

caderno do  
**PROFESSOR**

# FÍSICA



ensino médio  
**1ª SÉRIE**  
1º bimestre - 2008



## GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO

Governador  
**José Serra**

Vice-Governador  
**Alberto Goldman**

Secretária da Educação  
**Maria Helena Guimarães de Castro**

Secretária-Adjunta  
**Iara Gloria Areias Prado**

Chefe de Gabinete  
**Fernando Padula**

Coordenador de Estudos e Normas  
Pedagógicas  
**José Carlos Neves Lopes**

Coordenador de Ensino da Região  
Metropolitana da Grande São Paulo  
**Luiz Candido Rodrigues Maria**

Coordenadora de Ensino do Interior  
**Aparecida Edna de Matos**

Presidente da Fundação para o  
Desenvolvimento da Educação – FDE  
**Fábio Bonini Simões de Lima**

### EXECUÇÃO

#### Coordenação Geral

Maria Inês Fini

#### Concepção

Guiomar Namó de Mello

Lino de Macedo

Luis Carlos de Menezes

Maria Inês Fini

Ruy Berger

### GESTÃO

Fundação Carlos Alberto Vanzolini

#### Presidente do Conselho Curador:

Antonio Rafael Namur Muscat

#### Presidente da Diretoria Executiva:

Mauro Zilbovicius

#### Diretor de Gestão de Tecnologias aplicadas à Educação:

Guilherme Ary Plonski

#### Coordenadoras Executivas de Projetos:

Beatriz Scavazza e Angela Sprenger

### APOIO

CENP – Coordenadoria de Estudos e Normas  
Pedagógicas

FDE – Fundação para o Desenvolvimento da  
Educação

### COORDENAÇÃO DO

#### DESENVOLVIMENTO DOS CONTEÚDOS PROGRAMÁTICOS E DOS CADERNOS DOS PROFESSORES

Ghisleine Trigo Silveira

#### COORDENAÇÃO DA ÁREA DE CIÊNCIAS DA NATUREZA E SUAS TECNOLOGIAS

Luis Carlos de Menezes

### AUTOR

Marcelo de Carvalho Bonetti

### EQUIPE DE PRODUÇÃO

Coordenação Executiva: Beatriz Scavazza

Assessores: Alex Barros, Beatriz Blay, Denise  
Blanes, Eliane Yambanis, Heloisa Amaral Dias  
de Oliveira, Luis Márcio Barbosa, Luiza Christov,  
Paulo Eduardo Mendes e Vanessa Dias Moretti

### EQUIPE EDITORIAL

Coordenação Executiva: Angela Sprenger

Projeto Editorial: Zuleika de Felice Murrice

Edição e Produção Editorial: Edições  
Jogo de Amarelinha, Conexão Editorial e Occy  
Design (projeto gráfico)

### CTP, Impressão e Acabamento

Imprensa Oficial do Estado de São Paulo

A Secretaria da Educação do Estado de São Paulo autoriza a reprodução do conteúdo do material de sua titularidade pelas demais secretarias de educação do país, desde que mantida a integridade da obra e dos créditos, ressaltando que direitos autorais protegidos\* deverão ser diretamente negociados com seus próprios titulares, sob pena de infração aos artigos da Lei nº 9.610/98.

\* Constituem "direitos autorais protegidos" todas e quaisquer obras de terceiros reproduzidas no material da SEE-SP que não estejam em domínio público nos termos do artigo 41 da Lei de Direitos Autorais.

Caderno do professor. Física: ensino médio 1ª série 1º bimestre / Marcelo de Carvalho Bonetti.  
– São Paulo: SEE, 2008.

ISBN. 978-85-61400-52-1

1. Física (Ensino Médio) – Estudo e ensino. I. Bonetti, Marcelo de Carvalho. II. Hosoume, Yassuko. III. Oliveira, Maurício Pietrocola Pinto de. IV. São Paulo (Estado). Secretaria da Educação.

CDD 22ed. 530.07

Prezado(a) professor(a),

Iniciamos em 2008 uma nova jornada de trabalho para atender uma das prioridades da área de educação neste governo: o ensino de qualidade.

Sabemos que o alcance desta meta é concretizado essencialmente na sala de aula, pelo professor e seus alunos. Por essa razão, com o intuito de facilitar tal trajetória, este documento foi elaborado por competentes especialistas na área de educação. Com o conteúdo organizado por bimestre, o Caderno do Professor oferece orientação completa para o desenvolvimento das situações de aprendizagem propostas para cada disciplina.

Esperamos que você aproveite e implemente as orientações didático-pedagógicas aqui contidas. Estaremos atentos e prontos para esclarecer dúvidas ou dificuldades, e promover ajustes ou adaptações que aumentem a eficácia deste trabalho.

Aqui está nosso novo desafio. Com determinação e competência, certamente iremos vencê-lo!

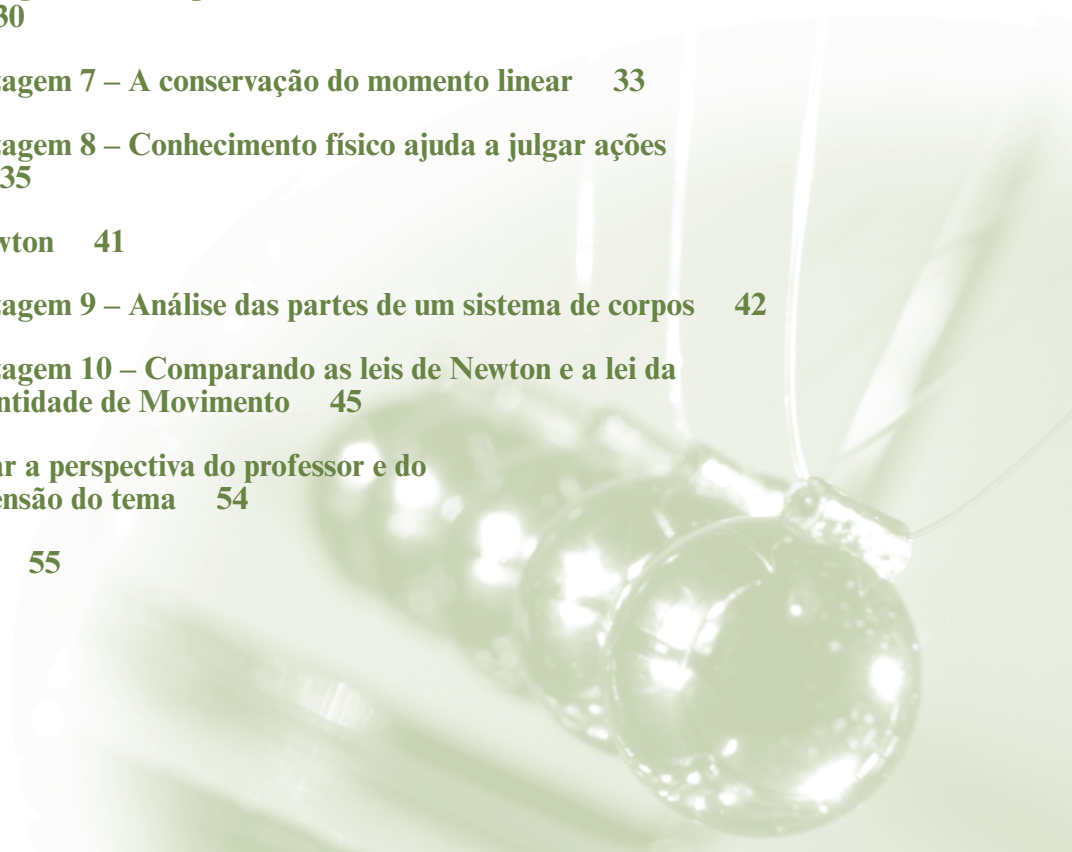
Conto com você.

**Maria Helena Guimarães de Castro**

Secretária da Educação do Estado de São Paulo

# SUMÁRIO

<b>São Paulo faz escola – Uma Proposta Curricular para o Estado</b>	<b>5</b>
<b>Ficha do Caderno</b>	<b>7</b>
<b>Orientação sobre os conteúdos do bimestre</b>	<b>8</b>
<b>Tema 1 – Grandezas do movimento: identificação, caracterização e estimativa de valores</b>	<b>10</b>
<b>Situação de Aprendizagem 1 – Levantamento e classificação dos movimentos do cotidiano</b>	<b>11</b>
<b>Situação de Aprendizagem 2 – Identificando as variáveis relevantes de um movimento</b>	<b>14</b>
<b>Situação de Aprendizagem 3 – Estimando valores de grandezas dos movimentos</b>	<b>16</b>
<b>Tema 2 – Quantidade de movimento linear: variação e conservação</b>	<b>23</b>
<b>Situação de Aprendizagem 4 – Alterando os movimentos</b>	<b>24</b>
<b>Situação de Aprendizagem 5 – A força de uma interação</b>	<b>25</b>
<b>Situação de Aprendizagem 6 – Compensando os movimentos na ação de forças internas</b>	<b>30</b>
<b>Situação de Aprendizagem 7 – A conservação do momento linear</b>	<b>33</b>
<b>Situação de Aprendizagem 8 – Conhecimento físico ajuda a julgar ações do nosso dia-a-dia</b>	<b>35</b>
<b>Tema 3 – Leis de Newton</b>	<b>41</b>
<b>Situação de Aprendizagem 9 – Análise das partes de um sistema de corpos</b>	<b>42</b>
<b>Situação de Aprendizagem 10 – Comparando as leis de Newton e a lei da Conservação da Quantidade de Movimento</b>	<b>45</b>
<b>Recursos para ampliar a perspectiva do professor e do aluno para a compreensão do tema</b>	<b>54</b>
<b>Considerações finais</b>	<b>55</b>



# SÃO PAULO FAZ ESCOLA – UMA PROPOSTA CURRICULAR PARA O ESTADO

Prezado(a) professor(a),

Apresento-lhe os textos gerais e específicos dos Cadernos do Professor, parte integrante da Proposta Curricular de 5ª a 8ª séries do Ensino Fundamental – Ciclo II e do Ensino Médio do Estado de São Paulo. A Secretaria da Educação do Estado assumiu a liderança na formulação dessa Proposta, visando aprimorar o trabalho pedagógico e docente na rede pública de ensino, em parceria com seus professores, coordenadores, assistentes pedagógicos, diretores e supervisores.

A Proposta não pretende ser mais uma novidade pedagógica, mas atuar como uma retomada dos diversos caminhos curriculares que esta Secretaria já traçou e que muitas escolas já incorporaram em suas práticas.

Nesse processo, a Secretaria da Educação já buscou identificar práticas de gestão escolar e de sala de aula para subsidiar a implementação da Proposta. Agora se propõe a coordenar, apoiar e avaliar o desenvolvimento curricular.

A relevância e a pertinência da aprendizagem dos conteúdos educacionais para a formação do cidadão foram definidas na organização curricular, proposta a todas as escolas. De acordo com elas, o sistema de ensino deve assumir a indicação de elementos básicos para que suas escolas possam promover uma educação de qualidade, que atenda os objetivos sociais.

Para atingir esses objetivos, o primeiro elemento construído foi a Base Curricular, referência comum a todas as escolas da rede estadual. Ela descreve os conteúdos disciplinares a serem desenvolvidos em cada série, bem como o que se espera dos alunos no que diz respeito à capacidade de realização desses conteúdos. De um lado, essa base orienta a organização dos projetos curriculares em cada escola; de outro, esclarece a sociedade sobre seu compromisso com o desenvolvimento de crianças e jovens.

Fruto do trabalho coletivo, de caráter interdisciplinar, a Proposta procura estabelecer elos entre os conhecimentos culturais socializados pela escola e as indicações de procedimentos organizadas didaticamente.

Para isso, foram identificados e organizados, nos Cadernos do Professor, os conhecimentos disciplinares por série e bimestre, assim como as habilidades e competências a serem promovidas. Trata-se de orientações para a gestão da aprendizagem na sala de aula, para a avaliação, e também de sugestões bimestrais de projetos para a recuperação das aprendizagens.

A sociedade exige dos indivíduos competências e habilidades específicas, que são desenvolvidas de forma espontânea por alguns, no contexto da educação familiar, mas que, para outros, estão atreladas ao processo de escolarização.

O compromisso de inter-relacionar as disciplinas, permitindo ao aluno compreendê-las no sentido global da cultura, da ciência e da vida, foi um trabalho árduo que procuramos realizar. Esperamos agora contar com o apoio da escola e de seus educadores na implantação, no desenvolvimento e na avaliação dessa Proposta.

A Proposta desenha, ainda, ações para apoiar a escola na gestão de seus recursos, a fim de oferecer aos alunos da rede pública de ensino uma educação à altura dos desafios contemporâneos. Seu desenvolvimento faz com que o Governo do Estado de São Paulo possa cumprir o compromisso de garantir a todas as crianças e jovens uma educação básica de qualidade.

**Maria Inês Fini**

Coordenadora Geral da Proposta Curricular  
para o Ensino Fundamental – Ciclo II e  
Ensino Médio do Estado de São Paulo

# FICHA DO CADERNO

## Movimento: variações e medidas

<b>Nome da disciplina:</b>	Física
<b>Área:</b>	Ciências da Natureza e suas Tecnologias
<b>Etapa da educação básica:</b>	Ensino Médio
<b>Série:</b>	1 <sup>a</sup>
<b>Período:</b>	1º bimestre de 2008
<b>Aulas semanais:</b>	2
<b>Semanas previstas:</b>	8
<b>Aulas no bimestre:</b>	16
<b>Temas desenvolvidos:</b>	Movimentos que se realizam no cotidiano e as grandezas relevantes para sua observação; Características comuns e formas de sistematizar os movimentos segundo trajetórias, tempos de duração, velocidades médias e velocidades instantâneas; Estimativa e escolha de procedimentos adequados para realização de medidas de grandezas associados aos movimentos; Modificações nos movimentos como consequência de interações; Causas da variação de movimentos associadas às intensidades das forças e ao tempo de duração das interações; Conservação da quantidade de movimento linear e a identificação de forças para fazer análises, previsões e avaliações de situações cotidianas que envolvem movimentos; As leis de Newton na análise de partes de um sistema de corpos; Relação entre as leis de Newton e a lei da conservação da quantidade de movimento.
<b>Autor:</b>	Marcelo de Carvalho Bonetti

## ORIENTAÇÃO SOBRE OS CONTEÚDOS DO BIMESTRE

Este Caderno propõe Situações de Aprendizagem e atividades que foram elaboradas com o propósito de auxiliar o professor no desenvolvimento de um curso de Física cada vez mais instigante aos seus alunos e que, ao mesmo tempo, ajude na formação de indivíduos capazes de participar do processo de transformação da sociedade de forma mais consciente em relação às questões sociais, ambientais e tecnológicas.

As atividades propostas neste Caderno representam uma possibilidade de trabalho com os temas propostos para a 1ª série do Ensino Médio. O enfoque do conteúdo disciplinar está na lei da conservação da quantidade de movimento linear e nas leis de Newton, na solução de questões do cotidiano que envolvem movimentos e suas variações, e não na descrição dos movimentos representada pela cinemática. A opção foi pelo estudo das leis gerais, pois são elas que permitem compreender as relações causais necessárias para a compreensão dos fenômenos. Embora estas leis tenham sido enunciadas no século XVIII, ainda hoje, reinterpretadas, particularmente a da conservação da quantidade de movimento linear, são válidas na solução de problemas contemporâneos relativos ao estudo dos movimentos, desde os astronômicos até os microscópicos, passando por aqueles do cotidiano.

Várias atividades deste Caderno dão início ao estudo de um tema fazendo um levantamento dos conhecimentos prévios dos alunos, em termos de conceitos e de representações linguísticas. Esse tipo de procedimento propõe desenvolver competências no domínio da linguagem através da reconstrução de conceitos e da adequação da linguagem matemática e científica. Por exemplo, no estudo das grandezas que caracterizam o movimento, ao solicitar a compreensão intuitiva das placas de trânsito de

rodovias, segundo o senso comum dos alunos apenas uma distância, uma duração ou uma velocidade é suficiente para fazer previsões ou tecer hipóteses sobre movimentos. Embora essas grandezas sejam insuficientes do ponto de vista científico, em que as três grandezas estão relacionadas, a compreensão intuitiva abre espaço para a construção adequada de conceitos e linguagem científica. A construção de gráficos de dados experimentais reais, a transformação de unidades de uma mesma grandeza como a velocidade e a redação de relatório de experiência são também atividades que concorrem para a aquisição de linguagem científica.

Construir e aplicar conceitos para a compreensão de fenômenos naturais, tomar decisões e enfrentar situações-problema são a tônica das Situações de Aprendizagem propostas neste Caderno. Os encaminhamentos são feitos por meio de questões que problematizam e solicitam a participação do aluno nas suas soluções. O desenvolvimento da competência de relacionar informações para construir argumentação consistente está presente em vários momentos do desenvolvimento das atividades, particularmente naquele que trata do “tribunal de pequenas causas”, no qual os alunos participam do julgamento de causas das variações de movimentos. Atividades que procuram desenvolver propostas de intervenção solidária, recorrendo aos conhecimentos desenvolvidos, também podem ser observadas em questões como a que discute a polêmica da implantação do GPS ou o *airbag* em carros.

As estratégias utilizadas para o desenvolvimento destas competências, a partir dos conhecimentos específicos de física, foram escolhidas de forma a valorizar a ação e a autonomia do aluno, os seus conhecimentos prévios e a interação dinâmica do aluno com o professor e entre os alunos.



Este Caderno está dividido em duas partes: a primeira com o tema Grandezas do movimento: identificação, caracterização e estimativa de valores é composta de três Situações de Aprendizagem e, a segunda, com o tema Movimentos: variações e conservações é desenvolvida em sete Situações de Aprendizagem. Em cada Situação de Aprendizagem, inicialmente é apresentado um quadro no qual é mostrada uma síntese da atividade. Após a explicitação do objetivo e do contexto da proposta de atividade é apresentado um roteiro, dirigido ao aluno. A seguir, é apresentado um encaminhando a ação, em que está explicitada a abordagem que deve ser dada ao desenvolvimento da atividade.

Para complementar as discussões e os encaminhamentos das Situações de Aprendizagem, estão previstos momentos em que outras

ações devem ser programadas pelo professor, denominadas Encaminhamento complementar, que são fundamentais para adequação dessa proposta ao trabalho com os grupos de alunos de cada sala de aula, tão diversificados e com dificuldades específicas. Nessas aulas, o professor poderá desenvolver sua programação específica para complementar as Situações de Aprendizagem com as definições mais formais dos conceitos, análises gráficas não contempladas nas atividades e a resolução de exercícios numéricos que se encontram em qualquer livro didático de Física do Ensino Médio. Alguns materiais sugeridos no decorrer do Caderno são de uso livre para fins educacionais, como é o caso dos materiais do GREF, do PEC, do Pró-Universitário e do NuPIC, tendo acesso gratuito pela internet, por meio dos endereços que estão no item Recursos deste Caderno.

# TEMA 1 – GRANDEZAS DO MOVIMENTO: IDENTIFICAÇÃO, CARACTERIZAÇÃO E ESTIMATIVA DE VALORES

A organização social do homem moderno acentuou a importância do movimento na sociedade. As aglomerações humanas em cidades, metrópoles e megalópoles acabam por exigir que os produtos, a energia, a água sejam deslocados dos centros de produção, e trazidos até os centros de consumo, ao mesmo tempo em que o lixo e resíduos precisam ser retirados. Assim o transporte toma papel fundamental na organização da sociedade moderna, enquanto o deslocamento do homem passa a ser imprescindível. Nesse contexto, o estudo do movimento toma grande relevância social e destaca-se para além de sua importância em Física. Máquinas e equipamentos são concebidos e construídos a partir dos princípios da Mecânica, seja no que tange ao movimento de suas partes, seja no que tange ao transporte de partículas, informações e energia, como no interior de seus componentes eletromagnéticos. Podemos afirmar que o movimento está presente em todos os campos de estudo da Física, sendo que a própria concepção científica de Universo vincula a existência do espaço e do tempo à matéria, de forma que se torna impossível pensá-los sem o conceito de movimento. No entanto, o movimento tem sido abordado no Ensino Médio, de forma geral, partindo de conceitos físicos muitas vezes demasiadamente abstratos para estabelecer um diálogo inicial com o aluno, como o conceito de velocidade média e o de aceleração, que são muitas vezes estudados partindo de problemas fictícios que tratam apenas da descrição cinemática de um movimento hipotético e irreal.

## Apresentação da proposta

AULA 1	AULA 2	AULA 3	AULA 4
Situação de Aprendizagem 1	Situação de Aprendizagem 2 e Encaminhamento complementar	Situação de Aprendizagem 3 e Encaminhamento complementar	Encaminhamento complementar e exercícios

Neste tema, busca-se reconhecer os movimentos presentes em nosso dia-a-dia, identificar sua função e organizá-los, de forma a diferenciar os que se destinam ao deslocamento (transporte) e os que se destinam à rotação (como o giro das pás de um ventilador ou de um liquidificador), dentre estes últimos, aqueles realizados para ampliar nossa força, como o giro de uma chave de fenda ou o deslocamento por meio de uma alavanca ou roldana, e os que estão relacionados ao equilíbrio das coisas como o movimento da bicicleta que auxilia o ciclista a andar sem as mãos no guidão.

As Situações de Aprendizagem se desenvolvem em duas etapas: a primeira trata da identificação, caracterização e organização dos diferentes movimentos realizados no cotidiano. A segunda, do estudo conceitual e formal das grandezas que caracterizam o movimento como velocidade, deslocamento, intervalo de tempo, trajetórias e percurso, estudo este realizado por meio de estimativas e medidas experimentais dessas grandezas e pelo uso das relações entre elas na solução de problemas.

A Situação de Aprendizagem 1 trata do levantamento e caracterização dos movimentos, como estratégia para o desenvolvimento do grande tema Movimentos: variações e conservações. A Situação de Aprendizagem 2 complementa a primeira com a identificação das variáveis que caracterizam o movimento, como a velocidade média, deslocamento e tempo, enquanto a Situação de Aprendizagem 3 finaliza o tema Grandezas do movimento: identificação, caracterização e estimativa de valores, estabelecendo medidas e cálculos relativos a determinação dessas grandezas que caracterizam o movimento.

## SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 1 – LEVANTAMENTO E CLASSIFICAÇÃO DOS MOVIMENTOS DO COTIDIANO

**Tempo previsto:** 1 aula.

**Conteúdos/tópicos:** movimentos que se realizam no cotidiano e grandezas relevantes para sua observação (distância percorrida, percurso, velocidade, massa, tempo etc.).

**Competências e habilidades:** utilizar terminologia científica adequada para descrever movimentos de situações cotidianas. Identificar a presença de movimentos no cotidiano. Classificar os movimentos identificando as grandezas que os caracterizam. Planejar o estudo dos movimentos contemplando as classificações efetuadas.

**Estratégias:** atividade de organização de conhecimentos prévios a partir de discussão em pequenos grupos, com proposta de sistematização em grande grupo.

**Recursos:** roteiro 1 de atividade em grupo visando identificação e classificação dos movimentos e dos elementos e grandezas que os caracterizam.

**Avaliação:** avaliar a variedade e a qualidade das manifestações dos alunos sobre as grandezas e os elementos dos movimentos e sobre as formas de organizá-los em grupos a partir de suas características.

### Objetivo/contexto

Esta primeira Situação de Aprendizagem tem início com um exercício de sensibilização que consta de levantamento dos movimentos realizados pelo aluno durante um dia e a identificação de seus objetivos. A partir do reconhecimento das finalidades e das causas que levaram a execução desses movimentos, estes são classificados, o que resulta em um planejamento do curso para o bimestre. A relevância deste procedimento está no fato de o estudo dos movimentos se iniciar com elementos do mundo do aluno e contar com a participação do aluno na organização das coisas que serão estudadas.

Para iniciar a discussão sobre o movimento no nosso dia-a-dia, convide os estudantes a refletir sobre transporte, esportes, atividades de lazer para instigá-los a pensar sobre a importância do movimento em nossa vida.

Também é interessante colocar como questão para debate: o que seria a vida se não existisse movimento?

A atividade a seguir é indicada para ser realizada em grupo. Enquanto os estudantes pensam e conversam sobre as questões propostas, distribua aos grupos o Roteiro 1.

### Roteiro 1: Reconhecendo os movimentos no dia-a-dia

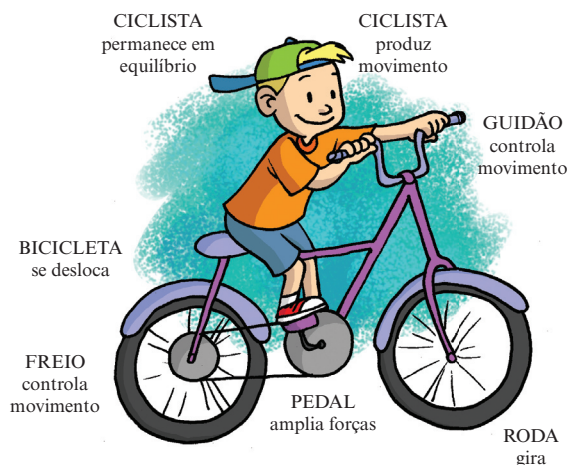
Todos os dias, precisamos sair de casa e nos dirigir a bairros ou ao centro da cidade. Para isso, tomamos ônibus, trem, metrô ou saímos de carro e chegamos nos lugares mais rapidamente, ou vamos de bicicleta ou a pé quando não precisamos ir tão longe nem tão rápido. Para bater um suco no liquidificador ou

para se refrescar com um ventilador também fazemos girar suas pás. O movimento sempre está presente em nosso dia-a-dia.

- 1 Faça uma lista dos movimentos que você realizou hoje e das coisas que você viu em movimento desde quando acordou.
- 2 Pense que coisas foram necessárias para realizar esses movimentos e qual foi a sua finalidade. Em grupo, conversem e identifiquem as semelhanças e as diferenças dos movimentos realizados, o que é necessário para produzir esses movimentos e para controlá-los. Anotem no caderno e, em seguida, respondam às questões:

- a) Que movimentos tiveram a finalidade de deslocamento?
- b) Que movimentos produzem o giro?
- c) Que coisas foram utilizadas para controlar os movimentos?

d) É possível ampliar a força usando os movimentos? Veja figura abaixo.



- 3 – Tentem classificar todas as coisas que vocês anotaram em seu grupo: I) as que se deslocam; II) as que giram; III) as que produzem movimentos; IV) as que controlam os movimentos; V) as que ampliam a força aplicada; VI) as que permanecem em equilíbrio.

## Encaminhando a ação

Em relação ao Item 1, cada grupo deverá apresentar aos colegas a sua lista dos movimentos. À medida que os movimentos são apresentados, eles devem ser escritos na lousa. No final da apresentação teremos um quadro dos movimentos reconhecidos pela classe e que serão retomados no desenvolvimento do curso.

Em relação ao Item 2, os grupos provavelmente terão dificuldades quanto às coisas que ampliam a força ou controlam os movimentos. A figura apresenta algumas pistas. Deixe que os alunos discutam, mas será necessário que

os auxiliem para que o conjunto das coisas identificado seja suficiente para a classificação que será feita a seguir. Complete o quadro da lousa com novos elementos que surgiram neste Item 2.

Em relação ao Item 3, reorganize a sala em um grande grupo e com a participação dos alunos classifique as coisas presentes na lousa nas seis categorias indicadas no roteiro. Uma mesma coisa pode comparecer em mais de uma categoria, dependendo do enfoque da análise do movimento. Todas as coisas presentes na lousa devem ser classificadas, o que pode levar a inclusão de mais uma categoria: “outros”.

O exemplo de classificação a seguir foi retirado das Leituras de Física do GREF. Embora seja possível estabelecer outras categorias de classificação, as utilizadas pelo GREF têm apresentado ótimos resultados para o estudo

do da Mecânica. Veja que a bola aparece nas duas primeiras colunas, e a bicicleta poderia também ser incluída na coluna das coisas que se deslocam, ainda que no exemplo ela só esteja nas coisas que ficam em equilíbrio.

MOVIMENTO		FORÇAS		EQUILÍBRIO	
se deslocam	giram	produzem movimento	controlam movimento	ampliam forças	ficam em equilíbrio
avião	hélices	motor	freio	martelo	ponte
bola	bola	vento	volante	alicate	balança
foguete	satélite	gasolina	trilho	macaco	bicicleta

A tabela assim construída apresenta uma visão das coisas que serão estudadas neste primeiro semestre: tem início com o estudo dos deslocamentos e giros, passando pela identificação das causas que produzem e controlam os movimentos, seguidos dos instrumentos que ampliam as forças e termina com o estudo das condições que possibilitam o equilíbrio.

### Para casa

Para contextualizar o assunto discutido na próxima Situação de Aprendizagem, peça aos alunos que pesquisem, perguntando aos adultos e fazendo buscas na internet, sobre tipos de placas que informam velocidade, tempo e distância na estrada e na cidade.

## SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 2 – IDENTIFICANDO AS VARIÁVEIS RELEVANTES DE UM MOVIMENTO

**Tempo previsto:** 1 aula

**Conteúdos/tópicos:** movimentos que se realizam no cotidiano e as grandezas relevantes para sua observação. Conceituação de deslocamento, distância percorrida, intervalo de tempo, velocidade média, velocidade média escalar e velocidade instantânea.

**Competências/habilidades:** utilizar modelo explicativo de movimento para compreender os movimentos de translação. Utilizar terminologia científica adequada para descrever situações cotidianas. Analisar e prever fenômenos ou resultados de experimentos científicos organizando e sistematizando informações dadas.

**Estratégias:** atividade de organização de conhecimentos prévios a partir de discussão em pequenos grupos, com proposta de sistematização em grande grupo.

**Recursos:** roteiro 2 de atividade em grupo visando identificação e classificação de três grandezas que caracterizam o movimento de translação.

**Avaliação:** deve-se avaliar a capacidade do aluno de determinar a velocidade média de veículos, diferenciar velocidade vetorial de velocidade escalar, identificar as características da velocidade instantânea.

### Objetivo/contexto

Esta Situação de Aprendizagem inicia o estudo dos deslocamentos, ou seja, dos movimentos de translação. O primeiro passo é a identificação das grandezas relevantes na descrição de um movimento, como deslocamento, tempo e velocidade, a partir da análise das placas de trânsito de ruas e rodovias. A seguir, centrando no cálculo da velocidade de um veículo por um medidor de velocidade fixo será conceituada a velocidade

instantânea. Neste desenvolvimento, partiremos novamente dos elementos da vida cotidiana do aluno, portanto uma proposta bastante diferente daquela encontrada nos livros didáticos em que as grandezas que descrevem o movimento são definidas matematicamente.

Para dar início a esta etapa, convide os alunos a pensar nas placas de sinalização existentes nas estradas e nas vias urbanas. Organize os alunos em grupos e distribua o Roteiro 2.

### Roteiro 2: Velocidades, variações que caracterizam os movimentos

1. Desenhe pelo menos cinco diferentes placas de sinalização de rodovias ou de vias urbanas. Quais indicam distância? Quais indicam tempo?
2. O que significam as placas que indicam distâncias, por exemplo: posto a 2 km, restaurante a 3 km, próxima cidade a 22 km etc.? O posto, o restaurante ou a cidade estão longe ou perto?
3. O que significam as placas que indicam tempos, por exemplo: posto a 5 min ou restaurante a 15 min etc.? Será que você realmente chega a essas localidades no tempo indicado? Você pode demorar um tempo menor que esse?
4. O que significam as placas que indicam velocidades? Como as velocidades são medidas nas estradas? E nas cidades?



## Encaminhando a ação

Com base nas placas desenhadas pelos alunos, na pergunta 1, pode-se classificá-las segundo o que informam: I) distância, II) tempo e III) velocidade. Várias placas serão classificadas em “outras”, como aquelas que indicam pista esportadia, animal na pista ou pista simples.

A segunda e a terceira perguntas trazem a questão da velocidade. Na segunda, a distância será percorrida em mais ou menos tempo dependendo da velocidade do movimento. Na terceira pergunta, a necessidade da velocidade fica bem mais clara: no percurso vai se gastar o tempo indicado na placa se a velocidade do carro for aquela estimada pelo responsável pela placa, velocidade esta que é normalmente a máxima velocidade permitida naquele trecho da estrada. Utilizando os dados das placas de distâncias e as velocidades máximas estimadas, faça cálculos do tempo que levaria para percorrer as distâncias indicadas. Da mesma forma, proponha aos alunos que utilizem os dados das placas e os valores dos tempos para determinar as distâncias correspondentes estimando valores de velocidades máximas. Ajude-os nessa tarefa.

A quarta questão chama atenção para o conceito de velocidade média e instantânea. Normalmente, a medida é feita da seguinte forma na estrada: a velocidade média de um veículo é calculada a partir da medida da distância entre dois pontos estratégicos (uma árvore próxima a pista, o início de uma ponte, final de uma curva etc.). Calcula-se o tempo mínimo para se trafegar nesse trajeto com a velocidade máxima permitida: se um veículo percorrer o trajeto em um tempo maior que o calculado, ele está dentro dos limites de velocidade, mas se percorrer o trajeto em um tempo menor, ele infringiu o limite de velocidade e será multado. O policial usará a medida de tempo registrada e a distância medida para determinar a velocidade média do infrator. Hoje, na maior parte das estradas, a velocidade instantânea é medida com

radar eletrônico por efeito Doppler, determinando a velocidade pela diferença entre a frequência da onda emitida pelo radar e a frequência da onda após ser refletida pelo veículo. Nas cidades, esses radares foram apelidados de “pardais”, por ficarem presos a postes de iluminação. Há também os equipamentos portáteis que chegam a ter o tamanho de uma garrafa pequena de refrigerante. Já as lombadas eletrônicas possuem dois sensores de pressão localizados no asfalto, que determinam a distância percorrida pela roda do carro, e um marcador digital de tempo, que identifica os infratores da mesma forma que é feito na estrada. O tempo é medido entre o disparo e o travamento do marcador por meio dos sensores de pressão fixos no chão, ajustados para acionar quando um veículo motorizado passa sobre eles (motos pequenas e as bicicletas muitas vezes não disparam o sensor). Há lombadas eletrônicas que indicam ao motorista a velocidade média do carro, que é a distância percorrida pela roda do carro entre os dois sensores dividida pelo tempo.

Dessas discussões pode-se definir a velocidade média como a razão do deslocamento no tempo e a velocidade instantânea como o limite da velocidade média. A indução para o limite pode ser feita através da diminuição progressiva da distância entre os dois sensores. Ao partir da velocidade média em uma estrada, passando pela velocidade medida em uma lombada eletrônica e chegando ao radar eletrônico, caminhamos no sentido do entendimento da velocidade instantânea, que é aquela determinada pela legislação e cujos limites apresentados nas placas de sinalização não podem ser superados, na estrada ou nas ruas da cidade.

## Para casa

Peça aos alunos que façam pesquisas incluindo o código nacional de trânsito e sítios eletrônicos em que há informações sobre as estradas para que descubram quais são os limites máximos de velocidade.

## SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 3 – ESTIMANDO VALORES DE GRANDEZAS DOS MOVIMENTOS

**Tempo previsto:** 1 aula

**Conteúdos e temas:** características comuns e formas de sistematizar os movimentos segundo trajetórias, variações de velocidade etc.; estimativas e escolha de procedimentos adequados para a realização de medidas.

**Competências:** descrever e comparar características físicas e parâmetros de movimentos de veículos e outros objetos em diferentes linguagens e formas de representação..

**Estratégias:** discussões em pequenos grupos para propor procedimentos com proposta de fechamento em grande grupo para estabelecer um procedimento comum a todos. Atividade experimental em dupla.

**Recursos:** roteiro 3 de atividades em grupo visando determinar a velocidade média dos veículos; trena, régua, fita métrica; relógio ou cronômetro.

**Avaliação:** deve-se avaliar a capacidade dos alunos de propor procedimentos em que sejam realizadas medidas de espaço e de tempo para determinação da velocidade média e também a capacidade dos alunos de executar o procedimento e determinar essa velocidade.

### Objetivo/contexto

Esta Situação de Aprendizagem propõe desenvolver a habilidade de escolha de procedimentos e equipamentos adequados para realização de medidas, através da determinação das velocidades dos veículos que trafegam em vias próximas da escola. Trata-se de uma atividade

experimental que deve ser realizada em grupo e com bastante cuidado por envolver ações na calçada da rua.

Para iniciar esta etapa, proponha a seguinte situação problema aos alunos: qual é a velocidade dos veículos que trafegam perto da escola? Depois, organize-os em grupos e distribua o Roteiro 3.

### Roteiro 3: Determinando velocidade de veículos

1 Com seus colegas, elabore um procedimento para determinar a velocidade de um veículo. O que medir e como? Com que equipamentos serão feitas as medidas? Quantos veículos terão suas velocidades determinadas? Cada grupo deve apresentar a sua proposta para a classe.

2 Execução da experiência: Agora que já foi definido como medir a distância e o intervalo de tempo, vamos à prática. Com a ajuda de um colega, use a fita métrica, trena ou passo para medir a distância, em metros, de uma esquina à outra de um quarteirão (façam isso sobre a calçada para não correr riscos de atropelamentos). Marquem esse valor na tabela abaixo. Agora, marquem na tabela abaixo o tipo do veículo, se



é carro, moto, caminhão, bicicleta etc. e os tempos que cada um leva para ir de uma esquina a outra na rua, em segundos.

Distância percorrida:

\_\_\_\_\_ metros

Veículo (tipo)	Tempo (s)	Velocidade (m/s)	Velocidade (km/h)

Veículo (tipo)	Tempo (s)	Velocidade (m/s)	Velocidade (km/h)

**3** – Cálculo das velocidades: Calculem a velocidade média de cada um dos veículos e registrem na tabela. Transformem os valores em km/h e coloque na tabela.

**4** – Respondam à questão feita pelo professor: Qual é a velocidade dos veículos que trafegam perto da escola?

**5** – Elaborem um relatório descrevendo os seguintes itens: a) objetivo da experiência: o que o grupo queria medir; b) procedimento adotado para realizá-la e os instrumentos utilizados: como vocês fizeram as medidas e como determinaram a velocidade dos veículos; e c) suas conclusões: velocidades que foram determinadas por seu grupo e pelos de seus colegas e a velocidade média dos veículos que trafegam perto da escola.

## Encaminhando a ação

Qualquer atividade experimental deve ser apresentada ao aluno como uma “situação problema” a ser solucionada experimentalmente.

É importante que o aluno elabore um procedimento para o problema proposto ser compreendido. No final da discussão dos procedimentos propostos pelos alunos deve ficar explícito que a velocidade será determinada pela medida de uma distância e de um intervalo de tempo.

Não deixe de discutir o problema que ocorre se a distância a ser considerada for pequena (erro associado à medida da distância e do tempo) e sugira aos alunos uma quadra como a distância a ser medida, para que o erro associado à medida do intervalo de tempo seja pequeno. No procedimento devem também estar presentes a escolha dos equipamentos a serem utilizados (trena, régua, fita métrica, passos, cronômetro, relógio etc.) e a discussão sobre sua adequação. Por que a trena é melhor que a régua e a fita métrica? A régua é melhor do que o passo? Mostrar que o equipamento es-

colhido depende da precisão que se quer e que se pode obter. Também é importante escolher a quantidade de veículos para responder a questão colocada e verificar a pertinência de discriminação entre eles. Afinal, uma moto terá velocidade média maior que um caminhão se ambos partirem do repouso, mas se eles já estiverem em movimento suas velocidades médias podem ser iguais ao limite de velocidade da rua.

A resposta à questão apresentada poderá ser feita de várias formas, por exemplo, tirando a média das velocidades dos veículos (em média, a velocidade dos veículos é...), apresentando um histograma ou, ainda, relatando os resultados de uma forma geral. Esta retomada é bastante importante, pois normalmente o aluno faz a experiência por fazer e não a encara como um problema a ser resolvido.

O relatório deve ser entendido como um exercício inicial para o desenvolvimento da habilidade de organizar e apresentar os procedimentos científicos na forma de linguagem escrita. Nesse momento, não deve ser avaliado com o rigor que um relatório científico deve ter em relação à precisão de medidas, ou propagação de erros, ou normas, enfim coisas que se espera desenvolver ao longo de todo o Ensino Médio. Devemos observar se o objetivo está claro para o aluno, se o procedimento realizado está devidamente caracterizado com explicações que possibilitem ao leitor a reprodução do experimento, se os dados são apresentados de forma organizada, se o aluno consegue determinar a velocidade média e que conclusões ele conseguiu organizar por meio de todo esse processo. Caso o professor entenda que não há tempo suficiente para elaboração do relatório durante

a aula, o aluno poderá realizá-lo como atividade extraclasse. Nesse caso, o professor estipulará, a seu critério, o prazo de entrega para uma das próximas aulas sem prejuízo à Situação de Aprendizagem.

## Encaminhamento complementar

O conceito de velocidade deve ser generalizado como taxa de variação temporal, utilizando outros exemplos, como determinar a velocidade de crescimento de cabelos, unhas, altura ou peso de uma pessoa, perímetro encefálico de uma criança etc., ou a velocidade de consumo de produtos como o xampu, creme dental, saco de arroz, pó de café etc.

Use mais uma aula para obter a função matemática que melhor representa a “curva” de movimento em gráficos da distância pelo tempo. A idéia é trabalhar um pouco as formas de representação do movimento, por gráfico e funções algébricas. A maioria dos livros apresenta como obter a função horária a partir do gráfico. Note, no entanto, que os gráficos aqui realizados não são ideais como na maioria dos livros, o que implicará o desenvolvimento da habilidade de elaboração e de leitura de gráfico condizente com a ciência experimental. No decorrer do curso, o professor deverá desenvolver gradualmente com os alunos a habilidade de elaboração e leitura de gráficos, promovendo a capacidade de levantar informações como os erros experimentais, as variações de velocidade do carro etc. Os textos sobre a modelização matemática de fenômenos físicos de Terezinha Pinheiro<sup>1</sup> podem auxiliar o professor a aprofundar essa questão, dando subsídios para que ele possa elaborar estratégias que possibilitem ao aluno desenvolver essa habilidade.

<sup>1</sup> PINHEIRO, T. F. et al. *Atividades Experimentais – Transposição Didática – Modelização na Alfetização Científica e Técnica*. In: VII Encontro de Pesquisa em Ensino de Física – VII EPEF. Florianópolis, 2000. (Atas VII Encontro de Pesquisa em Ensino de Física); PINHEIRO, T. F. *Modelos e Modelização: da Física ao ensino de Física no 2º grau*. In: *Modelos e Modelização: da Física ao ensino de Física no 2º grau*. VI EPEF. Florianópolis, 1998. (Atas VI EPEF).

## GRADE DE AVALIAÇÃO DOS PRODUTOS DO TEMA GRANDEZAS DO MOVIMENTO: IDENTIFICAÇÃO, CARACTERIZAÇÃO E ESTIMATIVA DE VALORES DO MOVIMENTO

	<b>Competências e Habilidades</b>	<b>Indicadores de Aprendizagem</b>
Situação de Aprendizagem 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilizar terminologia científica adequada para descrever movimentos de situações cotidianas.</li> <li>• Identificar a presença de movimentos no cotidiano.</li> <li>• Classificar os movimentos identificando as grandezas que os caracterizam.</li> <li>• Planejar o estudo dos movimentos contemplando as classificações efetuadas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificar a presença dos movimentos no dia-a-dia, tanto nas translações como nas rotações, nos diversos equipamentos e máquinas e em atividades físicas e esportivas.</li> <li>• Identificar grandezas que caracterizam o movimento.</li> <li>• Classificar os movimentos em categorias.</li> </ul>
Situação de Aprendizagem 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilizar modelo explicativo de movimento para compreender os movimentos de translação.</li> <li>• Utilizar terminologia científica adequada para descrever situações cotidianas.</li> <li>• Analisar e prever fenômenos ou resultados de experimentos científicos organizando e sistematizando informações dadas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reconhecer variáveis que caracterizam movimentos de translação.</li> <li>• Reconhecer a velocidade como taxa de variação temporal das posições no espaço.</li> <li>• Identificar distância (ou deslocamento) e tempo como variáveis que caracterizam o movimento de translação.</li> <li>• Estimar o tempo ou a distância (ou deslocamento) ou a velocidade, determinando um deles a partir dos dois outros.</li> </ul>
Situação de Aprendizagem 3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Compreender características comuns e formas de sistematizar os movimentos segundo trajetórias, variações de velocidade etc.</li> <li>• Fazer estimativas e escolha de procedimentos adequados para a realização de medidas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Executar o procedimento e determinar a velocidade.</li> <li>• Identificar diferentes unidades de medida de uma mesma grandeza.</li> <li>• Organizar informações em tabelas e histogramas.</li> <li>• Realizar relatórios de atividades experimentais.</li> <li>• Identificar diferentes formas de representar o movimento, com trajetórias, gráficos, funções etc.</li> <li>• Generalizar o conceito de velocidade como taxa de variação em relação ao tempo.</li> </ul>

## PROPOSTAS DE QUESTÕES PARA APLICAÇÃO EM AVALIAÇÃO RELATIVAS AO TEMA – GRANDEZAS DO MOVIMENTO: IDENTIFICAÇÃO, CARACTERIZAÇÃO E ESTIMATIVA DE VALORES

1) (Concurso PEBII SP 2007) A tradicional corrida de São Silvestre, no Brasil, ocorre no dia 31 de dezembro desde 1925. Ao longo desses anos, o percurso foi modificado inúmeras vezes, tendo tido no mínimo 5 500 metros e no máximo 15 000 metros. A maior velocidade média desenvolvida nessa corrida foi de, aproximadamente, 6,3 metros por segundo, em uma prova em que o vencedor obteve a marca de 23 minutos e 26 segundos em um percurso com

- (A) 6 200 metros. (B) 7 000 metros.  
(C) 7 600 metros. (D) 8 900 metros.  
(E) 9 200 metros.

2) (Concurso PEBII SP 2007) No Estado de São Paulo, é comum que as estradas apresentem dois diferentes limites de velocidade; um para caminhões e ônibus e outro, para automóveis. Na Rodovia dos Bandeirantes, por exemplo, essas velocidades são, respectivamente, 90 km/h e 120 km/h. Um automóvel entra nessa rodovia 10 minutos depois de um caminhão, sendo que ambos trafegam com a velocidade máxima permitida. Pode-se prever que o automóvel irá ultrapassar o caminhão em, aproximadamente,

- (A) 5 minutos. (B) 10 minutos.  
(C) 20 minutos. (D) 30 minutos.  
(E) 40 minutos.

3) Num shopping, usando a escada rolante, leva-se 10 s para descer de um piso ao outro. Uma criança brincando de subir a escada rolante corre no sentido contrário ao movimento dos degraus e leva 15 s para subir de um piso ao outro. Chegando ao topo da escada, a criança desce correndo pela escada rolante, com a mesma velocidade em relação aos degraus desenvolvida ao subir. Quanto tempo ela leva para descer de um piso ao outro?

- (A) 2,00 s (B) 3,75 s (C) 5,00 s  
(D) 7,50 s (E) 9,50 s

4) Usando elementos presentes nas figuras abaixo complete a tabela com dois elementos em cada uma das seis categorias.



Movimento		Força			Equilíbrio
Deslocam	Giram	Produzem movimento	Controlam movimento	Ampliam força	Ficam em equilíbrio

5) Podemos determinar a velocidade com que as unhas ou os cabelos crescem.

- A) Que procedimento você sugere para obter estas informações efetivamente?  
 B) Que coisas ou equipamentos você utilizaria para realizar as medições?  
 C) Em que unidade você apresentaria os resultados?

### Grades de correção das questões:

As três primeiras Questões (1, 2 e 3) avaliam habilidades de utilizar modelo explicativo de movimento para compreender os movimentos de translação; utilizar terminologia científica adequada para descrever situações cotidianas; analisar e prever fenômenos ou resultados de experimentos científicos organizando e sistematizando informações dadas.

A Questão 4 avalia habilidades de reconhecer, identificar e classificar os movimentos presentes no cotidiano que fazem parte do estudo da Mecânica; reconhecer a produção de movimento e as alterações no movimento; identificar formas de controle de movimentos.

A Questão 5 avalia habilidades de propor procedimentos para medir distância (tamanho), tempo e velocidade; efetuar medidas de intervalos de tempo e distâncias; determinar a velocidade média; identificar diferentes unidades de medida de uma mesma grandeza; organizar informações em tabelas e histogramas; generalizar o conceito de velocidade como taxa de variação em relação ao tempo.

### Resolução e comentários:

1) **Resposta:** alternativa **d** 8 900 metros

$$V = 6,3 \text{ m/s}; \Delta t = 23 \text{ min e } 26 \text{ s} = 23 \times 60 + 26 = 1\,380 + 26 = 1\,406 \text{ s}$$

$$\Delta s = V \times \Delta t \quad \Delta s = 6,3 \times 1\,406 = 8\,857,8 \text{ metros.}$$

2) **Resposta:** alternativa **d** 30 minutos

Na ultrapassagem, a posição é a mesma para as duas funções horárias:

$$10 \text{ minutos} = 1/6 \text{ hora}$$

$$90(\Delta t + 1/6) = 120 \Delta t; \quad 90\Delta t + 15 = 120 \Delta t; \\ 15 = 30\Delta t, \text{ portanto } \Delta t = 0,5 \text{ hora.}$$

3) **Resposta:** alternativa **d** 7,5 segundos

(descendo a escada sem andar)  $\Delta S = V_{\text{escada}} \times \Delta t$

$$\Delta S = \begin{matrix} \text{escada} \\ \text{escada} \end{matrix} \times 10 = 10V_{\text{escada}}$$

(subindo pela escada, correndo no sentido oposto aos degraus)

$$\Delta S = (V_{\text{escada}} - V_{\text{criança}}) \times \Delta t$$

$$\Delta S = (V_{\text{escada}} - V_{\text{criança}}) \times 15 = 15V_{\text{escada}} - 15V_{\text{criança}}$$

Como os dois  $\Delta S$  são iguais (mesma escada),  $15V_{\text{escada}} - 15V_{\text{criança}} = 10V_{\text{escada}}$ , então  $5V_{\text{escada}} = 15V_{\text{criança}}$  e, portanto,  $V_{\text{criança}} = 1/3 V_{\text{escada}}$

(descendo a escada correndo no mesmo sentido dos degraus)

$$\Delta S = (V_{\text{escada}} + V_{\text{criança}}) \times \Delta t$$

$$\Delta S = (V_{\text{escada}} + V_{\text{criança}}) \times \Delta t$$

$$\Delta S = (4/3) V_{\text{escada}} \times \Delta t$$

tomando a primeira igualdade  $\Delta S = 10V_{\text{escada}}$

teremos  $10V_{\text{criança}} = (4/3) V_{\text{escada}} \times \Delta t$  e, portanto,  $\Delta t = 30/4 = 7,5$  segundos.

Nesse exercício, os alunos podem confundir a velocidade  $V_{\text{escada}}$  estipulada pelo primeiro caso com a velocidade real do deslocamento:  $V1 = V_{\text{escada}}$  em um caso,  $V2 = (V_{\text{escada}} - V_{\text{criança}})$  no outro e  $V3 = (V_{\text{escada}} + V_{\text{criança}})$ . É preciso tomar cuidado para deixar claro que a velocidade em que ocorre o deslocamento da criança ao descer a escada não é igual nesses três casos. É justamente por isso que, apesar de a escada ter o mesmo tamanho, ela demora tempos diferentes para percorrê-la. Outra dificuldade que os alunos devem encontrar é a substituição de  $\Delta S = 10V_{\text{escada}}$ , para encontrar o tempo de 7,5 segundos. Eles provavelmente entenderão isso como um subterfúgio matemático, por isso é interessante discutir detalhadamente por que se pode realizar essa substituição, ou seja, discutir que a distância (tamanho da escada) é a mesma nos três casos e é através dessa comparação que podemos entender como a variação da velocidade trará uma variação do tempo.

**4) Os critérios:** Nesse procedimento de classificação, as figuras podem ser interpretadas de formas diferentes. É importante que o professor esteja atento às idéias que estiveram presentes na Situação de Aprendizagem 1, pois uma classificação que inicialmente possa parecer inadequada pode estar adequada, por exemplo, a figura da bailarina está colocada para indicar seus rodopios, mas pode também ser interpretada como um deslocamento dela durante sua apresentação, ou ainda o rotor do helicóptero gira para transladar o helicóptero. Abaixo apresentamos algumas das possíveis respostas:

**Deslocam:** helicóptero, carro, pessoa, surfista, avião, pássaro, barco, navio, carroça, carrinho de mão (para carregar objetos),

água etc. **Giram:** hélices do helicóptero, helicóptero, bailarina, pás do ventilador, rodas, engrenagens, hélice do avião, senha e maçaneta do cofre, volante da direção do carro, partes móveis do alicate, borboleta da torneira, maçaneta de seta (do carro, do avião, do navio etc.), saca-rolha, chave de fenda etc. **Produzem movimentos:** motor, vento, combustíveis, rodas, animais, ondas do mar, engrenagens, hélices etc. **Controlam movimentos:** direção, freio, motor, asas do pássaro, atrito com o chão etc. **Ampliam força:** engrenagens, direção hidráulica, alicate, carrinho de mão (para carregar objetos), tesoura, chave de fenda, chave de boca, saca-rolha, borboleta da torneira, chave etc. **Ficam em equilíbrio:** helicóptero, avião, barco, navio, pessoa, bailarina etc.

**5) Resposta:** O que é determinante para o acerto dessa questão é a proposição da medida da variação do tamanho e do tempo, para determinação da velocidade. A utilização de régua, trenas, fita métrica dependerão do tamanho do cabelo, já para a unha o mais comum seria o uso da régua. É relevante que a menor divisão do instrumento seja em milímetros, já que o crescimento mensal é dessa ordem de grandeza. Medidas de tempo em segundos são despropositadas, assim como medidas de tamanho em metros, ainda que essas medidas não estejam erradas, devem ser devidamente discutidas com os alunos caso apareçam nas respostas. O procedimento adequado é aquele em que a unidade utilizada seja de milímetros por mês. Alguns alunos incorrerão no erro de determinar velocidade usando o tamanho do cabelo e não sua variação, isso precisa ser diagnosticado e corrigido através da ação do docente.

## TEMA 2 – QUANTIDADE DE MOVIMENTO LINEAR: VARIÇÃO E CONSERVAÇÃO

O estudo dos movimentos pela análise da quantidade de movimento, ao invés do tratamento usual pelas leis de Newton, se dá pelo entendimento de que neste caso trata-se de uma lei geral, que introduz a análise do sistema físico inteiro. Isso significa dizer que a variação do movimento em uma das partes do sistema necessariamente implica na variação em outra parte do sistema. As interações identificam as variações do movimento nas partes do sistema, enquanto o tratamento usual dado pelas leis de Newton, põe o foco da discussão do que acontece nas partes isoladas do sistema, descolada do que ocorre no restante do sistema.

As Situações de Aprendizagem que compõem este tema se desenvolvem em duas etapas: a primeira trata das mudanças nos movimentos por meio da variação da quantidade de movimento, reconhecendo as interações como causas dessas variações. A segunda parte trata da aplicação da conservação da quantidade de movimento para entender os sistemas físicos presentes no cotidiano e para prever valores de grandezas do movimento.

*As Leituras de Física 3, 4, 5, 6 e 7 do GREF de Mecânica disponíveis no sítio eletrônico do IFUSP<sup>2</sup> e presentes em muitas escolas da rede estadual são ótimos guias e trazem subsídios para o professor sistematizar a conservação do momento e praticar os exercícios propostos com os alunos.*

AULA 5	AULA 6	AULA 7	AULA 8
Situação de Aprendizagem 4	Encaminhamento complementar	Situação de Aprendizagem 5	Situação de Aprendizagem 6
AULA 9	AULA 10	AULA 11	AULA 12
Encaminhamento complementar	Situação de Aprendizagem 7 e Encaminhamento complementar	Encaminhamento complementar	Situação de Aprendizagem 8

<sup>2</sup> Grupo de Reelaboração do Ensino de Física – GREF. Disponível em: [http://www.if.usp.br/profis/gref\\_leituras.html](http://www.if.usp.br/profis/gref_leituras.html)



## SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 4 – ALTERANDO OS MOVIMENTOS

**Tempo previsto:** 1 aula

**Conteúdos e temas:** modificações nos movimentos como consequência de interações.

**Competências:** reconhecer as variações no movimento com variações na quantidade de movimento nas partes do sistema juntamente com sua conservação no sistema todo.

**Estratégias:** atividade de organização de conhecimentos prévios a partir de discussão em pequenos grupos, com proposta de sistematização em grande grupo.

**Recursos:** roteiro 4 de atividade em grupo visando identificação e classificação dos movimentos, dos elementos e das grandezas que o caracterizam.

**Avaliação:** deve-se avaliar o entendimento dos alunos sobre a produção e a alteração dos movimentos, além de verificar a necessidade de ocorrer uma interação.

### Objetivo/contexto

Esta Situação de Aprendizagem tem início com um exercício que consta de um levantamento de como os movimentos são alterados nas diversas modalidades de esporte e de jogos. A partir do reconhecimento da interação como a causa que leva a alteração desses movimentos, são analisados: os choques mecânicos em que a alteração pode ser pensada como a transferência da quantidade de movimento de algo que já estava em movimento para algo parado; a ação de campo de forças como ação a distância, no caso da atração gravitacional, e as modificações dos movimentos na interação por atrito e forças de contato. Portanto, esta é uma proposta bastante diferente daquela encontrada nos livros didáticos, em que as grandezas que descrevem as variações das quantidades de movimento são definidas matematicamente.

Visando iniciar a discussão sobre as alterações dos movimentos nos esportes e jogos, convide os estudantes a refletirem sobre como é que nos jogos e esportes competitivos as bolas ou objetos modificam suas trajetórias, indo de um lado para o outro das quadras. Ou, ainda, como passam a se mover **quando** estão paradas. A atividade a seguir é proposta para ser realizada em grupo. Enquanto os estudantes pensam e conversam sobre as questões propostas, distribua aos grupos o Roteiro 4. Os alunos devem fazer um levantamento de que coisas promovem a mudança de um movimento; ao final, o professor deve sistematizar junto com os alunos que, em todos os casos, há uma interação com outro corpo para que ocorra alteração do movimento. Se necessário, o professor deve apontar as interações nos casos em que os alunos não as identificarem, ou seja, se o movimento se modifica é porque há interação com outro corpo.



### Roteiro 4: Descobrimo o que produz a mudança no movimento

- 1 O que é necessário para a bola de futebol parada começar a se mover? E as bolas de vôlei, tênis e pingue-pongue? Como é que nesses jogos as bolas inicialmente paradas começam a se movimentar?
- 2 Por que jogos com raquetes utilizam bolas pequenas e leves e não utilizam bolas grandes e pesadas?
- 3 Como é possível no jogo de tênis a bolinha ter velocidade de 180 km/h, como indicam medidores de velocidade no saque do tenista? É possível que o jogador seja tão rápido assim com os braços?
- 4 O que é necessário para um veículo parado começar a se mover? Pense em uma bicicleta, um carro, um avião e um barco. Todos esses veículos fazem a mesma coisa?
- 5 Por que é mais fácil empurrar uma bicicleta do que empurrar um carro ou um ônibus ou um caminhão?
- 6 O que é preciso para um veículo como a bicicleta fazer uma curva modificando a trajetória e o movimento? Com um carro é a mesma coisa? E com um avião?
- 7 A pedra que rola de um barranco, a bola que desce a ladeira, o pingo de chuva que cai do céu, como é que eles começam a se mover?
- 8 Existe algum tipo de movimento que pode iniciar ou ser alterado sem que o objeto interaja com alguma outra coisa (ou empurre, ou bata, ou puxe outro objeto)?
- 9 Façam uma lista com coisas que vocês conhecem e que modificam seu movimento, ou começam a se mover, ou param de se mover, ou mudam sua trajetória, sua velocidade etc. Tentem explicar o que causa essas mudanças nos movimentos, classificando-as em função do tipo de interação que promove a alteração no movimento: I) interações por colisões (batidas); II) interações por atrito (contato sem batida); III) interações a distância; IV) outros.

### Encaminhando a ação

Em relação aos Itens 1, 2 e 3, o choque entre um objeto e a bola é o fator que altera as características do movimento, e por isso é relevante o conceito de quantidade de movimento, pois tanto a velocidade como a massa dos objetos devem ser avaliadas. É por isso mesmo que nos jogos com raquetes as bolas devem ter massa pequena para sofrer grande variação de sua velocidade, pois caso a massa da bola seja grande a variação da velocidade será pequena, podendo quebrar a raquete. É também por isso que, embora os braços do tenista não tenham como atingir a velocidade de 180 km/h, após

sofrer variação na quantidade de movimento por efeito do impacto com a raquete, a bola (cuja massa é bastante inferior ao conjunto do braço do tenista e da raquete) atinge essa velocidade tão alta devidamente registrada pelos equipamentos. Os grupos provavelmente determinarão a colisão como causa da variação da quantidade de movimento. Explore e reforce a importância da interação.

Em relação aos Itens 4, 5 e 6, os grupos provavelmente determinarão a interação por força de atrito com o chão, que caracteriza a variação da quantidade de movimento. É pela interação entre o chão e o veículo que se altera

o movimento. Uma pista lisa, sem aderência do veículo ao chão, como em um derramamento de óleo na pista, ou uma grossa lâmina de água de uma chuva forte, faz o veículo deslizar em linha reta sem alterar o movimento até que volte a ter atrito com o chão. Eles terão dificuldade para explicar o caso do avião, em que é a resistência do ar que faz o papel do atrito, ou seja, sem o deslocamento do ar não há alteração no movimento do avião; já para um barco, é a interação com a água que faz este papel.

Em relação ao Item 7, os grupos provavelmente terão dificuldades quanto a identificar a interação com o planeta, ou seja, é por atrair o planeta que as gotas entram em movimento, e tanto a pedra como a bola começam a se mover rampa abaixo. Para que elas caiam, necessariamente o planeta sobe, o que é imperceptível e por isso difícil de entender.

Em relação ao Item 8 é importante que fique claro que é impossível qualquer alteração do movimento sem sua compensação por outra alteração em outra parte do sistema físico. Fisicamente, nem mesmo o Super-Homem pode voar sem interagir com outro objeto alterando-lhe também o movimento.

Para o Item 9, cada grupo deverá apresentar aos colegas a sua lista das alterações de movimento encontradas. Assim como ocorreu na Situação de Aprendizagem 1, à medida que elas são apresentadas, devem ser escritas na lousa e, ao final da apresentação, teremos um quadro das alterações dos movimentos reconhecidas pela classe e que serão classificadas nas quatro categorias indicadas no roteiro: I) interações por colisões (batidas), II) interações por atrito (contato sem batida), III) interações a distância, IV) outros. Em “outros”,

podem estar presentes forças de interação como empuxo, deformação elástica de molas etc.

## Encaminhamento complementar

O professor terá uma aula para sistematizar e desenvolver com os alunos a concepção de quantidade de movimento. O exemplo do tenista pode ser um bom início para a sistematização da quantidade de movimento, ao estimar a velocidade em que o braço do tenista se move. Também pode-se pensar em uma continuidade, utilizando colisões entre bolas de diferentes tamanhos, massas e materiais. Promova choques entre elas, iniciando, por exemplo, com o jogo de bolas de gude, jogo de bocha, entre outros que utilizam as colisões como forma de modificar o movimento. **Veja**

**as páginas 28 a 38 do livro Física 1: Mecânica do GREF, editora da Universidade de São Paulo, uma forma de discutir a quantidade de movimento, sua conservação e variação. Também sugerimos o Caderno 5 do Pró-Universitário<sup>3</sup> que apresenta textos e exercícios sobre quantidade de movimento da página 28 até a 46. No sítio eletrônico do Pró-Universitário você também encontrará a lista de exercícios do módulo 5.** Peça aos alunos que façam alguns exercícios sobre determinação da quantidade de movimento, que podem ser facilmente encontrados em qualquer livro didático.

## Para casa

Na próxima Situação de Aprendizagem, discutiremos a variação do momento linear. Peça para os alunos pesquisarem para que servem os *airbags* dos carros. Por que os carros modernos usam freios que não travam a rodas dos veículos? Por que os carros de corrida não cantam pneus na largada?

<sup>3</sup> Pró-Universitário. Disponível em: <http://lnaeg.prg.usp.br/punil/disciplinas/fisical/homedefisicalindex.htm>

## SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 5 – A FORÇA DE UMA INTERAÇÃO

**Tempo previsto:** 1 aula

**Conteúdos e temas:** causas da variação de movimentos associadas às intensidades das forças e ao tempo de duração das interações.

**Competências:** identificar a relação entre força e tempo de interação na alteração de um movimento.

**Estratégias:** discussões em pequenos grupos para determinar procedimentos e cálculos matemáticos envolvidos na variação da quantidade de movimento, com proposta de fechamento da discussão em grande grupo para estabelecer e debater forma de ação que propicie intervenção solidária na sociedade.

**Recursos:** roteiro 5 de atividade em grupo, visando identificação da variação do momento por ação de uma força.

**Avaliação:** deve-se avaliar o entendimento dos alunos sobre a relação entre a produção e a alteração dos movimentos e a ação de uma força aplicada durante um intervalo de tempo, assim como a influência da variação da intensidade da força ou da variação do tempo que ela é aplicada.

### Objetivo/contexto

As variações do momento linear de uma parte do sistema também podem ser entendidas pela atuação de uma força, definida como a razão entre a variação da quantidade de movimento e o tempo de interação,  $\vec{F} = \frac{d\vec{P}}{dt}$  que deixa claro o papel fundamental do tempo de interação quando pensamos na variação do momento, já que quanto menor o tempo, maior será a força de interação. Assim passamos a ter um novo entendimento da dureza de um martelo, entendido agora como necessidade de um impacto muito rápido para o surgimento de uma força bastante intensa. Já em uma borracharia, o martelo de borracha composto de material elástico de deformação prolongada é a ferramenta adequada para colocação de pneus nas rodas, pois quando se aumenta o tempo de impacto, diminui a força de interação e, assim, o martelo não deforma a roda na qual o pneu está sendo montado.

O estudo das freadas dos veículos e a interação pela força de atrito entre o veículo e o chão constituem partes de um sistema físico em que essa variação é o foco principal dos dispositivos e das pesquisas e reflexões. Afinal, é necessário propor formas de frenagem mais seguras e eficientes, para o que é necessário entender como se dá a variação da quantidade de movimento dos veículos em função das forças de frenagem deles. Sistemas como ABS, que impedem o travamento de rodas evitando o deslizamento dos pneus, compostos macios feitos para aumentar a aderência do pneu, airbags e carrocerias com sistemas de deformações progressivas são também pensados para nos proteger quando a frenagem falha. Assim, as variações da quantidade de movimento por forças ganham materialidade em nosso cotidiano, com uma relevância muito grande, afinal, hoje, até as bicicletas têm freios a disco!

Após a introdução acima, separe os alunos em grupos e entregue o Roteiro 5.

### Roteiro 5: Breca! Vai!! Breca!!!

- 1 O que um motorista faz para parar um veículo em movimento? Certamente ele vai acionar o freio, mas o jeito que ele vai frear depende do quê?
- 2 Classifiquem os tipos de freada em I) freada repentina, II) freada suave, III) freio motor e IV) outros.
- 3 A fim de parar um carro com massa de 800 kg e velocidade de 17 m/s (\_\_\_km/h), será necessário que uma força varie a quantidade de movimento do veículo

$$\Delta Q = m \cdot \Delta v$$

$$\Delta Q = 800 \cdot (0 - 17)$$

$$\Delta Q = - 13\,600 \text{ kg.m/s.}$$

Completem a tabela estimando valores para a força F (força de atrito). E, para o tempo da freada, pense nos três tipos, tendo percebido no texto que  $\Delta Q = F \cdot \Delta t$ .

Freada	Força de atrito (N)		Tempo da freada (s)	=	$\Delta Q$ (N.s)
I	- 3400	x	4	=	- 13 600
II		x		=	
III		x		=	

- a) A variação total da quantidade de movimento é alterada em função de que tipo de freada?
- b) A unidade de quantidade de movimento kg.m/s é equivalente a unidade de N.s?
- c) Comparem a força de atrito necessária para realizar cada freada: o que faz aumentar ou diminuir a força?
- d) Comparem o tempo de cada freada: o que faz aumentar ou diminuir o tempo?
- e) Qual freada é mais confortável para o motorista? Por quê?

- 4 Calculem o quanto diminui a força que atua em um motorista durante uma colisão, admitindo que o tempo da interação sem *airbag* seja de 0,05 s e com *airbag* passe a ser 0,5 s.
- 5 Em julho de 2007, o Contran aprovou a resolução 245 que obriga os novos veículos a ter equipamento antifurto com bloqueio e rastreamento do veículo, para poderem ser comercializados no Brasil, mas não há resolução que obrigue os veículos a ter *airbag* ou freios “inteligentes”, como o ABS. Realizem um debate envolvendo essas prioridades e, ao final, escrevam uma carta endereçada ao Contran com o posicionamento de vocês sobre as prioridades adotadas.

### Encaminhando a ação

A primeira pergunta refere-se a um tipo de levantamento em que os alunos trarão elementos que conhecem e que são importantes quando se usam os freios dos veículos. Alguns deles trarão elementos das freadas de bicicletas, principalmente os alunos mais novos, que

não podem dirigir veículos motorizados, embora todos conheçam as freadas dos carros ou dos ônibus.

A segunda pergunta resulta em uma classificação: freadas repentinas são bruscas, como as que cantam pneus, fruto de imprevistos e da necessidade de frear imediatamente. Freadas

suaves são freadas programadas e realizadas normalmente nos veículos pelo acionamento progressivo do freio. Freio motor é a frenagem em que não se pisa no freio e é utilizada em veículos motorizados. Nessa frenagem, as rodas de tração do veículo que estão ligadas ao motor pelos eixos, homocinéticas, bielas etc. permanecem engrenadas ao motor que, quase sem injeção de combustível, realiza o trabalho de frenagem pela compressão dos gases no motor e pela redução na rotação do eixo do motor devido aos trabalhos e atritos internos. Isso poupa os freios e impede que eles se aqueçam demais, deixando de funcionar, em longas descidas. Por isso, as placas de sinalização: Use o freio motor. Em “outros” devem estar presentes as frenagens sem uso dos freios ou motor, mas por atrito dos pneus e resistência do ar, muito comuns nas bicicletas, as quais param se você não pedalar, mesmo em uma reta.

A terceira pergunta possibilita os cálculos da variação da quantidade de movimento e das forças de atrito a partir da estimativa dos tempos de frenagem. É importante, nesse caso, ressaltar que, no Item a, não há mudança no valor da variação. No Item b, as duas unidades são equivalentes; faça uma análise dimensional ou mostre a equivalência transformando-as em unidades elementares do Sistema Internacional. Nos itens c e d, o relevante é a comparação entre as forças e os tempos e, no item e, o que é desconfortável para o motorista é uma força de intensidade elevada.

A quarta pergunta generaliza o fenômeno tratado na pergunta 3, também para um dispositivo de segurança. Repare que nesse caso com o *airbag*, a força será dez vezes menor que sem ele, o que faz toda diferença

para o passageiro, em uma batida.

A quinta pergunta possibilita a reflexão sobre problemas reais e a tomada de decisão, buscando relacionar informações disponíveis em situações concretas para construir argumentação consistente, recorrendo aos conhecimentos desenvolvidos para elaboração de propostas de intervenção solidária na realidade. Assim, o debate sobre as prioridades deve ser encaminhado de forma a destacar a obrigatoriedade do sistema antifurto de interesse comercial, em contraposição à segurança dos ocupantes de interesse social. Isto porque a segurança dos passageiros permanece em segundo plano, já que os modernos sistemas de segurança como *airbag* ou freios “inteligentes” são disponibilizados apenas como artigo de luxo nos veículos.

### Encaminhamento complementar

Outras situações em que é relevante a variação do momento pela ação de forças podem ser desenvolvidas em pesquisas ou atividades que tragam elementos de natureza vetorial. Trabalhos de pesquisa sobre ciência de materiais, desenvolvimento de novos compostos, e de física do estado sólido podem ser bastante estimulantes ao estudante.

### Para casa

Para problematizar o assunto tratado na próxima Situação de Aprendizagem, peça aos alunos que pesquisem, perguntando aos adultos e fazendo buscas na internet, por que é tão difícil ficar em pé em um chão muito liso, como na patinação no gelo, em um chão liso e ensaboado, em um chão cheio de óleo ou graxa etc.

## SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 6 – COMPENSANDO OS MOVIMENTOS NA AÇÃO DE FORÇAS INTERNAS

**Tempo previsto:** 1 aula

**Conteúdos e temas:** modificações nos movimentos como consequência de interações.

**Competências:** utilizar modelo explicativo de movimento para compreender a variação e a compensação dos movimentos de translação. Utilizar terminologia científica adequada para descrever situações cotidianas. Analisar e prever fenômenos ou resultados de experimentos científicos organizando e sistematizando informações dadas.

**Estratégias:** atividade de organização de conhecimentos prévios a partir de discussão em pequenos grupos, com proposta de atividades experimentais.

**Recursos:** roteiro 6 de atividade em grupo visando identificação das interações na alteração dos movimentos; lápis rolíços, prancha de isopor ou pedaço de cartolina, carrinho movido a corda ou fricção.

**Avaliação:** deve-se avaliar o entendimento dos alunos sobre a produção e a alteração dos movimentos além da necessidade de ocorrer a interação.

### Objetivo/contexto

Esta Situação de Aprendizagem propõe que a discussão da produção do movimento seja realizada por meio das variações das quantidades de movimento nas partes do sistema e de sua conservação no sistema todo. Observando casos em que o sistema todo é considerado, há atuação apenas de forças internas, portanto, sua somatória é nula. Assim uma alteração no movimento é compreendida pela alteração do movimento de outra parte do sistema. Se o sistema é observado apenas em suas partes, identificamos a variação do movimento e a força de interação, mas o resultado final de todas as interações tem resultante nula. Propomos iniciar

essa discussão partindo da análise de como é possível iniciar o movimento com todos os corpos parados. Depois, divida a classe em grupos e distribua o Roteiro 6.

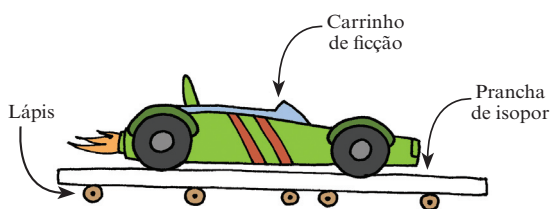


Ablestock



## Roteiro 6: Produzindo movimentos

1. Quando vocês jogam suas mochilas para frente, vocês vão para trás? Quando vocês andam para frente (a pé ou de patins), vocês provocam o movimento de alguma coisa para trás? Podemos produzir ou alterar o nosso movimento quando jogamos alguma coisa para longe?
2. Com seus colegas, façam o seguinte experimento: usando um carrinho movido a mola (ou de fricção), alguns lápis e uma cartolina ou um pedaço de isopor, como está indicado na figura, respondam: Será que o “chão” vai se mover para compensar o movimento do carrinho?



3. Repitam a atividade acrescentando mais placas de isopor sobre os lápis ou mais pedaços de cartolina, uns em cima dos outros, para aumentar a massa do “chão” por onde o carrinho anda. O que acontece?

4. Repitam a atividade sem usar os lápis, coloquem o isopor sobre o chão da sala. O que acontece?
5. Por que, enquanto o carrinho permanece na sua mão, mesmo que a roda dele esteja girando, ele não faz força para frente? Por que o carrinho vai para frente e o “chão” se move para trás quando vocês soltam o carrinho no chão?
6. Discutam a importância do atrito para conseguir ficar em pé parado, para começar a andar e para modificar o movimento durante uma caminhada.
7. Vocês já ouviram falar que os astronautas fazem a “caminhada espacial” quando eles se movem do lado de fora da nave espacial? Como é possível que o astronauta “ande” do lado de fora da nave espacial?
8. Escrevam uma síntese das observações realizadas: Contem o que fizeram e o que foi observado, organizem os resultados das observações em uma tabela.

## Encaminhando a ação

A primeira pergunta faz emergir elementos do senso comum que reforçam a concepção de que o movimento é gerado espontaneamente, sem a necessidade de compensação, visão que se contrapõe às teorias científicas. Ainda que os alunos aceitem a visão científica, eles terão muita dificuldade em entender que empurramos o chão para trás ao andar, ou que somos lançados para trás ao jogar a mochila para frente. Essas concepções serão reinterpretadas após o experimento, mas não se preocupe com isso nesse mo-

mento. Apenas indique situações em que a compensação fique clara: recuo do canhão, pneu de moto ou carro jogando lama ou pedrisco para trás para o carro começar a andar.

As Perguntas 2, 3 e 4 referem-se ao fato de a quantidade de movimento depender tanto da velocidade como da massa dos corpos. Na Pergunta 2, o professor deve escolher adequadamente o tamanho da cartolina ou do isopor, selecionando o tamanho das placas em função do carrinho que for usado no experimento. Assim, por exemplo, para car-

rinhos pequenos, placas com 20 cm x 60 cm são suficientes; para carrinhos pouco maiores, placas com 40 cm x 100 cm etc. Faça um teste antes de realizar a atividade: é adequado que o carro saia com menor velocidade e o chão, com a maior velocidade. No experimento da terceira pergunta, o chão sairá com velocidades cada vez menores até no limite apresentado na quarta questão, pois com a massa do “chão” muito maior que a do carrinho, o deslocamento passa a ser imperceptível. Também é possível aumentar a massa do “chão” colocando objetos, como estojos, sobre a prancha de isopor ou de cartolina ao lado ou atrás do carrinho. Nessa atividade, o professor deve ressaltar a conservação focando no fato de que o “chão” saiu para o outro lado e na razão entre as velocidades. Quanto menor for a massa do chão, maior a velocidade que sai para trás, para igualar à quantidade de movimento do carrinho que tem maior massa e menor velocidade para frente. Não utilize essa atividade para tentar determinar o valor da quantidade de movimento; para isso esse aparato não é adequado.

Nas Perguntas 5 e 6 deve-se evidenciar a compensação do movimento do carrinho ou do nosso andar pelo movimento do “chão”, com o foco na importância da interação entre os objetos para a variação da quantidade de movimento. Enquanto o carrinho ficar no ar mantido pela mão, ele não estará interagindo de forma perceptível, a não ser pelo peso dele. Já para permanecer em pé, o atrito com o chão é fundamental para permanecer estático com os pés firmes; se o chão estiver recoberto por óleo, não conseguimos firmar nosso pé no chão e não conseguimos permanecer em pé.

Na Pergunta 7, para “andar” no espaço o astronauta precisa interagir com a nave por

meio de cabos de segurança, sapatos magnéticos, ou estar preso a ela por braços mecânicos; ou então o astronauta deverá interagir com um equipamento de propulsão, que pode ser a gás ou outro fluido, que o impulsiona em uma direção e em um determinado sentido, enquanto o fluido é impelido na mesma direção e no sentido contrário.

A síntese deve ser entendida como um exercício de identificação dos aspectos mais relevantes da atividade e dos resultados obtidos; sua organização e apresentação devem ser na forma de linguagem escrita. Deve-se observar se o procedimento está devidamente caracterizado e se os dados são apresentados de forma organizada; para isso, a tabela é uma forma bastante apropriada de apresentação. Verifique, ainda, se os alunos deixaram de apresentar elementos importantes, o que ocorre muitas vezes, pois é comum os alunos acreditarem que podem suprimir tudo o que entendam estar implícito no procedimento realizado. Esse procedimento, muitas vezes, não é o correto, pois há muitas formas de realizar uma atividade. Discuta isso com eles.

### Encaminhamento complementar

Recupere com os alunos os elementos classificados no Item 9 da Situação de Aprendizagem 4 como “outros” e que correspondem à compensação. Discuta com eles situações como a explosão de uma granada (bomba) ou os fogos de artifícios, sempre focando a importância da interação para a alteração do movimento, e realize as atividades sugeridas nas Leituras de Física 3 do GREF de Mecânica. Você pode também identificar problemas e exercícios sobre compensação em materiais didáticos do Ensino Médio, na discussão de choques mecânicos ou na discussão de quantidade de movimento.



## SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 7 – A CONSERVAÇÃO DO MOMENTO LINEAR

**Tempo previsto:** 1 aula

**Conteúdos e temas:** modificações nos movimentos das partes de um sistema físico como consequência da conservação do movimento total do sistema.

**Competências:** utilizar modelo explicativo de movimento para compreender a conservação nos movimentos de translação. Utilizar terminologia científica adequada para descrever situações cotidianas. Analisar e prever fenômenos ou resultados de experimentos científicos organizando e sistematizando informações dadas.

**Estratégias:** atividade de organização de conhecimentos prévios a partir de discussão em pequenos grupos, com proposta de desenvolver atividades teóricas para prever resultados de atividades experimentais.

**Recursos:** roteiro 7 de atividade em grupo, visando estimar valores de grandezas físicas e solucionar problemas utilizando-se a lei de conservação da quantidade de movimento.

**Avaliação:** deve-se avaliar a variedade e a qualidade das manifestações dos alunos sobre as questões físicas envolvidas em cada caso apresentado e a capacidade de solucionar os problemas propostos utilizando-se a lei de conservação da quantidade de movimento.

### Objetivo/contexto

Esta Situação de Aprendizagem finaliza a discussão sobre a conservação da quantidade de movimento no sistema todo e de suas variações nas partes do sistema. Sistematiza o que já foi tratado anteriormente nas Situações de Aprendizagem 5 e 6, com o foco na variação da quantidade de

movimento como forma de caracterizar a conservação. O que diferencia essa Situação de Aprendizagem é o fato de seu foco estar na concepção de conservação para caracterizar a variação. Para prosseguir com a Situação de Aprendizagem, divida a classe em grupos e entregue o Roteiro 7.

### Roteiro 7: Trombadas de ficção científica

1. Complete a tabela abaixo com as quantidades de movimento usando a lei de conservação. Faça um desenho para cada uma das colisões, representando os veículos, a direção e o sentido dos movimentos.

Colisão 1	Carro 1		Carro 2	=	TOTAL
Antes	100	+	0	=	100
Depois	40	+		=	g.cm/s

Colisão 2	Carro 1		Carro 2	=	TOTAL
Antes	100	+	-100	=	
Depois	-60	+		=	

Colisão 3	Carro 1		Carro 2	=	TOTAL
Antes	30	+	-100	=	
Depois		+	10	=	

2. Complete as tabelas abaixo que apresentam dados de colisões em uma mesma direção com veículos de massas diferentes. Use conservação da quantidade de movimento para calcular o valor das quantidades de movimento (Q), da velocidade (V) e da massa (M). Faça um desenho para cada uma das colisões, representando os veículos, a direção e o sentido dos movimentos.

Colisão 1	Jamanta		Carro		TOTAL
Antes	$M \times 20$ $= Q$	+	$40 \times 0$ $= 0$	=	2 000 g.cm/s
Depois	$100 \times V$ $= 1 000$	+	$40 \times 25$ $= 1 000$	=	

Colisão 2	Jamanta		Carro		TOTAL
Antes	$100 \times 0$ $= 0$	+	$40 \times 100$ $= 4 000$	=	g.cm/s
Depois	$M \times 50$ $= 5 000$	+	$40 \times V$ $= Q$	=	

Colisão 3	Jamanta		Carro 2		TOTAL
Antes	$100 \times$ $(-8) =$ $-800$	+	$40 \times 20$ $= 800$	=	g.cm/s
Depois	$100 \times 10$ $= 1 000$	+	$M \times$ $(-25) =$ $-1 000$	=	

## Encaminhando a ação

A primeira pergunta proporciona a realização do cálculo da quantidade de movimento total do sistema, a partir dos valores de suas partes, e pede ao aluno que determine o valor envolvido em uma de suas partes, após ter o conhecimento do valor total. O foco está na conservação da quantidade de movimento. No desenho, o professor poderá identificar se os alunos estão interpretando corretamente o fenômeno físico proposto, verificando o sentido dos movimentos para que a colisão promova as variações indicadas na tabela. É importante lembrar que a convenção de sinais nesse caso é escolha do aluno.

A segunda pergunta proporciona a realização do cálculo da quantidade de movimento total do sistema a partir dos valores de suas partes, e pede ao aluno que determine, após ter o conhecimento do valor total, o valor envolvido em uma de suas partes e, em cada parte, os valores das velocidades e massas en-

volvidas. O foco está no fato de que, por meio da conservação da quantidade de movimento, podemos identificar características específicas das partes do sistema como velocidades e massas envolvidas. Como já comentamos, o desenho auxilia o professor a identificar a interpretação que o aluno teve do fenômeno físico proposto.

## Encaminhamento complementar

É necessário que o professor dedique mais uma aula para reforçar os elementos tratados até o momento, com foco na conservação da quantidade de movimento e nas suas variações nas partes do sistema. A proposição de exercícios de fixação ou desenvolvimento e aprofundamento dos conceitos envolvidos dependerão do diagnóstico que o professor realizar em cada sala de aula. A Situação de Aprendizagem 8, que dá fechamento ao tema, envolve um bom entendimento dos elementos discutidos ao longo desse tema.

## SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 8 – CONHECIMENTO FÍSICO AJUDA A JULGAR AÇÕES DO NOSSO DIA-A-DIA

**Tempo previsto:** 1 aula

**Conteúdos e temas:** conservação da quantidade de movimento e a identificação de forças para fazer análises, previsões e avaliações de situações cotidianas que envolvem movimentos.

**Competências:** utilizar modelo explicativo de movimento para compreender a variação e a compensação dos movimentos de translação. Utilizar terminologia científica adequada para descrever situações cotidianas. Analisar e prever fenômenos ou resultados de experimentos científicos organizando e sistematizando informações dadas.

**Estratégias:** debate entre três grupos de alunos com finalidade de organização dos conhecimentos científicos adquiridos, para subsidiar argumentação em atividade lúdica de jogo, em que é simulado um julgamento.

**Recursos:** roteiro 8 de atividade em grupo, visando a conservação da quantidade de movimento e a identificação de forças para fazer análises, previsões e avaliações de situações cotidianas que envolvem movimentos.

**Avaliação:** deve-se avaliar o entendimento do aluno sobre a conservação da quantidade de movimento e sua capacidade de realizar previsões e avaliações de situações cotidianas que envolvem produção e a alteração dos movimentos pautado na variação da quantidade de movimento na parte do sistema mediante a interação. Realizar estimativas de força e de tempo nas interações.

### Objetivo/contexto

Esta Situação de Aprendizagem finaliza a discussão sobre as variações das quantidades de movimento nas partes do sistema e de sua conservação no sistema todo, visando

dar um fechamento para a discussão sobre a produção e alteração nos movimentos no nosso dia-a-dia. Leia no Encaminhando a ação como proceder.

### Roteiro 8: Tribunal de pequenas causas físicas

Vocês vão promover um debate em sala de aula e, no final da aula, devem pronunciar o veredicto para os casos apresentados abaixo (vocês devem escolher um deles por vez) que tramitam no tribunal de pequenas causas físicas neste ano. Façam as acusações, defesas e julgamentos usando os conceitos científicos discutidos nas aulas.

Autos 000.1 – Um borracheiro é acusado de danificar a roda de liga leve Megastreetflatpró de um carro importado, por ter usado uma marreta de ferro de 10 kg para colocar o pneu na roda. Ele alega em sua defesa que é muito mais fácil fazer o serviço com a marreta e que com o martelo de borracha não dá para pôr o pneu em uma roda.

Processo 000.2 – Um astronauta é acusado de jogar fora um conjunto de pro-

pulsão Me Empurra da Agência Nacional de Empurrões Espaciais, devendo indenizar a Agência em cinco zilhões. A acusação alega que o simples fato de o referido conjunto de propulsão não estar funcionando não é motivo aceitável para o astronauta jogá-lo fora; o astronauta deveria ter andado até a nave espacial para consertar o equipamento. A defesa alega que o astronauta não estava na Terra nesse dia, ele estava em órbita e do lado de fora da nave; em legítima defesa de sua vida, teve que jogar o equipamento na direção contrária à nave, para que ele, o astronauta, passasse a se mover em direção à nave.

Recesso x00xx0x0x.3 – Um pregador profissional de pregos retos em paredes lisas e de pé é acusado de ter deixado um prego frouxo na parede e, com isso, ter danificado um quadro raríssimo do pintor Quadrolângelo, que caiu da parede. A acusação alega que o réu é culpado por ter usado um martelo de borracha para martelar o prego na parede da casa do Sr. Dr. Prof. Diretor do Museu de Quadros Pendurados de São Paulo. A defesa alega que essa acusação é preconceituosa e que todos os martelos e marretas podem ser usados, sem distinção, para pregar pregos de qualquer tamanho em qualquer parede.

Baixos x00xx0x0x.4 – A Associação dos Pneus Cantores de São Paulo acusa o cantor Luccchhianno Espivarotti de calúnia, por ter afirmado, em entrevista, que os pneus cantores brasileiros ainda não atingiram padrão internacional, pois ele (Espivarotti) consegue cantar pneu mesmo em freadas suaves e manter o som das freadas bruscas por muito mais tempo. A defesa alega que a carteira profissional internacional de cantor permite cantar pneu nas freadas por quanto tempo quiser e que o canto dos pneus não tem nenhuma relação com o tipo de freada, pois acontece até com o freio motor.

SuperAutos x00xx0x0x .5 – A Associação Conservadora da Quantidade de Movimento pede ao Super-Homem que indenize a cidade, acusando-o de poluir o ar durante seus vôos. A acusação alega que o Super-Homem não pode voar sem empurrar ou puxar alguma coisa; como não há nenhum objeto ou propulsor ligado ao corpo dele que compense seu movimento, e o campo gravitacional faz ele cair, fica evidente que ele dispara superbufas no ar, impelindo-o para o alto e avante, o que contribui para poluição do ar da cidade. O réu de identidade desconhecida e sem residência fixa não constituiu defesa.

## Encaminhando a ação

O professor deve organizar a sala em três grupos: um grupo dos juízes, outro dos advogados de acusação (promotores) e outro dos advogados de defesa (defensores). Essa divisão pode ser feita por meio de sorteio, escolha do professor ou os alunos já podem ser orientados a escolher em que grupo gostariam de participar. Assim que os grupos estiverem formados, distribua o Roteiro 8 e peça que escolham um dos casos apresentados para realizar o julgamento em sala de aula.

Determinado o julgamento que ocorrerá na aula e o papel que cada um desses grupos vai desempenhar na atividade, estipule o tempo que os grupos terão para discutir sua estratégia

de ação, consultar suas anotações, apostilas, cadernos e livros.

Inicie o debate entre os grupos, que deverá ser mediado pelo grupo dos juízes, dando igual tempo para a acusação e para a defesa.

Ao final da aula, o grupo de juízes deve proferir a sentença final amparado pelos conceitos científicos estudados nesse bimestre. O professor poderá ser acionado como instância de julgamento superior, caso seja feito “pedido de apelação” ao final do julgamento por uma das partes interessadas ou, ainda, se o professor entender que seja necessário.

Se houver tempo, escolham outro caso e repitam os procedimentos sugeridos.

## GRADE DE AVALIAÇÃO DOS PRODUTOS DO TEMA – QUANTIDADE DE MOVIMENTO LINEAR: VARIAÇÃO E CONSERVAÇÃO

	Competências e Habilidades	Indicadores de Aprendizagem
Situação de Aprendizagem 4	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Reconhecer as variações no movimento com variações na quantidade de movimento nas partes do sistema juntamente com sua conservação no sistema todo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Reconhecer as variações nos movimentos de translação.</li> <li>▶ Reconhecer a produção do movimento.</li> <li>▶ Reconhecer as interações com outra parte do sistema físico como causa das alterações no movimento.</li> <li>▶ Identificar as interações nas formas de controle das alterações no movimento.</li> <li>▶ Classificar as alterações do movimento em categorias.</li> </ul>
Situação de Aprendizagem 5	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Utilizar terminologia científica adequada para descrever as variações no movimento.</li> <li>▶ Identificar a relação entre força e tempo de interação na alteração de um movimento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Reconhecer relações em uma interação entre as variáveis que a caracterizam: a variação da quantidade de movimento, a força e o tempo. <math>\vec{F} = \frac{d\vec{P}}{dt}</math></li> <li>▶ Identificar características e propriedades de materiais, tecnologias e procedimentos, necessários para privilegiar uma característica desejada nessas variáveis durante a interação.</li> <li>▶ Realizar transformações de unidades.</li> </ul>
Situação de Aprendizagem 6	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Utilizar modelo explicativo de movimento para compreender a variação e a compensação dos movimentos de translação.</li> <li>▶ Utilizar terminologia científica adequada para descrever situações cotidianas.</li> <li>▶ Analisar e prever fenômenos ou resultados de experimentos científicos organizando e sistematizando informações dadas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Identificar procedimentos em que sejam realizadas medidas qualitativas de espaço e de tempo para determinação da variação da quantidade de movimento.</li> <li>▶ Executar um procedimento que evidencie a compensação na produção do movimento.</li> <li>▶ Reconhecer a importância da interação na produção do movimento.</li> <li>▶ Identificar as diferentes características do movimento adquiridas pelas partes do sistema físico em interações, relacionando-as com as massas de seus componentes.</li> </ul>

Atividade	Competências e Habilidades	Indicadores de Aprendizagem
Situação de Aprendizagem 7	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilizar modelo explicativo de movimento para compreender a conservação da quantidade de movimento e prever valores das grandezas dos movimentos no cotidiano antes e após interações.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilizar a conservação da quantidade de movimento no sistema todo e a variação da quantidade de movimento em suas partes para determinar valores característicos das grandezas relacionadas ao movimento tanto antes como após uma interação.</li> </ul>
Situação de Aprendizagem 8	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilizar terminologia científica adequada para descrever as variações no movimento.</li> <li>• Identificar a relação entre força e tempo de interação na alteração de um movimento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilizar a conservação da quantidade de movimento no sistema todo e a variação da quantidade de movimento em suas partes para emitir juízo sobre eventos ligados à produção e à alteração nos movimentos no nosso dia-a-dia.</li> </ul>

## PROPOSTAS DE QUESTÕES PARA APLICAÇÃO EM AVALIAÇÃO RELATIVAS AO TEMA – QUANTIDADE DE MOVIMENTO LINEAR: VARIAÇÃO E CONSERVAÇÃO

- Um automóvel pára quase que instantaneamente ao bater frontalmente em uma grande árvore. Explique que benefícios traria aos seus passageiros o fato de ele ter *airbags*.
- (Concurso PEBII SP 2007) Uma astronauta de 60 kg pode se mover fora de sua nave, fazendo uso de um minifoguete de 3 kg, preso à sua cintura. Devido a um defeito nesse equipamento, ela permanece parada a 120 metros da nave. Ocorre-lhe, então, lançar o foguete em direção oposta à nave para conseguir alcançá-la a tempo, pois deve partir em dois minutos. Para que tenha sucesso, a menor velocidade (relativa à nave) que deveria ser dada ao minifoguete seria de  
(A) 0,05 m/s. (B) 1,0 m/s. (C) 10 m/s.  
(D) 20 m/s. (E) 120 m/s.
- Um patinador de 75 kg empurra uma caixa com 50 kg, estando ambos inicialmente em repouso numa pista de gelo em que podemos considerar o atrito desprezível. Após o empurrão, o patinador se move para trás com velocidade de 0,3 m/s em relação ao gelo. Após cinco segundos, qual será a separação entre a caixa e o patinador, supondo que suas velocidades permanecem praticamente constantes?  
(A) 0,75 m (B) 1,5 m (C) 2,25 m  
(D) 2,75 m (E) 3,75 m
- 1909 Colisão fatal – Numa alameda em Paris, o conde Amassadini dirigia a 6 km/h seu veloz automóvel Alfa Morreo 1906 de massa igual a 1,2 t. No sentido contrário, sir Hard Arm colide de frente com seu Fort XT 1909, de 800 kg. Testemunhas relatam a parada imediata dos veículos ao colidirem, mas até hoje a justiça não sabe se sir Hard Arm conduzia seu veículo acima dos 10 km/h permitidos por lei.

**Resolva de uma vez por todas essa antiga pendência judicial!**



Retirado de *Leituras de Física*, do GREF.

- Podemos determinar a variação da quantidade de movimento nas colisões entre as bolas de vidro no jogo de bolinhas de gude.  
A) Que procedimento você sugere para obter estas informações efetivamente?  
B) Que coisas você utilizaria para realizar as medições?

### Grades de correção das questões

A primeira questão avalia a habilidade de utilizar modelo explicativo de movimento para compreender as variações do movimento, relacionando a variação, o tempo de interação e a

$$\text{força: } \vec{F} = \frac{d\vec{P}}{dt}$$

As questões 2, 3 e 4 avaliam habilidades de reconhecer, identificar e utilizar a conservação da quantidade de movimento no sistema todo e a variação da quantidade de movimento em suas partes para determinar valores característicos das grandezas relacionadas ao movimento, tanto antes como após uma interação. Além disso, avalia o reconhecimento da compensação na produção de movimento e nas alterações no movimento e a identificação de formas de controle de movimentos.



A questão 5 avalia habilidades de propor procedimentos para medir distância (tamanho), tempo, velocidade, massa e determinar a quantidade de movimento antes e depois da interação; efetuar medidas de intervalos de massa, tempo e distância; determinar a velocidade média e quantidade de movimento; identificar diferentes unidades de medida de uma mesma grandeza; organizar informações em tabelas.

### Resolução e comentários

1) Resposta: terá menor força durante maior período de tempo

A proteção oferecida pelo *airbag* é definida pela relação entre a variação da quantidade de movimento e o tempo, dados pela expressão  $\vec{F} = \frac{d\vec{P}}{dt}$  ou  $F = \Delta Q/\Delta t$ , portanto quanto maior o tempo da interação, menor a força; assim, com menor força, menor é o perigo para os passageiros.

2) Resposta: alternativa d: 20 m/s

Como o foguete parte em 2 minutos = 120 segundos e o deslocamento é de 120 metros, a velocidade  $v = \Delta S/\Delta t = 120/120 = 1$  m/s. Como a astronauta está parada, o impulso necessário para que parta com essa velocidade é  $I = 60 \text{ kg} \cdot 1 \text{ m/s} = 60 \text{ kg.m/s}$ . Para obter esse impulso, ela lança o minifoguete na direção oposta ao foguete; como o minifoguete está parado, o impulso pode ser calculado como  $I = m.v$  ou seja  $v = I/m$ , portanto o minifoguete deve ser lançado com velocidade  $v = 60 \text{ kg.m/s} / 3 \text{ kg} = 20 \text{ m/s}$ .

3) Resposta: alternativa e: 3,75 m

$Q$  antes =  $Q$  depois = 0, ou seja,  $MV + mv = 0$   
 $75 \text{ kg} \cdot 0,3 \text{ m/s} + 50 \text{ kg} \cdot X \text{ m/s} = 0$ , portanto  
 $X = (-22,5) / 50$ , ou seja,  $X = -0,45 \text{ m/s}$ .

Então o patinador se desloca com velocidade de 0,30 m/s em um sentido e a caixa com velocidade de 0,45 m/s no sentido oposto. Após 5 segundos, a distância entre eles será a soma do módulo dos dois deslocamentos:

$$\Delta S = \Delta s_1 + \Delta s_2$$

$$\Delta S = 0,30 \text{ m/s} \times 5 \text{ s} + 0,45 \text{ m/s} \times 5 \text{ s}$$

$$\Delta S = 3,75 \text{ m}$$

4) Pendência entre o conde Amassadini e sir Hard Arm:

Colisão 1	Alfa Morreo		Ford XT		TOTAL
Antes	1,2t x 6 km/h = 7,2 t.km/h	+	0,8t x Y = Q	=	0 t.km/h
Depois	1,2 t x 0 km/h = 0 t.km/h	+	0,8t x 0 km/h = 0 t.km/h	=	

Pela conservação da quantidade de movimento  $Q = 7,2 \text{ t.km/h}$ , já que a soma delas deve ser zero (total), portanto  $Y = 9 \text{ km/h}$ , o sinal negativo indica que a velocidade do Ford XT tem sentido contrário à velocidade do Alfa Morreo e intensidade de 9 km/h, portanto inferior ao limite de velocidade na rua. Caso encerrado!

5) Resposta: O que é determinante para o acerto dessa questão é a proposição da medida da distância percorrida pela bola e do tempo, determinação da velocidade, medida da massa e, em seguida, a determinação da quantidade de movimento de cada bola antes e depois da batida. A escolha de réguas, trenas, fita métrica, balança e cronômetro dependerá das massas das bolas e da intensidade da batida.



## TEMA 3 – LEIS DE NEWTON

Nesse momento, vamos nos dedicar às leis de Newton estudando as partes dos sistemas, identificando nelas os princípios que Newton postulou em sua obra. A primeira lei, a Inércia, apresenta a concepção de espaço para Newton, um espaço idêntico em toda parte e, por isso, o movimento só é alterado por interações. Não há propriedades do espaço, como deformações ou campos, ou variação de densidade<sup>4</sup> que alterem características do movimento e somente forças podem realizar tal alteração. Por isso, um corpo em repouso permanece em repouso e um corpo em movimento permanece em movimento retilíneo uniforme. A primeira lei também pode ser entendida como outra forma de enunciar a lei de conservação da quantidade de movimento<sup>5</sup>.

A segunda lei determina a força como a razão entre a quantidade de movimento em

relação ao tempo, como já vimos,  $\vec{F} = \frac{d\vec{P}}{dt}$  na

forma diferencial de representar a segunda lei de Newton, que é mais conhecida no Ensino Médio como  $\vec{F} = m\vec{a}$ . Entretanto, essa simplificação só corresponde à lei de Newton para sistemas em que não há variação da massa em nenhuma de suas partes; caso ocorra variação de massas, como nas explosões, nos fogos de artifício ou lançamento de foguetes, a lei precisa ser utilizada na forma original. A segunda lei também pode ser expressa como  $d\vec{P} = \int \vec{F}dt$  na forma integral de representá-la, normalmente

definida no Ensino Médio como Impulso de uma força,  $\Delta\vec{Q} = \vec{F}\cdot\Delta t$ .

A terceira lei, da ação e reação, corresponde à interação entre duas partes de um sistema físico que ocorre da mesma maneira para ambas as partes. Portanto, as forças existentes entre as duas partes são exatamente iguais em intensidade e direção, mas em cada parte a força tem sentido contrário à outra parte<sup>6</sup>.

### Apresentação da proposta

Entendemos que esse tema é o mais comum para o professor do Ensino Médio, pois trata de utilizar diagramas de forças, também conhecidos como diagramas de corpo livre, para determinar grandezas do movimento como aceleração e velocidade, partindo da análise das forças presentes em cada parte do sistema. Assim, esta proposta insere apenas duas Situações de Aprendizagem, uma bastante comum ao professor que discute o diagrama de forças e, outra, que relaciona as leis de Newton (que tratam das partes do sistema durante a interação) com as leis gerais de conservação da quantidade de movimento que tratam do sistema todo e de suas partes após a interação. Sugerimos que as Situações de Aprendizagem sejam propostas nas aulas 14 e 15, após o encaminhamento do professor na aula 13, em que as Leis de Newton devem ser apresentadas aos alunos e, assim, as Situações de Aprendizagem podem sistematizar o conhecimento.

<sup>4</sup> Professor, você já reparou que não há força atuando quando um feixe de luz é refratado? Nesse caso, a variação do movimento é pensada pela variação do índice de refração do meio, ou seja, por diferentes propriedades do meio em que a luz propaga. Num espaço que não seja homogêneo, ou seja, igual em todas as partes, também ocorreria esse tipo de desvio no movimento.

<sup>5</sup> Veja página 44 do livro *Física 1: Mecânica* do GREF, Edusp, 2002.

<sup>6</sup> Veja páginas 45 e 46 do livro *Física 1: Mecânica* do GREF, Edusp, 2002.



O Caderno 3 do Pró-Universitário<sup>7</sup> apresenta textos que subsidiam o professor para introduzir as leis de Newton e praticar os exercícios propo-

tos com os alunos. Os textos e atividades apresentados nas Leituras de Física 18, 19 e 20 do GREF de Mecânica também podem ajudá-lo.

AULA 13	AULA 14	AULA 15	AULA 16
Encaminhamento complementar	Situação de Aprendizagem 9 e Encaminhamento complementar	Situação de Aprendizagem 10 e Encaminhamento complementar	Avaliação

## SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 9 – ANÁLISE DAS PARTES DE UM SISTEMA DE CORPOS

**Tempo previsto:** 1 aula

**Conteúdos e temas:** as leis de Newton na análise de partes de um sistema de corpos.

**Competências:** identificar as forças presentes nos sistemas físicos e em suas partes. Determinar valores das grandezas que caracterizam sistemas físicos estáticos e dinâmicos (forças, acelerações etc.).

**Estratégias:** aula com discussão em grande grupo, resolução de atividades e exercícios em pequenos grupos.

**Recursos:** roteiro 9 de atividade em grupo com problemas físicos de sistemas de corpos e diagrama de forças.

**Avaliação:** deve-se avaliar a variedade e a qualidade das manifestações dos alunos sobre as questões físicas envolvidas em cada caso apresentado.

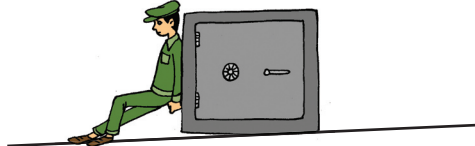
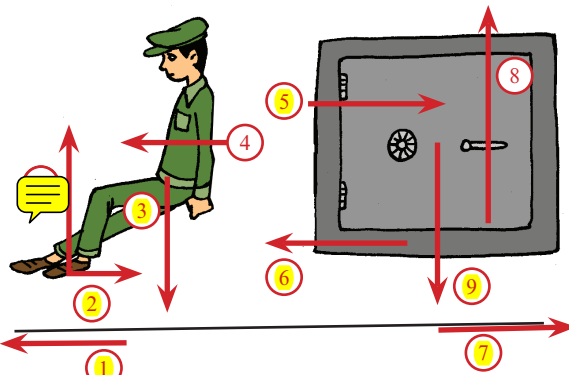
### Objetivo/contexto

Esta Situação de Aprendizagem tem início com um diagrama de força (ou diagrama de corpo livre) e propõe um levantamento das forças presentes em um sistema físico. Essa identifica-

ção possibilita o entendimento de alterações no movimento, tanto em sistemas dinâmicos como nos estáticos, em função das forças identificadas. A segunda parte propõe a previsão das alterações no movimento como uma possível aplicação das leis de Newton do movimento.

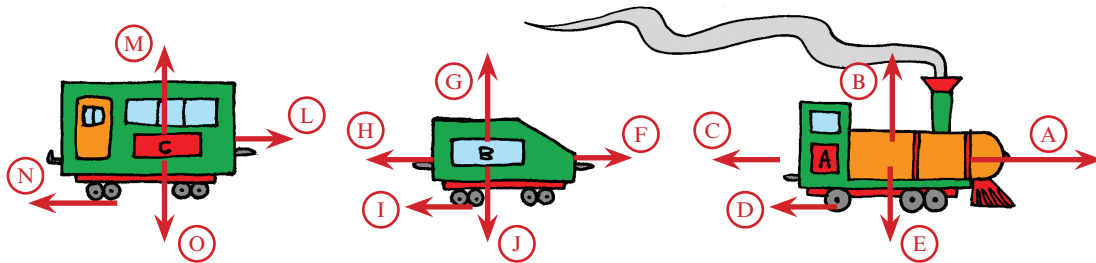
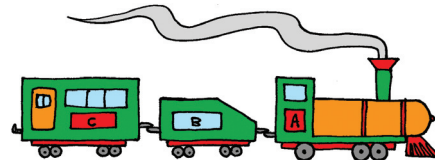
<sup>7</sup> Pró-Universitário. Disponível em: <http://naeg.prg.usp.br/punil/disciplinas/fisical/homedefisical/index.htm>.

### Roteiro 9: Leis de Newton identificando forças e construindo diagramas de corpo livre

	<p>O ladrão ao lado não conseguiu abrir o cofre e decidiu “levar serviço para casa”. O diagrama de forças abaixo indica as várias interações presentes nesta delicada operação.</p>
<p>Atrito do pé no chão</p> <p>Atrito do chão no pé</p> <p>Normal ladrão no cofre</p> <p>Normal cofre no ladrão</p> <p>Atrito do cofre no chão</p> <p>Atrito do chão no cofre</p> <p>Peso do cofre</p> <p>Normal do chão no cofre</p> <p>Peso do ladrão</p> <p>Normal chão no ladrão</p>	
<p>1) Complete a tabela desse quadro com os números corretos das forças.</p> <p>2) Indique quais as forças que possuem a mesma intensidade.</p> <p>3) Que forças constituem pares de ação e reação?</p>	

#### A situação

Uma locomotiva de 30.000 kg é utilizada para movimentar dois vagões, um de combustível de 5 000 kg e outro de passageiros de 25 000 kg, conforme mostra a figura. Sabe-se que a força de tração sobre a locomotiva é de 30 000 N.



1. Encontre o valor de todas as forças. Considere que o coeficiente de atrito é igual 0,008.
2. Encontre a força resultante.
3. Encontre a aceleração.
4. Calcule o tempo que ele leva para atingir 21 m/s.

Atividades extraídas das *Leituras de Física* do GREF, com adaptação das imagens.

Agora, faça no seu caderno uma tabela que organize os dados e os cálculos de cada força.

## Encaminhando a ação

Temos como pressuposto que a aula anterior foi destinada a introduzir as leis de Newton e que nesse momento faremos um aprofundamento e uma sistematização da segunda e da terceira lei.


As referências para essa introdução podem ser encontradas nas páginas 42 a 51 do livro Física 1: Mecânica do GREF, editora da Universidade de São Paulo, 2002. Também podem ser encontradas referências para essa aula nas páginas 18 a 45 do módulo 3 de Física do Pró-Universitário<sup>8</sup>.

O professor pode iniciar a aula com a retomada da discussão das leis de Newton do movimento e como se determina a força de atrito, que será necessária para solucionar a situação proposta para o trem na Situação de Aprendizagem 9.

Organize os alunos em grupos de no máximo três alunos; distribua aos grupos o Roteiro 9. Algumas dicas podem ajudar os alunos a realizar a atividade: para achar o peso, use  $P = m \cdot g$ . Discuta que nem sempre é assim, mas o valor da Normal  $N$  deverá ser igual ao do peso neste caso. O atrito nesse caso será calculado pela fórmula  $F_{at} = \mu \cdot N$ . Diga aos alunos que eles devem achar a força resultante e a aceleração do trem, para depois obter as demais forças, a velocidade e o tempo etc.

Ao término do tempo estipulado para a atividade nos pequenos grupos, peça aos alunos dos grupos que falem sobre os pares de ação e reação identificados na primeira parte

da atividade, e como determinaram a aceleração do trem na segunda parte da atividade. Sistematize essas informações.

Discuta a importância da elaboração dos diagramas de força (também chamados de diagramas de corpo livre) para o entendimento dos movimentos e das interações que promovem a alteração do movimento, e se houver condições,  mostre outras atividades sugeridas nas Leituras de Física 18, 19 e 20 do GREF de Mecânica<sup>9</sup>, bem como atividades e exercícios comuns em materiais e livros didáticos do Ensino Médio.

## Encaminhamento complementar

O par de ação e reação com o peso estão ausentes nos dois casos apresentados na atividade, pois trata-se da força de atração no centro da Terra. Para elucidar essa questão pode ser feita uma breve apresentação da força peso, de interação da massa com o campo gravitacional, mostrando como determiná-la, indicando que o par de reação está no centro da Terra e que, portanto, se algo é atraído para baixo pela Terra é porque a Terra é atraída para cima por esse objeto.

## Para casa

Peça aos alunos que pratiquem exercícios que podem ser respondidos com as leis de Newton, faça listas de exercícios para eles. Há muitos exercícios tanto em livros didáticos de Ensino Médio como em questões para vestibulares e nos materiais aqui indicados.

<sup>8</sup> Pró-Universitário. Disponível em: <http://naeg.prg.usp.br/punil/disciplinas/fisical/homedefisical/index.htm>.

<sup>9</sup> Grupo de Reelaboração do Ensino de Física – GREF. Disponível em: [http://www.if.usp.br/profis/gref\\_leituras.html](http://www.if.usp.br/profis/gref_leituras.html).

## SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 10 – COMPARANDO AS LEIS DE NEWTON E A LEI DA CONSERVAÇÃO DA QUANTIDADE DE MOVIMENTO

**Tempo previsto:** 1 aula

**Conteúdos e temas:** relação entre as leis de Newton e a lei da conservação da quantidade de movimento.

**Competências:** identificar relações entre as leis de Newton e a lei da conservação da quantidade de movimento. reconhecer as leis de Newton como determinação das variações na partes do sistema e lei de conservação como determinação do sistema todo.

**Estratégias:** aula com discussão em grande grupo, resolução de atividades e exercícios em pequenos grupos.

**Recursos:** roteiro 10 de atividade em grupo com problemas físicos de sistemas de corpos com variação da quantidade de movimento de suas partes.

**Avaliação:** deve-se avaliar a variedade e a qualidade das manifestações dos alunos sobre as questões físicas envolvidas em cada caso apresentado e sua capacidade de solucionar os problemas propostos tanto pela lei de conservação da quantidade de movimento quanto pelas leis de Newton.

### Objetivo/contexto

Comparar as leis de conservação da quantidade de movimento que propiciam a compreensão de um sistema físico como um todo, identificando as variações da quantidade de movimento em suas partes,

determinadas antes e após a interação pela conservação; e durante a interação pelas variações descritas tanto pela variação da quantidade de movimento como também pelas leis de Newton.

### Roteiro 10: Comparando leis de Newton e variação da quantidade de movimento

Na Situação de Aprendizagem 5, deparamo-nos com um problema que resolvemos pela variação da quantidade de movimento. Vamos revê-lo com a segunda lei de Newton.

1. A fim de parar um carro com massa de 800 kg e velocidade de 17 m/s (61,2 km/h), será necessário que uma força varie a quantidade de movimento do veículo  $\Delta Q = m \cdot \Delta v$   $\Delta Q = 800 \cdot (0 - 17) = -13\ 600$  kg.m/s, tendo percebido que  $\Delta Q = F \cdot \Delta t$

FREADA	Força de atrito (N)		Tempo da freada (s)	=	$\Delta Q$ (N.s)
I	-3 400	x	4	=	-13 600

Agora, use a segunda lei de Newton e determine a força de atrito. Partindo da aceleração do sistema, use a estimativa de 4 segundos para a freada, a função horária do movimento e determine a aceleração. Lembre-se de que a velocidade final após 4 segundos deve ser zero e a força de atrito necessária será igual à que foi determinada anteriormente. Verifique!

2. Também podemos determinar a variação de uma parte do sistema a partir da determinação da variação da outra, usando as leis de

Newton. Use a segunda lei de Newton como foi feito anteriormente para determinar a variação da velocidade da jamanta, estimando o tempo de interação; depois utilize a terceira lei de Newton e determine a velocidade do carro. Compare os resultados com os obtidos na Situação de Aprendizagem 7. Será necessário estimar o tempo de interação, pois a lei de Newton é baseada no conceito de força, que só existe durante a interação: na ausência de uma interação não há força, como vimos anteriormente.

COLISÃO 2	Jamanta	Carro
ANTES	$100 \times 0 = 0$	$40 \times 100 = 4\,000$
DEPOIS	$100 \times 50 = 5\,000$	$40 \times V = Q$

### Encaminhando a ação

O professor deve resgatar o trabalho realizado na Situação de Aprendizagem 5 e na Situação de Aprendizagem 7, nas quais foram resolvidos os problemas propostos na Situação de Aprendizagem 10 para discuti-los a partir das leis de Newton.

Na Questão 1, determinaremos a força de atrito pela aplicação da segunda lei de Newton. A partir dos valores estimados para o tempo da freada, pode-se determinar a aceleração pela função horária da velocidade ou pela determinação da aceleração média. Com a aceleração média e a massa, usando a segunda lei, obtemos o mesmo valor para força de atrito anteriormente obtido pela variação da quantidade de movimento. Os alunos podem encontrar dificuldade em resolver esse problema por meio das leis de Newton, pois é mais complicado e eles já o resolveram de uma forma mais simples, mas ainda precisam entender as duas formas para poder compará-las. Assim, oriente-os a realizar essa atividade e, em seguida, comparar as duas resoluções.

A segunda questão explicita a necessidade de estimar o tempo de interação para a resolução por meio da lei de Newton, pois ela trata do que ocorre no intervalo de uma interação. Uma vez estimado o tempo da interação, deve-se determinar a aceleração da jamanta para chegar à força de interação durante a batida; posteriormente, usando a terceira lei de Newton. Deve-se determinar a força que será utilizada para encontrar a aceleração do carro e, finalmente, sua velocidade final., após o tempo de interação, que coincidirá com a velocidade determinada pela variação da quantidade de movimento. Os alunos devem ser ajudados e orientados a proceder todas essas etapas.

### Encaminhamento complementar

Deve ser ressaltado o entendimento de que as leis de Newton tratam o momento da interação, enquanto que as leis de conservação da quantidade de movimento e de sua variação tratam do sistema todo. Deve ser ressaltado, ainda, que as duas formas podem trazer soluções para os sistemas físicos clássicos antes, durante e depois das interações.

## GRADE DE AVALIAÇÃO DOS PRODUTOS DO TEMA: LEIS DE NEWTON

	<b>Competências e Habilidades</b>	<b>Indicadores de Aprendizagem</b>
Situação de Aprendizagem 9	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificar as forças presentes nos sistemas físicos e em suas partes.</li> <li>• Determinar valores das grandezas que caracterizam sistemas físicos estáticos e dinâmicos (forças, acelerações etc.).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• O aluno deverá ser capaz de: identificar a presença das forças de interação nas variações dos movimentos nos sistemas físicos.</li> <li>• Determinar valores de grandezas do movimento e sua variação pela atuação de força em interações físicas.</li> </ul>
Situação de Aprendizagem 10	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificar relações entre as leis de Newton e a lei da conservação da quantidade de movimento.</li> <li>• Reconhecer as leis de Newton como determinação das variações nas partes do sistema e lei de conservação como determinação do sistema todo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comparar modelos explicativos das variações no movimento pelas leis de Newton e pela lei da conservação da quantidade de movimento.</li> <li>• Identificar o caráter geral da lei de conservação e o caráter particular das leis de Newton.</li> <li>• Identificar que tanto a lei de conservação da quantidade de movimento (antes, durante e depois da interação) quanto as leis de Newton (durante a interação) determinam valores das grandezas e características dos movimentos em sistemas físicos clássicos, desde que estejam disponíveis as informações necessárias.</li> </ul>

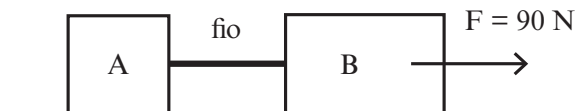


## PROPOSTAS DE QUESTÕES PARA APLICAÇÃO EM AVALIAÇÃO RELATIVAS AO TEMA – LEIS DE NEWTON

1) Num dia de calmaria no mar, o capitão de um barco a vela pede que os marinheiros abanem as velas para que o barco comece a andar. O marinheiro João se recusa a abanar a vela e utiliza o seguinte argumento: “De acordo com a terceira lei de Newton, qualquer força que eu exerça sobre a vela, também exercerá sobre mim uma força igual e oposta e como ambos estamos presos ao barco, a força resultante no barco será zero e eu não teria nenhuma chance de contribuir para acelerar o nosso barco”. Assim, podemos afirmar que

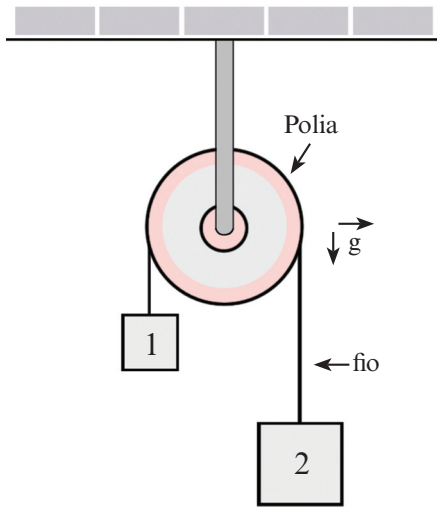
- (A) João está errado, uma vez que o par ação e reação somente é igual se os objetos estão em movimento.
  - (B) João está errado, pois o par ação e reação somente é igual se os objetos estão acelerados.
  - (C) João está errado, uma vez que a força exercida sobre a vela não é o par de reação da força de seu abano.
  - (D) João está correto, pois o barco não está acelerando portanto nenhuma força pode estar atuando sobre ele.
  - (E) João está correto, uma vez que o par ação e reação só atua sobre o mesmo objeto quando ele está em repouso.
- 2) Dois carros A e B, com movimentos de mesma direção e sentidos opostos, se chocam. Durante a colisão, em valor absoluto, a aceleração média do carro A é igual a  $1,0 \text{ cm/s}^2$  e a do carro B é igual a  $0,8 \text{ cm/s}^2$ . Sendo  $800 \text{ kg}$  a massa do carro A, a massa do carro B é de
- A)  $600 \text{ kg}$     B)  $800 \text{ kg}$ .    C)  $1000 \text{ kg}$   
D)  $1600 \text{ kg}$     E)  $2000 \text{ kg}$

3) Dois blocos A e B com massas  $A = 15 \text{ kg}$  e  $B = 30 \text{ kg}$ , são colocados sobre uma superfície plana horizontal quase sem atrito, e são ligados por um fio inextensível e com massa desprezível. O bloco B é puxado para a direita por uma força horizontal  $F$  com módulo igual a  $90 \text{ N}$ .



Nessa situação o módulo da aceleração horizontal do sistema e o módulo da força tensora no fio, valem, respectivamente,

- A)  $2 \text{ m/s}^2$  e  $30 \text{ N}$
  - B)  $2 \text{ m/s}^2$  e  $20 \text{ N}$
  - C)  $3 \text{ m/s}^2$  e  $5 \text{ N}$
  - D)  $3 \text{ m/s}^2$  e  $10 \text{ N}$
  - E)  $2 \text{ m/s}^2$  e  $10 \text{ N}$
- 4) A máquina de *Atwood* consiste numa polia presa ao teto, um fio e duas massas presas como é indicado na figura. Usando massas  $m_1 = 2 \text{ kg}$  e  $m_2 = 3 \text{ kg}$ , uma polia ideal e um fio ideal e inextensível, num local em que a aceleração da gravidade é  $10 \text{ m/s}^2$ , faça o diagrama de forças de cada um dos blocos e da polia, determinando todas as forças que atuam em cada parte do sistema com as massas em movimento, e responda:



Qual seria a velocidade de cada um dos blocos, 15 segundos após serem abandonados em repouso. Elas poderiam ser diferentes entre si?

### Grades de correção das questões

As Perguntas 1 e 2 tratam da 3ª lei de Newton e avaliam o entendimento do aluno sobre quando o par ação e reação está em corpos distintos e por isso não se anula, tendo mesma intensidade, mesma direção e sentidos opostos.

As questões 3, 4 e 5 avaliam habilidades de resolver problemas típicos na literatura sobre a 2ª lei de Newton, determinando valores característicos das grandezas relacionadas à variação do movimento nas partes do sistema tanto antes como após uma interação.

### Resolução e comentários

1) Resposta: alternativa c: João está errado, uma vez que a força exercida sobre a vela não é o par de reação da força de seu abano.

A terceira lei, da Ação e Reação, corresponde à interação entre duas partes de um sistema físico. Essa interação ocorre da mesma maneira para ambas as partes; portanto as forças

existentes entre as duas partes são exatamente iguais em intensidade e direção, mas em cada parte a força tem sentido contrário à outra parte; logo, quando João abana ele promove o movimento do ar; portanto seu par ação e reação é com o ar e não com a vela.

2) Resposta: alternativa c: 1 000 kg.

Do princípio de Ação e Reação, temos que as intensidades das forças no momento da interação são iguais,  $F_a = F_b$ , portanto:

$$m_a \cdot \gamma_a = m_b \gamma_b$$

$$800 \text{ kg} \cdot 1 \text{ cm/s}^2 = m_b \cdot 0,8 \text{ cm/s}^2 \text{ assim, } m_b = 1 000 \text{ kg.}$$

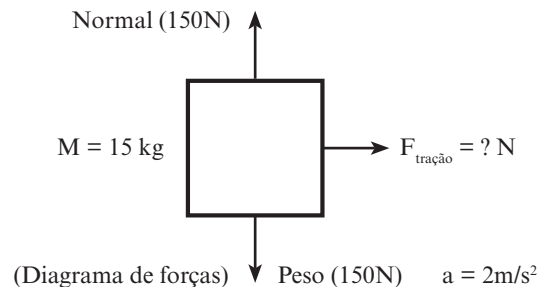
3) Resposta: alternativa a: 2 m/s<sup>2</sup> e 30 N

Pela 2ª lei, se inicialmente consideramos os dois blocos unidos, teremos massa total de 45 kg sendo puxada por uma força resultante de 90 N, teremos

$$F = m \cdot a, \text{ ou seja } 90 \text{ N} = 45 \text{ kg} \cdot a$$

portanto  $a = 2 \text{ m/s}^2$ .

Para determinar a tração utilizaremos o diagrama de forças do bloco A que só tem a resultante das forças agindo sobre ele igual a tração, já que o peso e a normal se cancelam.

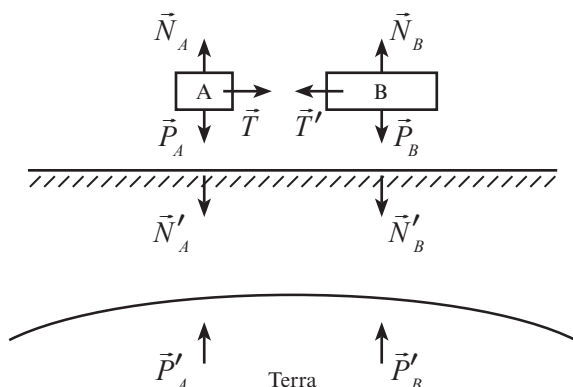


Portanto pela 2ª lei de Newton:

$$F = m \cdot a, \text{ ou seja, } F_{\text{tração}} = 15 \text{ kg} \cdot 2 \text{ m/s}^2 = 30 \text{ N.}$$

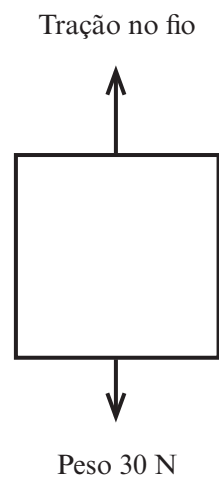
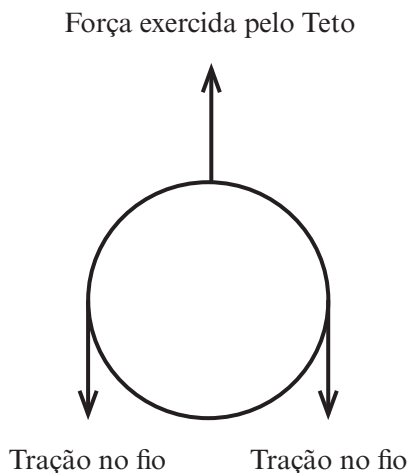
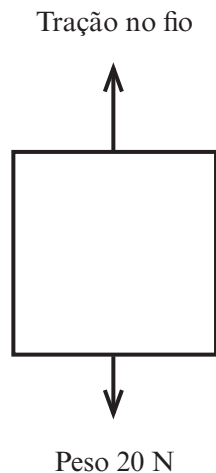
Professor, vale a pena insistir na técnica de representação das forças em cada corpo separa-

damente; mostrando tratar-se de um poderoso instrumento de análise de situações deste tipo. A identificação correta dos pares de ação e reação também é fundamental, já que é bastante comum a confusão que leva a pensar nas forças normal e peso como um par de ação e reação.



#### 4) Resposta

Os diagramas de forças devem se parecer com as figuras apresentadas abaixo, os tamanhos não estão em escala, apenas são esboços, como devem ser as figuras dos alunos. Lembre-se: a polia (roldana) e o fio são ideais por isso não têm peso ( $P = m.g$ ).



É importante o entendimento de que: a) todas as trações no fio são exatamente iguais pois se trata do mesmo fio que é ideal, portanto não sofre nenhum tipo de variação ao longo dele; b) a força exercida na polia pelo Teto é o dobro dessa tração e isso não corresponderá à soma dos pesos dos dois corpos, como ocorreria no caso estático.

Determinando a aceleração dos corpos: Massa total = 5 kg; Força resultante = 10 N. Pela 2ª lei teremos  $F = m.a$ , ou seja  $10 \text{ N} = 5 \text{ kg} \cdot a$ ;  $a = 2 \text{ m/s}^2$ .

Usando os diagramas de força, determina-se a força de tração, veja que se pode utilizar o diagrama de qualquer um dos dois corpos, o resultado será o mesmo, pois se trata do mesmo fio ideal que liga os dois corpos, por isso a tração é idêntica.

O corpo 1 à esquerda sobe; portanto a tração é maior que ao peso de 20 N, pela 2ª lei teremos  $F = m \cdot a$ , ou seja  $(T - 20) \text{ N} = 2 \text{ kg} \cdot 2 \text{ m/s}^2$ ; portanto  $T = 24 \text{ N}$ .

O corpo 2 à direita desce, portanto o peso de 30 N é maior que a tração, pela 2ª lei teremos  $F = m \cdot a$ , ou seja  $(30 - T) \text{ N} = 3 \text{ kg} \cdot 2 \text{ m/s}^2$ ; portanto  $T = 24 \text{ N}$ , resultado idêntico ao anterior, certo!

A Força exercida pelo Teto para segurar a polia, portanto é de 48 N com os blocos em movimento, e não os 50 N que ocorreria no caso estático.

Os alunos terão dificuldade em entender os motivos que fazem variar a força que o teto

exerce conforme a situação descrita. É comum pensar que para o teto segurar algo parado (estático) ou em movimento (dinâmico), a força será a mesma e corresponde à soma dos pesos dos corpos, o que é correto para os casos em que não há aceleração, tanto no caso estático como no movimento uniforme. Discuta isso com os alunos e use outros exemplos em que há aceleração: lembre-se que o relevante aqui é a presença da aceleração no movimento.

A velocidade deles necessariamente é igual, pois o fio não altera seu comprimento, nem estica nem contrai; assim a velocidade que um corpo tiver o outro também a terá. Determine-a usando a aceleração encontrada pela lei de Newton  $a = 2 \text{ m/s}^2$  e o conceito de aceleração média ou a função horária do movimento.

$$a = \Delta V / \Delta t \quad 2 \text{ m/s}^2 = (V_f - 0) / 15 \text{ s}$$

$$\text{portanto } V_f = 30 \text{ m/s} = 108 \text{ km/h.}$$

Imagine o tamanho do fio para isso acontecer... só se usar um despenhadeiro...

## PROPOSTAS DE SITUAÇÕES DE RECUPERAÇÃO

Em caso de defasagens, para encaminhar os alunos para uma recuperação é necessário que o professor tenha claro quais as competências/habilidades que não se desenvolveram adequadamente. Uma avaliação construída de forma a explicitar tanto para o professor quanto para o aluno quais foram as competências/habilidades atingidas ou não atingidas é muito importante em todo este processo. Os limites para dar continuidade aos estudos no final do 1º bimestre, da 1ª série do Ensino Médio, foram reorganizados em quatro grupos de competências/habilidades a serem atingidas:

- ▶ Identificar a presença de movimentos no cotidiano.
- ▶ Classificar os movimentos, identificando as grandezas que os caracterizam.
- ▶ Planejar o estudo dos movimentos contemplando as classificações efetuadas.
- ▶ Fazer estimativas e escolher procedimentos adequados para a realização de medidas.
- ▶ Utilizar terminologia científica adequada para descrever situações cotidianas.
- ▶ Oferecer características comuns e formas de sistematizar os movimentos segundo trajetórias, variações de velocidade etc.

Para preparar a recuperação objetivando essas competências/habilidades, busque selecionar, organizar, relacionar e interpretar dados e, para isso, reformule e retome a pergunta 3 do Roteiro 1, a pergunta 4 do Roteiro 2 e as perguntas 1, 2 e 3 do Roteiro 3. Discuta as informações representadas de diferentes formas, determine procedimentos e cálculos necessários para o estudo dos movimentos, utilizando a terminologia científica adequada para descrever situações cotidianas. Outra possibilidade é identificar nas *Leituras de*

*Física* do GREF ou no livro de Mecânica, volume 1 do GREF, atividades que discutam essas competências/habilidades.

Além dessas, as competências/habilidades a seguir devem ser atingidas durante o bimestre:

- ▶ Utilizar modelo explicativo de movimento para compreender a conservação da quantidade de movimento, e prever valores das grandezas dos movimentos no cotidiano antes e após interações.
- ▶ Reconhecer as variações no movimento com variações na quantidade de movimento nas partes do sistema juntamente com sua conservação no sistema todo.
- ▶ Identificar as forças presentes nos sistemas físicos e em suas partes, estabelecer a relação entre força e tempo de interação na alteração de um movimento.
- ▶ Utilizar terminologia científica adequada para descrever as variações no movimento.

Para preparar a recuperação dessas competências/habilidades, busque organizar, relacionar e interpretar as características do modelo explicativo de movimento para compreender as variações no movimento como variações na quantidade de movimento em partes do sistema juntamente com sua conservação no sistema todo. Para isso, reformule e retome os itens 8 e 9 do Roteiro 4, perguntas 3 e 4 do Roteiro 5, os Itens 2 e 5 do Roteiro 6 e o Roteiro 7 completo. Discuta as informações apresentadas e determine os cálculos necessários para o estudo dos movimentos, utilizando a terminologia científica adequada para descrever as situações propostas. Outra possibilidade

é identificar nas *Leituras de Física* do GREF ou no livro de Mecânica, volume 1 do GREF, atividades que discutam essas competências/habilidades.

O aluno também pode apresentar defasagem com relação a estas competências/habilidades:

- ▶ Determinar valores das grandezas que caracterizam sistemas físicos estáticos e dinâmicos (forças, acelerações etc.).
- ▶ Identificar relações entre as leis de Newton e a lei da conservação da quantidade de movimento.
- ▶ Reconhecer as leis de Newton como determinação das variações nas partes do sistema e a lei de conservação como determinação do sistema todo.

Para preparar a recuperação dessas competências/habilidades, busque organizar, relacionar e interpretar as características do modelo explicativo de movimento para levar o aluno a compreender as variações no movimento por meio das interações caracterizadas por dois fatores: a força e a duração. A variação na quantidade de movimento nas partes do sistema, assim entendida, trata-se de caso particular que explicita o que está ocorrendo no sistema durante intervalo de tempo em que há a interação. Para isso, reformule e retome a situação com o trem do Roteiro 9 e o Roteiro 10 completo. Discuta as informações apresentadas e determine os cálculos necessários para o estudo dos movimentos, utilizando a terminologia científica adequada para descrever as situações propostas. Outra possibilidade é identificar nos materiais didáticos de Ensino Médio atividades e textos que discutam as leis de Newton, sendo necessário que o professor realize as adaptações necessárias para ressaltar essas competências/habilidades.

Há, ainda, a seguinte competência/habilidade a ser trabalhada:

- ▶ Analisar e prever fenômenos ou resultados de experimentos científicos organizando e sistematizando informações dadas.

Essa competência/habilidade tem estrita relação com a escrita, relacionando os conhecimentos específicos da Física para construir argumentação consistente, assim como construir e aplicar conceitos de várias áreas do conhecimento para a compreensão de fenômenos naturais, possibilitando emitir juízo sobre eventos ligados à produção e à alteração nos movimentos no nosso dia-a-dia. É preciso, para tanto, selecionar, organizar, relacionar, interpretar dados e informações representados de diferentes formas, para tomar decisões e enfrentar situações-problema, por exemplo, na forma de sínteses e relatórios que relacionam informações representadas em diferentes formas e conhecimentos disponíveis em situações concretas, com os conhecimentos desenvolvidos. Reformule e retome as situações apresentadas na pergunta 5 do Roteiro 3, na pergunta 5 do Roteiro 5, e na pergunta 8 do Roteiro 6. Discuta as questões relacionadas às diversas formas de escrita utilizadas em ciência, e a proposição de ações solidárias, com base nos conhecimentos científicos.

As questões de interpretação e releitura dos textos dos roteiros de atividade abordados na recuperação devem ser elaboradas de forma a permitir verificação destas competências/habilidades e, para isso, tome como base as questões usadas nas diversas Situações de Aprendizagem propostas nesse Caderno.

## RECURSOS PARA AMPLIAR A PERSPECTIVA DO PROFESSOR E DO ALUNO PARA A COMPREENSÃO DO TEMA

Os temas tratados neste Caderno podem ser aprofundados e estendidos com o uso das referências abaixo, citadas no corpo das Situações de Aprendizagem.

- ▶ NuPIC – Disponível em: <http://nupic.incubadora.fapesp.br/portal>
- ▶ GREF – Disponível em: [http://www.if.usp.br/profisl/gref\\_leituras.html](http://www.if.usp.br/profisl/gref_leituras.html)
- ▶ Pró-Universitário – Disponível em: <http://naeg.prg.usp.br/punil/disciplinas/fisicalhomedefisical/index.htm>
- ▶ PEC – Construindo sempre – Disponível em: <http://paje.fe.usp.br/estruturalpecl>

Outras leituras e sugestões de atividades podem ser obtidas em:

Grupo de Reelaboração do Ensino de Física – GREF. Física 1 – Mecânica. 3ª ed. São Paulo: Edusp, 1998.

Nesse livro do GREF, dirigido ao professor de Física, o estudo dos movimentos é desenvolvido de uma forma totalmente diferenciada da maioria dos outros livros didáticos. Os temas são apresentados de forma contextualizada e com rigor formal da Física, com enfoque conceitual e não apresenta os repetitivos exercícios

encontrados na maioria dos livros didáticos, pois cada atividade apresentada cumpre uma função no aprendizado. Ao final de cada capítulo são apresentados vários exercícios que tratam de maneira inteligente os pontos centrais. Há um grande número de experimentos de baixo custo que podem ser feitos pelos alunos, além de ótimas sugestões de atividades.

Veja os filmes *Armageddon* e *Impacto profundo*, que podem ser utilizados nas discussões desse bimestre.

*Armageddon*, 1998. Direção: Michael Bay. EUA. O filme inicia com uma chuva de pequenos meteoros que atingem a Terra (incluindo Nova York) e a Nasa então localiza um asteroide gigantesco que irá colidir com a Terra. O filme retrata a preparação de um grupo para tentar evitar a colisão tentando modificar a trajetória do asteroide.

*Impacto profundo (Deep Impact)*, 1998. Direção: Mimi Leder. EUA. Um astrônomo mirim acidentalmente descobre um cometa com 11 mil metros de diâmetro. Esse cometa passa a ser monitorado e algum tempo depois o cometa está prestes a se chocar com a Terra. Uma equipe formada por americanos e russos planeja colocar detonadores nucleares para fragmentar o cometa e salvar a Terra, o que funciona em parte, mas fragmentos dele ainda atingem a Terra, causando grande destruição.



## CONSIDERAÇÕES FINAIS

As atividades propostas neste Caderno foram pautadas em conteúdos específicos da Física que priorizam o desenvolvimento das capacidades de leitura e de escrita, construída da reflexão e da tomada de decisão, que propiciam uma argumentação consistente e científica acerca do mundo em que vivemos. Outra prioridade dos textos é a valorização do trabalho prático, bem como a resolução de problemas. Desta forma, procuramos tornar o cotidiano das aulas de Física mais interessante, tanto ao estudante como ao professor, por estimular a criatividade e a iniciativa à superação de desafios.

Procuramos também preservar o espaço do professor requisitando um grande trabalho de sua parte, seja na organização, escolha e encaminhamento do trabalho prático, tendo como referência os procedimentos apresentados neste Caderno. O maior desafio está na articulação entre as atividades propostas e a formalização matemática, proposta pelo “encaminhamento complementar” que é o momento de criação, de iniciativa, de autoria do professor. E são esses encaminhamentos que darão corpo e realidade à proposta. Nesse trabalho, o professor adequará a proposta às

situações específicas de cada grupo de alunos, resgatando a importância da especificidade da formação discente.

As questões de interpretação e releitura dos textos dos roteiros de atividade abordados na recuperação devem ser elaboradas de forma a permitir a verificação destas competências/habilidades. É importante identificar que o desenvolvimento destas competências relacionadas à formação de um leitor competente não pode ser apartado do estudo dos conhecimentos de áreas específicas.

Por fim, este material possibilita que o professor ofereça um repertório diversificado de Situações de Aprendizagem para os seus alunos, permitindo a eles que desempenhem um papel tão ativo quanto ao do professor no processo de construção dos conhecimentos. Com os recursos didáticos e metodológicos aqui sugeridos, juntamente com os que o professor incrementará em seu planejamento bimestral, ele poderá promover uma educação mais dialogada e aumentar consideravelmente as possibilidades de aprendizagem.

Bom trabalho!

