

A-1 Descrição do Movimento

Este subtema tem como finalidade sistematizar e consolidar conhecimentos e competências essenciais que fazem parte do programa de Física do ensino pré secundário. Iremos clarificar o significado físico rigoroso de grandezas cinemáticas tais como “posição”, “velocidade” e “aceleração”, que são termos muito referidos quer no nosso discurso diário, quer na comunicação social em diversos contextos, como por exemplo, na prevenção rodoviária ou relativamente a acontecimentos desportivos.

A saber:

Cinemática é a ciência que estuda as leis dos movimentos.

Referencial é um sistema em relação ao qual se faz o estudo de um movimento.

Repouso e movimento são conceitos relativos, dependendo do referencial escolhido.

1 Posição, Espaço Percorrido e Deslocamento

A descrição de um movimento requer o conhecimento da alteração de algumas grandezas físicas ao longo do tempo.

1.1 Repouso e movimento. Referencial

Estaremos em repouso ou em movimento?

O repouso e o movimento são termos que nos acompanham nas mais diversas atividades ao longo do dia.

Se observarmos uma pessoa (quieta) a dormir dizemos que ela está em repouso, apesar de todos nós, habitantes do planeta sermos viajantes no espaço. Se pudéssemos observar essa pessoa a partir do Sol diríamos que estava em movimento, uma vez que a Terra se move em torno do Sol.

Esta e muitas outras situações permitem concluir que o estado de **movimento** ou de **repouso** de um corpo depende do **referencial** em relação ao qual a posição do corpo permanece ou não constante no decorrer do tempo.

O movimento, tal como o repouso, é **relativo**. Uma situação de movimento num dado referencial pode ser de repouso noutra. A descrição do movimento é diferente quando se escolhem referenciais distintos.

Podemos dizer então que, um corpo está em movimento em relação a outro, que consideramos como sistema de referência, quando a sua posição, medida relativamente a este, varia com o tempo. Isto é, um corpo está em movimento ou em repouso relativamente a um dado referencial, quando, a sua posição varia ou não varia ao longo do tempo, respetivamente.

Qualquer observador da figura 2 poderá dizer que o ciclista está em movimento, pois a sua posição, em relação a eles, varia no decorrer do tempo. Assim como, a árvore está em repouso relativamente aos observadores sentados na relva.



Figura 2 – Imagem ilustrativa para situações de movimento ou repouso.

Como poderemos caracterizar um movimento?

1.2 Trajetória

Para descrever o movimento de um corpo não é suficiente saber a distância que este percorreu ao longo de um percurso; é necessário conhecer as sucessivas posições que este ocupou ao longo do tempo, a trajetória.

Podemos definir **trajetória** como a linha formada pelo conjunto de posições ocupadas pelo corpo na sequência do seu movimento.

As trajetórias podem ser:

- **retilíneas** - se o conjunto de pontos definirem uma reta;
- **curvilíneas** - se o conjunto de pontos definirem linhas:
 - circulares;
 - parabólicas;
 - elípticas.

A forma de trajetória depende da localização do observador.

Se, um avião, com velocidade constante, deixa cair um pacote, para um observador:

- no referencial avião, por exemplo para o piloto, a trajetória é retilínea;
- no referencial Terra, por exemplo para a pessoa, que vai receber a caixa, a trajetória é curvilínea.

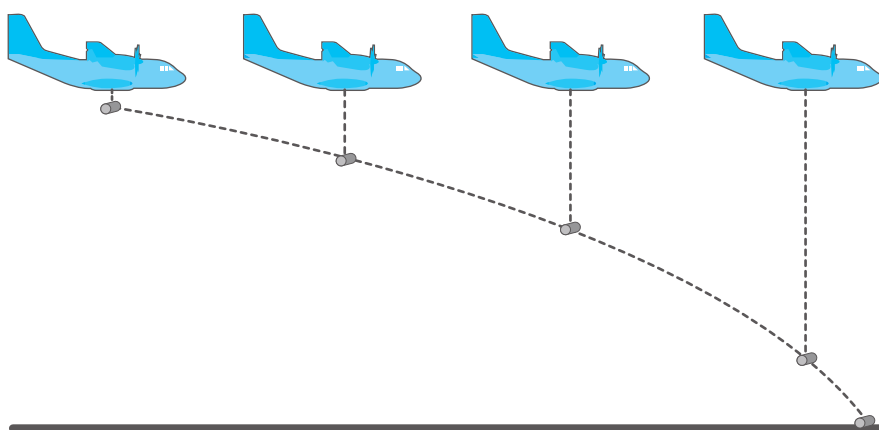


Figura 3 – Lançamento de uma carga.

A descrição do movimento de um corpo depende do referencial escolhido. Mas, em relação ao mesmo referencial, a trajetória do corpo tem a mesma forma, quaisquer que sejam os observadores situados nesse referencial.

A saber:

Trajétória é o conjunto de pontos que, sucessivamente, o corpo ocupa no seu movimento.

2 Rapidez, Velocidade e Aceleração

Em linguagem corrente, nem sempre se utilizam as palavras ou expressões com o seu significado físico correto. É o caso dos termos rapidez e velocidade que em Física têm significados diferentes. Para a sua clarificação é necessário, em primeiro lugar, distinguir deslocamento de espaço percorrido.

2.1 Deslocamento e espaço percorrido

Qual a diferença entre deslocamento e espaço percorrido?

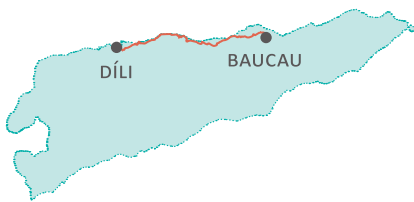


Figura 4 – Mapa de Timor.

No mapa da figura 4 está assinalada a viagem que uma família residente em Díli fez a Baucau.

Quando chegaram ao destino indicava no seu automóvel que tinham percorrido 132 km.

Este valor corresponde à medida do **espaço percorrido** sobre a trajetória, assinalada na figura. Porém, para se chegar a Baucau partindo de Díli, não basta saber que tem que se percorrer 132 km. É necessário saber as estradas que se devem seguir e em que sentido. Caso contrário, poderia percorrer os 132 km e chegar a outra localidade completamente diferente. Nesta situação, os espaços percorridos seriam os mesmos, mas as trajetórias seriam diferentes.

As grandezas físicas **deslocamento**, $\vec{\Delta r}$, e **espaço percorrido**, Δs , (ou **distância percorrida**) têm diferente significado, em Física.

O **espaço percorrido** ou **distância percorrida** corresponde à medida de todo o percurso efetuado sobre a trajetória. É uma grandeza escalar (sempre positiva), que fica completamente definida por um valor numérico e pela respetiva unidade.

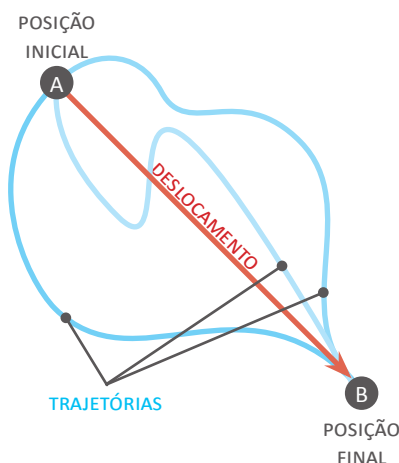
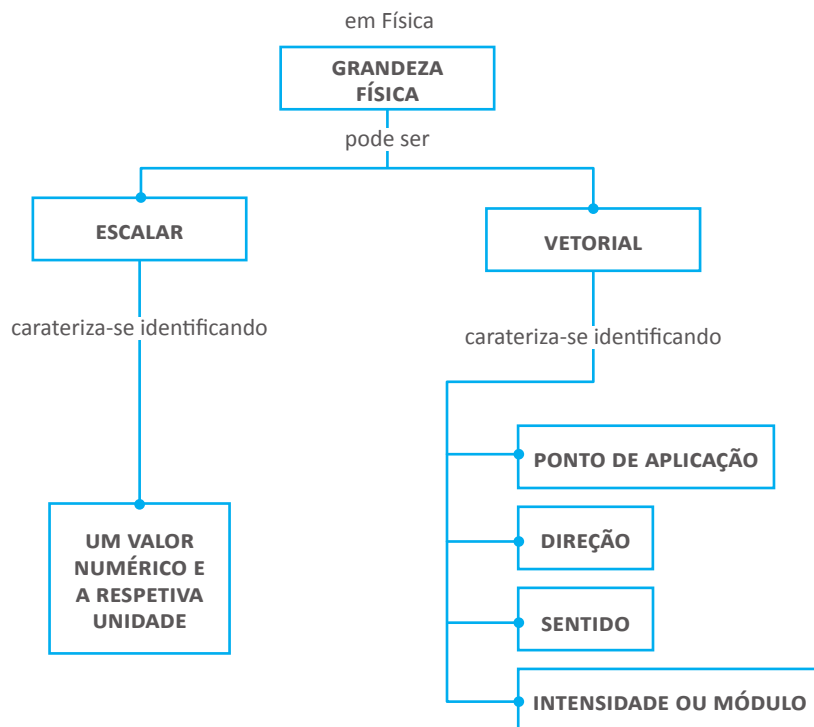


Figura 5 – Imagem ilustrativa de diferentes trajetórias.

O **deslocamento** é representado por um segmento de reta orientado, que tem origem na **posição de partida** e extremidade na **posição de chegada**, sendo por isso, **independente da trajetória**. É uma grandeza vetorial, pelo que, só fica completamente caracterizado, quando se indica a sua **direção**, o seu **sentido**, o seu **ponto de aplicação** e a sua **intensidade** ou módulo.

No Sistema Internacional (SI), a unidade de **deslocamento** e de **distância percorrida** é o metro (m).

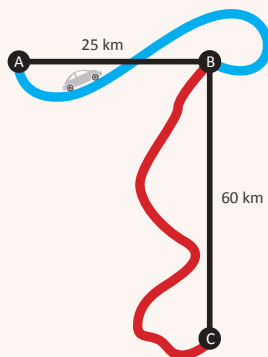


A saber:

Quando um corpo se move numa **trajetória retilínea** e sempre no mesmo sentido, a distância percorrida, Δs , e o módulo do deslocamento, Δr , são iguais.

O deslocamento será nulo se as posições final e inicial forem iguais.

Questão resolvida



Um automóvel foi da cidade A para a cidade C, passando pela cidade B, como mostra a figura. Pela estrada azul percorreu 42 km e pela estrada a vermelho percorreu 83 km. As distâncias em linha reta entre as cidades A-B e B-C são, respetivamente, 25 km e 60 km.

1. Calcule a distância total percorrida pelo automóvel para ir de A até C.
2. Transcreva a figura para o caderno e represente, por meio de um vetor, o deslocamento do automóvel.
3. Tendo em atenção os dados da figura, selecione de entre as quatro hipóteses seguintes a que corresponde ao valor do deslocamento do automóvel. Justifique a sua escolha.

A – 85 km B – 35 km C – 65 km D – 60 km

Resolução:

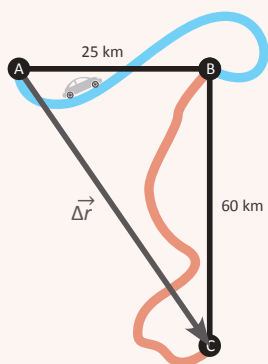
1. A distância percorrida corresponde à medida de todo o percurso efetuado sobre a trajetória, assim:

$$\Delta s = |\Delta s_{AB}| + |\Delta s_{BC}| = 42 + 83 = 125 \text{ km}$$

2. O deslocamento é representado por um segmento de reta orientado, que tem origem na posição inicial (A) e extremidade na posição final (C).

3. O valor do deslocamento é calculado usando o teorema de Pitágoras, dado estarmos na presença de um triângulo retângulo.

$$\Delta r = \sqrt{25^2 + 60^2} = 65 \text{ km (item C)}$$



2.2 Velocidade média e rapidez média

O movimento é um dos fenómenos físicos mais presentes no nosso dia a dia e foi o mais estudado até hoje, por isso é tão interessante a abordagem dos conceitos que o caracterizam.

Nós e tudo à nossa volta, se move com maior ou menor rapidez.



Figura 6 - A prova de 200 metros livres.

Qual a diferença entre rapidez média e velocidade média?

O movimento de um corpo realiza-se sempre no espaço e durante um certo intervalo de tempo. Por isso, quando observamos, por exemplo, uma corrida de 200 m, dizemos que o atleta mais rápido foi o que percorreu o mesmo espaço num menor intervalo de tempo.

Em linguagem vulgar, também diríamos que a velocidade do atleta que ganhou a corrida foi maior.

Em linguagem científica, em Física, dizemos que o atleta que ganhou a corrida teve maior **rapidez média**.

$$\text{Rapidez média} = \frac{\text{espaço percorrido}}{\text{intervalo de tempo}}$$

$$\text{Rapidez média} = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

A **rapidez média** é uma grandeza escalar, tal como, a distância percorrida e no Sistema Internacional (SI) mede-se em metro por segundo. Escreve-se m/s ou $\frac{\text{m}}{\text{s}}$ ou $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ e lê-se metro por segundo.

A **velocidade média** é uma grandeza vetorial que se define como o quociente entre o deslocamento efetuado pelo corpo e o intervalo de tempo, Δt , que demorou o percurso.

$$\vec{v}_m = \frac{\vec{\Delta r}}{\Delta t}$$

A **velocidade média** é uma grandeza vetorial, mas pode ser indicada como velocidade escalar média, v_m , nos casos em que são conhecidas as trajetórias possíveis para os corpos.

$$v_m = \frac{\Delta r}{\Delta t}$$

É fácil verificar que esta grandeza nos dá muito pouca informação sobre o movimento do corpo, em particular se o intervalo de tempo Δt for grande. Mas quanto menor for Δt , tanto mais precisa é a informação obtida.

No Sistema Internacional de Unidades (SI) o valor da velocidade média vem expresso em metro por segundo, escreve-se m/s ou $\frac{m}{s}$ ou $m \cdot s^{-1}$.

2.3 Velocidade instantânea

O tablier dos automóveis contém vários instrumentos de medida. Um deles, o **velocímetro**, mede a velocidade que o automóvel tem em cada instante. Os conta-quilómetros são totalizadores do espaço percorrido, e aparecem frequentemente associados a velocímetros.

Velocidade, em Física, tem um significado bem preciso e distinto da linguagem do dia a dia. Não lhe corresponde apenas um valor numérico. É uma grandeza que nos dá informação sobre a rapidez do movimento em cada instante e ainda nos indica a direção e o sentido do movimento. Representa-se, em cada instante, por um vetor – **vetor velocidade**, \vec{v} , tangente à trajetória e com o sentido do movimento.

A velocidade só será constante se a direção e o módulo não variarem e o sentido permanecer invariável.

No Sistema Internacional de Unidades o valor da velocidade vem expresso em metro por segundo.



Figura 7 - Velocímetro.

A saber:

A velocidade é um vetor sempre tangente à trajetória.



Figura 8 – Representação do vetor velocidade, tangente à trajetória e com o sentido do movimento.

Funcionamento do Radar

O **radar**, do inglês **Radio Detection And Ranging** é um dispositivo que permite detetar objetos a longas distâncias.

São usados nas estradas para medir a velocidade de circulação dos automóveis. Esta medição baseia-se na reflexão das ondas de rádio (ondas eletromagnéticas) emitidas pelo radar e no fenómeno que estas sofrem, chamado efeito de Doppler.

Em 1842 um físico Austríaco chamado Christian Doppler descobriu e explicou porque é que o som de uma sirene se torna mais agudo quando se aproxima de nós e mais grave quando se afasta. Esta alteração da frequência do som também se aplica às radiações eletromagnéticas. Assim, quando a onda emitida pelo radar é refletida num veículo que se aproxima altera a sua frequência e é detetada pelo recetor. Esta diferença de frequências é descodificada pelo aparelho e convertida em velocidade e é assim que muitos condutores são punidos por excesso de velocidade.

Atividade Prática de Sala de Aula

APSA A-1.1: Gráfico posição-tempo

Questão-problema: Para a frente e para trás, em linha reta: como será o gráfico posição-tempo?

Objetivo: Obtenção de um gráfico posição-tempo de um movimento real.

Recursos:

- Sensor de movimento e cabos de ligação
- Interface para ligação ao computador
- Computador e projetor de vídeo

Ou

- Sensor de movimento e cabos de ligação
- Calculadora gráfica
- Computador e projetor de vídeo

Procedimento:

1. Ligue o sensor ao equipamento adequado, coloque-o sobre uma mesa e posicione-se a 60 cm do sensor.
2. Afaste-se lentamente do sensor, em linha reta, com rapidez constante. De seguida pare durante um pequeno intervalo de tempo, inverta o sentido e aproxime-se do sensor, em linha reta, com rapidez constante, maior do que no primeiro troço.

O tempo total do percurso captado pelo sensor deverá ser de cerca de 15 segundos.

Durante a aquisição dos dados deve evitar movimentar os braços ou outros objetos em redor do corpo em movimento.

Observe o gráfico posição-tempo que obteve e compare-o com o previsto.

Interprete o gráfico.

2.4 Aceleração média e aceleração instantânea

Quando viajamos, em qualquer meio de transporte, apercebemo-nos facilmente que o movimento não se faz sempre com a mesma velocidade. Há partes do percurso em que a velocidade varia, por exemplo, quando arranca a sua velocidade aumenta, e quando trava a sua velocidade diminui.

Como se caracteriza o modo como a velocidade varia num movimento retilíneo?

Como a maior parte dos movimentos não se realiza com velocidade constante, então podemos dizer que estão sujeitos a uma **aceleração**.

A grandeza física **aceleração média** caracteriza o modo como a velocidade varia, à medida que o tempo decorre.

A aceleração média, \vec{a}_m , é uma grandeza vetorial, representada por um vetor e, por isso, tem um valor, uma direção e um sentido.

Num movimento retilíneo o seu valor é dado por:

$$\text{Aceleração média} = \frac{\text{variação do valor da velocidade}}{\text{intervalo de tempo}}$$

$$a_m = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

Em que $\Delta v = v_f - v_i$, e v_f e v_i são as velocidades final e inicial, respetivamente.

No Sistema Internacional de Unidades (SI) o valor da aceleração média vem expresso em metros por segundo, por segundo, (m/s)/s. Escreve-se m/s^2 ou $\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ ou $\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$ e lê-se metro por segundo quadrado.

Nos movimentos em que a velocidade varia regularmente com o tempo, o valor da aceleração média do movimento é constante em cada instante. Por isso, o valor da **aceleração instantânea**, a , é igual ao valor da aceleração média.

$$a = \frac{v_f - v_i}{\Delta t}$$

A saber:

Quando a trajetória é curvilínea, existe sempre aceleração, pois mesmo quando o valor da velocidade é constante, a velocidade varia porque varia a sua direção.

Resumo

- **Cinemática** é o ramo da Física que estuda as leis do movimento.
- **Referencial** é um sistema em relação ao qual se faz o estudo de um movimento.
- **Trajatória** é uma linha imaginária que representa o conjunto de pontos que, sucessivamente, o corpo ocupa no seu movimento.
- **Distância percorrida** ou **espaço percorrido** é uma grandeza escalar, sempre positiva, que corresponde ao comprimento da trajetória.
- **Deslocamento** é o segmento de reta orientado (vetor) que tem origem na posição inicial e extremidade na posição final. O seu valor indica a distância, medida em linha reta, entre as posições inicial e final do movimento.
- **Rapidez média** é uma grandeza escalar, sempre positiva, calculada pelo quociente entre a distância percorrida por um corpo e o intervalo de tempo que esse corpo demora a percorrê-la.
- **Velocidade média** é uma grandeza vetorial, cujo valor algébrico é calculado pelo quociente entre o valor algébrico do deslocamento e o intervalo de tempo correspondente.
- **Aceleração média** é uma grandeza vetorial que traduz a variação de velocidade por unidade de tempo.

Questões para resolver

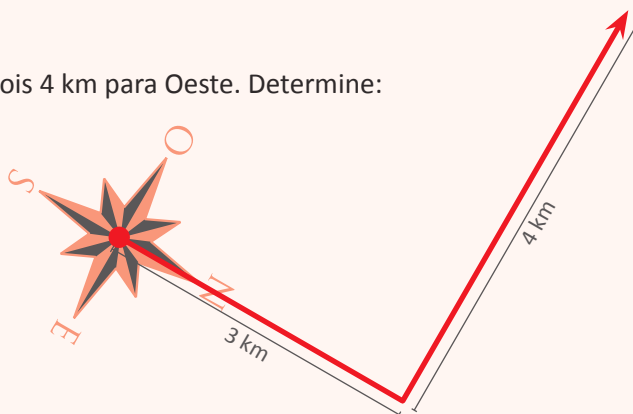
1. Um barco desloca-se no Rio Mantane transportando duas pessoas sentadas. Na margem do rio, encontra-se um turista que, sentado, aprecia a paisagem.

Qual ou quais das seguintes afirmações estão corretas.

- A. Em relação ao barco, o turista está em repouso e os dois ocupantes do barco em movimento.
- B. Relativamente à Terra, os ocupantes do barco estão em movimento.
- C. Os dois ocupantes do barco estão em movimento relativamente um ao outro.
- D. Se o referencial considerado for a Lua, os ocupantes do barco e o turista encontram-se em movimento.

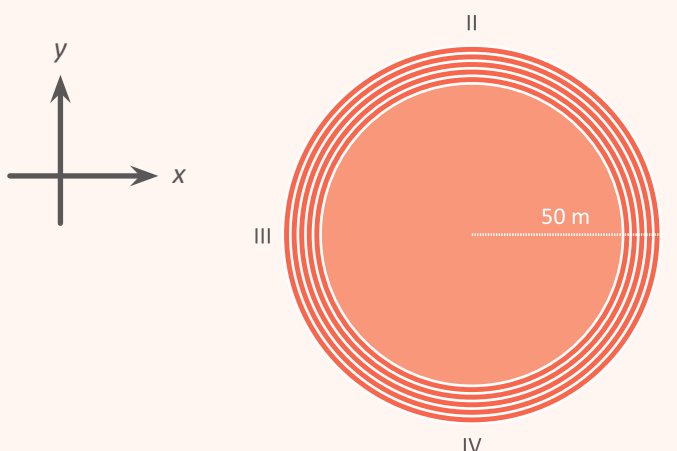
2. Um rapaz percorre 3 km para Norte e depois 4 km para Oeste. Determine:

- 2.1. O espaço percorrido pelo rapaz.
- 2.2. O valor do deslocamento efetuado.

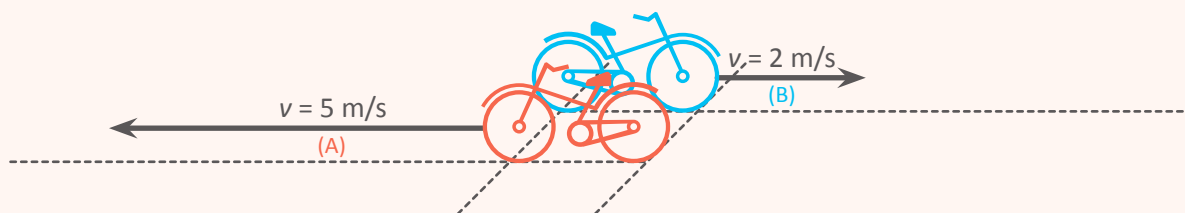


3. Numa pista circular de raio 50 m, um atleta move-se com velocidade de valor constante.

- 3.1. Determine o espaço percorrido pelo atleta quando passa da posição I para a posição III.
- 3.2. Caracterize o deslocamento efectuado no percurso da alínea anterior.
- 3.3. Calcule o número de voltas que o atleta terá que efectuar na pista para treinar 10 km.
- 3.4. Represente, na figura, o vetor velocidade do atleta nas posições I, II, III e IV.
- 3.5. O atleta demora 3 min a efectuar uma volta completa. O tempo que demora a deslocar-se da posição II para a posição III é:
A. 0,45 min B. 1,5 min C. 180 s D. 90 s E. 45 s



4. Numa estrada rectilínea, duas bicicletas A e B, partem do mesmo local, no mesmo instante, com as velocidades constantes indicadas na figura e em sentidos contrários.



4.1. Determine a distância que as separa após 30 s de movimento. Apresente todas as etapas de resolução.

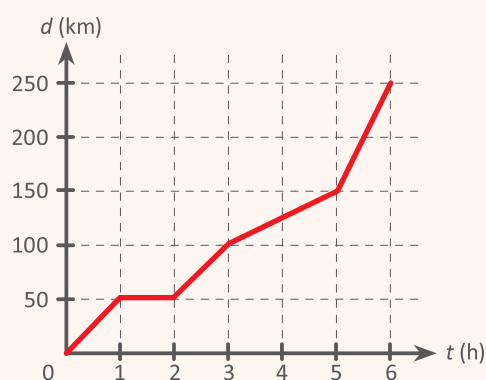
4.2. Após os 30 s do movimento, a bicicleta A passou a mover-se com aceleração de valor $0,5 \text{ m/s}^2$. Determine ao fim de quanto tempo o valor da velocidade duplicou.

5. A tabela ao lado representa um excerto do horário do microlete (minibus) que um turista consultou para se deslocar de Díli para Baucau.

Determine a rapidez média do microlete em unidades SI. Apresente todas as etapas de resolução.

VIAGEM DE DÍLI PARA BAUCAU (132 km)	
PARTIDA	CHEGADA
Díli 10h30min	Baucau 13h15min

6. O gráfico indicado traduz a distância percorrida por um camião, durante uma viagem de 6 horas.



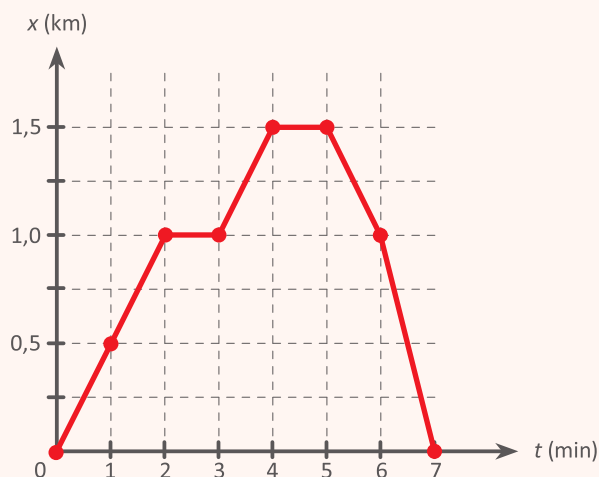
6.1. O camião esteve parado durante algum intervalo de tempo? Justifique.

6.2. Quantos quilómetros percorreu o veículo?

6.3. Indique, justificando, o intervalo de tempo onde é maior o valor da velocidade média do camião.

6.4. Pela análise do gráfico pode afirmar que não houve inversão do sentido do movimento? Justifique.

7. O gráfico seguinte representa a posição em função do tempo de um ciclista que se move numa pista retilínea.



7.1. Classifique a trajetória do movimento.

7.2. Faça um esboço da trajetória, durante os 7 minutos.

7.3. Indique um intervalo de tempo em que:

7.3.1. O ciclista esteve parado.

7.3.2. O ciclista se moveu em sentido contrário ao do movimento inicial.

7.3.3. O deslocamento do ciclista foi nulo.

7.3.4. O ciclista se moveu com maior velocidade.

7.4. Calcule o espaço percorrido durante o movimento.

7.5. Trace o gráfico do valor da velocidade em função do tempo para este movimento.

7.6. Comente a seguinte afirmação: “A rapidez média do movimento é maior do que o valor da velocidade média”.

8. O Mari combinou encontrar-se à porta da escola com o Ximenes.

O Mari, que mora a 450 m da escola, saiu de casa às 8 h e demorou 15 min a chegar à escola.

O Ximenes deslocou-se com a mesma rapidez média do Mari e mora a 600 m da escola.

Determine a que horas o Ximenes teve de sair de casa para chegar, à mesma hora do Mari, à escola.