot \Delta t \Rightarrow \Delta S = 80 \cdot \Delta t$$

O MRU pode ainda ser representado por um desenho:



© Hudson Calasans

Ou mesmo por meio de uma historinha: um ônibus saiu de uma cidade e percorreu 200 km com velocidade constante. Em meia hora, percorreu 40 km. Depois de uma hora, percorreu 80 km. Após uma hora e meia, ele viajou 120 km. Quando andou 2 horas, percorreu 160 km e, finalmente, ao completar a viagem, com 200 km, gastou duas horas e meia.

## ATIVIDADE 2 Descrevendo movimentos

**1** Compare as cinco maneiras apresentadas para descrever o movimento: narrativa (“historinha”), imagem, equação, gráfico e tabela. Em seu caderno, responda qual delas você achou mais fácil de entender? Qual delas é a mais sintética?

**2** A tabela a seguir mostra como variou a posição de uma formiga num percurso retilíneo, do formigueiro até uma árvore, onde ela foi buscar pedaços de folha.

S (cm)	0	8	12	20	40	56
t (s)	0	10	15	25	50	70

- a) Qual é a variação de espaço entre o instante 0 s e o instante 10 s?
- b) Qual é, então, a velocidade média da formiga nesse intervalo de tempo?
- c) Determine a velocidade média da formiga entre os instantes 10 s e 15 s, 15 s e 25 s, 25 s e 50 s, e 50 s e 70 s.
- d) Esse movimento pode ser considerado uniforme? Justifique.
- 
- 
- e) Construa o gráfico do espaço em função do tempo e verifique se é linear (uma linha reta), característica do MRU.



## Movimento uniformemente variado (MUV)

A maioria dos movimentos tem velocidade variável. Uma pessoa em repouso, por exemplo, tem velocidade nula em relação ao chão, ou seja, sua velocidade é igual a zero ( $v = 0$ ). Se ela começa a se deslocar, sua velocidade deixa de ser nula e vai adquirindo valores crescentes, até se estabilizar. Em seguida, se a pessoa resolve parar, sua velocidade diminui até chegar a zero. Ao andar na rua ou mesmo em casa, é muito comum que a frequência ou o tamanho dos passos sejam modificados, apresentando diferentes valores de velocidade ou direções diferentes. Em todos esses casos, no qual a velocidade muda, o movimento é chamado de variado.

### Movimento retilíneo uniformemente variado (MRUV)

Um caso particular de movimento variado é aquele no qual a variação da velocidade é constante. A tabela 1 mostra os valores da velocidade de uma bola que cai do terraço de um prédio, a partir de uma altura de 125 m.

Note que a ação da gravidade faz a bola cair, sempre aumentando sua velocidade de 10 m/s em 10 m/s, a cada segundo, até alcançar o solo. Sua velocidade está variando de maneira uniforme, com aceleração constante de  $10 \text{ m/s}^2$ . Esse tipo de movimento, no qual um corpo se desloca em linha reta e a velocidade varia de maneira uniforme, é chamado de **movimento retilíneo uniformemente variado** e tem como característica o fato de **a trajetória ser uma reta e a aceleração ser constante**. Nesse caso, o movimento é acelerado, pois a velocidade está aumentando, e também pode ser chamado de **movimento retilíneo uniformemente acelerado**.

Tabela 1

t (s)	v (m/s)
0	0
1	10
2	20
3	30
4	40
5	50

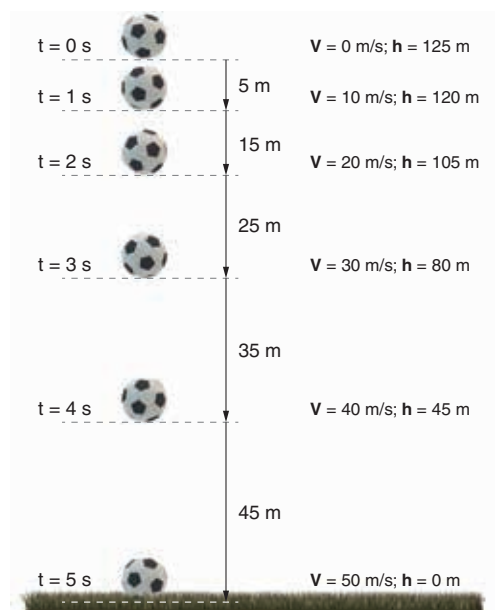
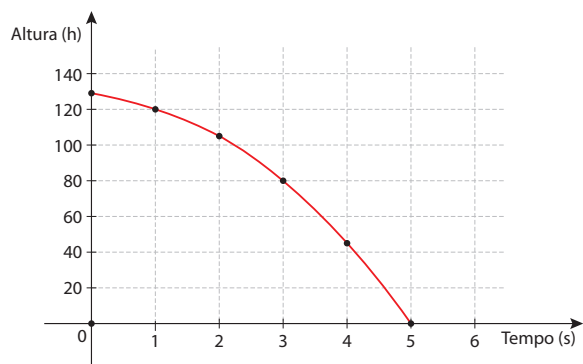
Tabela 2

t (s)	S (m)
0	0
1	5
2	20
3	45
4	80
5	125

Como a velocidade aumenta, o corpo anda cada vez mais rápido. Então, **a distância que ele percorre em intervalos de tempo iguais vai sempre aumentando**. A tabela 2 mostra a distância percorrida pela bola, a partir do instante em que ela começa a cair. Nela, é possível perceber que, a cada segundo de queda, a bola percorre distâncias cada vez maiores. No primeiro segundo, ela percorre 5 m, mas, no seguinte, ela percorre mais 15 m; no terceiro, 25 m; no quarto, 35 m; no quinto, 45 m, totalizando os 125 m.

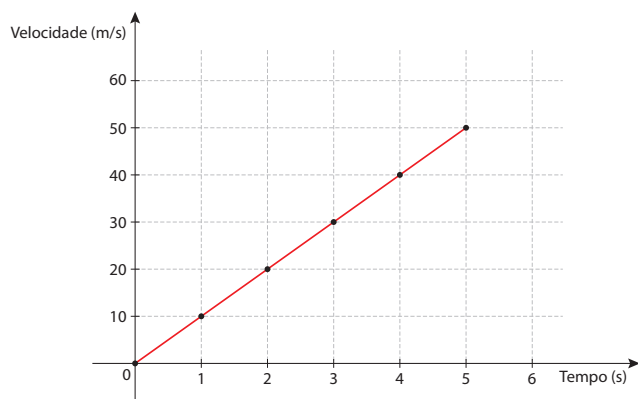
A figura ao lado e o gráfico a seguir ilustram essa situação, do espaço percorrido (pela bola) em função do tempo. Perceba como, para essa situação, o espaço está representado pela altura (h).

**Trajétória da bola: espaço × tempo**

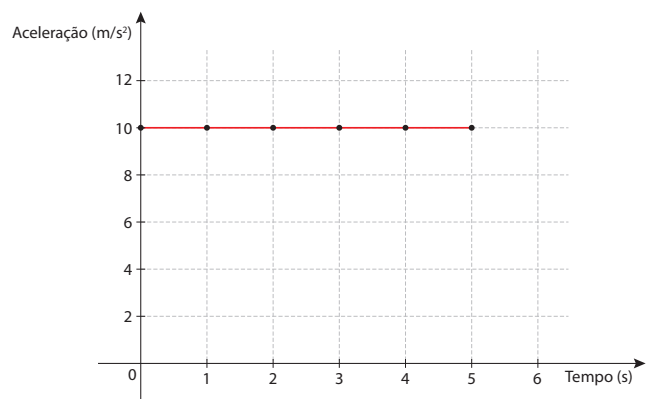


Note que, durante a descida, a bola realiza uma variação de espaço de 125 m em 5 s, o que lhe confere uma velocidade média de 25 m/s. Isso deixa claro que, quando o movimento é acelerado, a velocidade média não é a informação mais adequada para avaliar o que aconteceu, já que a velocidade instantânea variou ao longo do trajeto. Essa variação da velocidade pode ser descrita pelo gráfico da velocidade em função do tempo, como é mostrado a seguir.

**Trajétória da bola: velocidade × tempo**



**Trajétória da bola: aceleração × tempo**



A aceleração é constante. Então, mesmo que o tempo varie, a aceleração permanece constante, como mostra o gráfico acima.

A variação da velocidade também pode ser constante quando ela diminui. Nesse caso, se a trajetória for retilínea, tem-se um **movimento retilíneo uniformemente retardado**. É o que acontece quando um carro freia devagar ou quando um objeto é jogado para cima, num movimento conhecido como lançamento vertical – enquanto o objeto sobe, sua velocidade vai diminuindo até o ponto mais alto, quando para de subir e começa a cair.

### ATIVIDADE 3 Analisando um MRUV

**1** A figura ao lado ilustra um movimento retilíneo uniformemente variado, no qual uma bola é lançada verticalmente para cima, a partir do solo, com velocidade inicial de 50 m/s.

Compare essa representação da bola subindo com a anterior, da bola caindo, e responda:

a) Que semelhanças você consegue identificar entre elas?

---



---



---

b) Quais diferenças você consegue perceber entre elas?

---



---

c) Qual é a variação de espaço (altura) percorrida pela bola durante a subida?

---



---

d) Qual é a velocidade média da bola durante a subida?

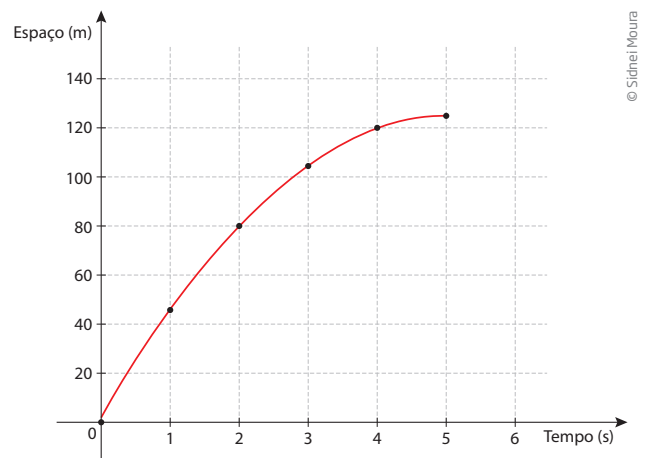
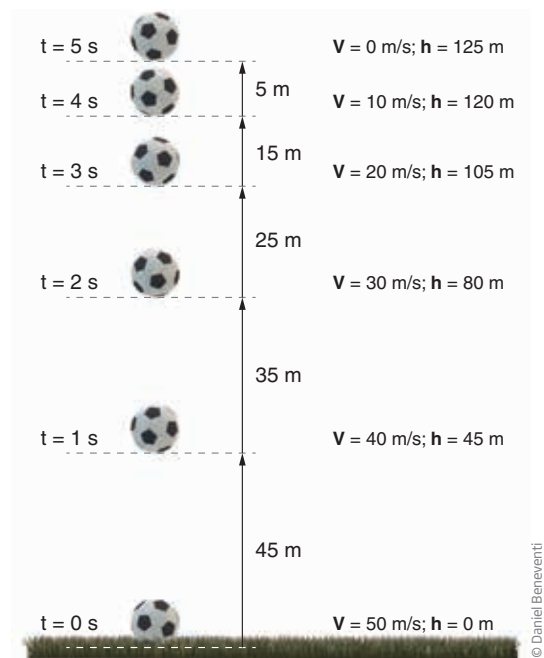
---



---

**2** O gráfico ao lado representa os espaços ocupados pela bola (altura da bola) em função do tempo. Observe-o e responda:

a) Qual é a variação de espaço entre os instantes 0 s e 2 s?





b) Qual é a velocidade média da bola entre os instantes 0 s e 2 s?

c) Qual é a variação de espaço entre os instantes 2 s e 4 s?

d) Qual é a velocidade média da bola entre os instantes 2 s e 4 s?

e) A velocidade média aumentou ou diminuiu? O movimento é acelerado ou retardado?

3 O gráfico a seguir mostra como variou a velocidade da bola durante a subida.

a) Qual é o valor da velocidade nos instantes 2 s e 4 s?

---

---

---

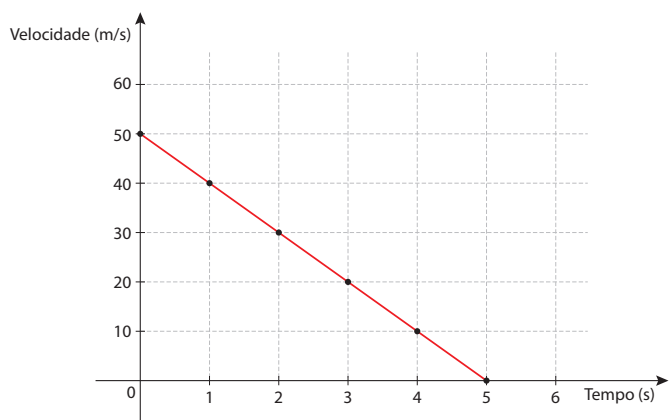
b) Por que esses valores são diferentes da velocidade média calculada na questão 2?

---

---

---

---





## DESAFIO

**1** Leia com atenção a tira da Turma da Mônica mostrada abaixo e analise as afirmativas que se seguem, considerando os princípios da Mecânica Clássica.



- I. Cascão encontra-se em movimento em relação ao skate e também em relação ao amigo Cebolinha.
- II. Cascão encontra-se em repouso em relação ao skate, mas em movimento em relação ao amigo Cebolinha.
- III. Em relação a um referencial fixo fora da Terra, Cascão jamais pode estar em repouso.

Estão corretas:

- a) apenas I.
- b) I e II.
- c) I e III.
- d) II e III.
- e) I, II e III.

Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (PUC-SP), 2002. Disponível em: [http://www.curso-objetivo.br/vestibular/resolucao\\_comentada/pucsp/2002/1dia/PUCSP2002\\_1dia.pdf](http://www.curso-objetivo.br/vestibular/resolucao_comentada/pucsp/2002/1dia/PUCSP2002_1dia.pdf). Acesso em: 14 jan. 2015.  
Imagem © Maurício de Souza Editora LTDA.

**2** O fabricante informa que um carro, partindo do repouso, atinge 100 km/h em 10 segundos. A melhor estimativa para o valor da aceleração nesse intervalo de tempo, em  $\text{m/s}^2$ , é:

- a)  $3,0 \cdot 10^{-3}$ .
- b) 2,8.
- c) 3,6.
- d) 9,8.
- e) 10.

Unesp 2006, 2ª semestre. Disponível em: [http://www.curso-objetivo.br/vestibular/resolucao\\_comentada/unesp/2006\\_2/1dia/UNESP2006\\_2\\_1dia\\_prova.pdf](http://www.curso-objetivo.br/vestibular/resolucao_comentada/unesp/2006_2/1dia/UNESP2006_2_1dia_prova.pdf). Acesso em: 14 jan. 2015.

## HORA DA CHECAGEM

### Atividade 1 - Classificando movimentos

Há muitos exemplos de movimento que podem ser utilizados, dependendo da trajetória cultural. Alguns exemplos seriam:

- a) Um automóvel deslocando-se num trecho de estrada reto, uma pessoa andando em linha reta, um trem num trilho retilíneo, um objeto abandonado de determinada altura em relação ao solo (como um tijolo que cai de uma obra), um feixe de luz emitido por uma lanterna etc.
- b) Uma bola de basquete lançada ao cesto, uma bola de vôlei após o saque ou de futebol chutada com efeito para o gol, o movimento dos ponteiros do relógio, atletas numa corrida de 400 metros numa pista de atletismo etc.
- c) Um carro numa estrada com velocidade constante, o avião quando atinge velocidade de cruzeiro, o movimento dos ponteiros de um relógio, a rotação da Terra em torno do Sol, o tambor de uma betoneira etc.

d) É o mais comum: os movimentos de uma pessoa, animal, carro, ônibus, qualquer corpo que começa ou para de se movimentar, carros numa corrida de fórmula 1 etc.

### Atividade 2 - Descrevendo movimentos

1 Resposta pessoal. A linguagem matemática é mais sintética. A equação (fórmula), por exemplo, informa tudo o que as outras formas de descrever dizem, porém com apenas cinco símbolos ( $\Delta$ ,  $S$ ,  $=$ ,  $v$ ,  $t$ ). Porém, justamente por isso, é mais abstrata e precisa ser interpretada.

2

a)  $\Delta S = 8 \text{ cm}$

b)  $v_{0-10} = \frac{8}{10} = 0,8 \text{ cm/s}$

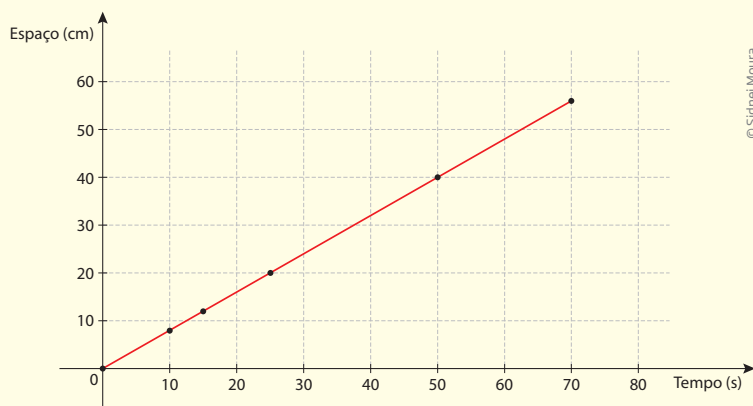
c)  $v_{10-15} = \frac{4}{5} = 0,8 \text{ cm/s}$

$v_{15-25} = \frac{8}{10} = 0,8 \text{ cm/s}$

$v = 0,8 \text{ cm/s}$  em todos os intervalos considerados, inclusive entre os instantes 25 s e 50 s, e 50 s e 70 s.

d) Sim, pois a velocidade é constante em qualquer instante.

e) Sim, trata-se de um gráfico linear, como se pode observar ao lado.



### Atividade 3 - Analisando um MRUV

1

a) Pode-se perceber que as distâncias percorridas pela bola são as mesmas na subida e na descida, nos intervalos de tempo considerados, assim como as velocidades, porém em sentido contrário.

b) Enquanto na descida as velocidades e as variações de espaço aumentam, na subida elas diminuem.

c) 125 m

d) 25 m/s

2

a)  $\Delta S = 80 - 0 = 80 \text{ m}$

b)  $v = \frac{80}{2} = 40 \text{ m/s}$

c)  $\Delta S = 120 - 80 = 40 \text{ m}$

d)  $v = \frac{40}{2} = 20 \text{ m/s}$

e) A velocidade diminuiu, e o movimento é retardado.





Handwriting practice lines consisting of multiple horizontal lines across the page.