

A Avaliação Conceitual de Força e Movimento

(The Force and Motion Conceptual Evaluation)

Arthur Marques Moraes* e Itamar José Moraes†

Instituto de Física, Universidade Federal de Goiás, UFG

Caixa Postal: 131, CEP: 74.001-970, Goiânia, GO

Recebido em 2 de setembro, 1999

Neste trabalho apresentamos a uma avaliação conceitual de força e movimento. Esta avaliação constitui-se de um conjunto de questões de múltipla escolha sobre alguns conceitos de Dinâmica. Apresentamos também, os resultados de sua aplicação em turmas do ensino médio de Goiânia e do curso de Física oferecido pelo Instituto de Física da Universidade Federal de Goiás.

This work presents the force and motion conceptual evaluation - (FMCE). The FMCE is constituted by a conjunt of multiple-choice questions to evaluate the student conceptual understanding of Newton's laws of motion. We also present the results of its application to high school students and physics undergraduate classes in Goiânia.

I Introdução

Dentre os muitos desafios que a Física procura superar, um deles chama-nos a atenção de maneira especial: Como melhorar o ensino/aprendizagem de Física? Esta pergunta vem sendo feita por inúmeros professores e pesquisadores por todo o mundo[1-3,7,14]. Também nos fazemos esta pergunta. Acreditamos que este trabalho nos ajudará a buscar, se não uma resposta para essa pergunta, ao menos um melhor conhecimento de como anda a aprendizagem de Física, particularmente de Dinâmica, dos grupos de alunos com os quais trabalhamos.

Neste artigo apresentamos a uma avaliação conceitual de força e movimento (ACFM) [14] e seus resultados quando aplicada em escolas de nível médio e também em turmas do curso de Física oferecido pela Universidade Federal de Goiás (UFG). Esta avaliação é realizada através de um sistema de questões usando respostas de múltipla - escolha, com o objetivo de verificar a aprendizagem conceitual de mecânica newtoniana (dinâmica).

A proposta inicial desta avaliação foi desenvolvida e posteriormente aplicada, pelos professores Ronald K. Thorton da Tufts University (EUA), e David R. Sokoloff da University of Oregon (EUA). Seu desenvolvimento ocorreu ao longo de 5 anos (1989 - 1994), sendo a proposta aperfeiçoada até atingir a forma atual.

Discutimos neste texto alguns dos objetivos da ACFM, apresentamos alguns resultados obtidos pela

pesquisa norte-americana e os comparamos com os resultados por nós obtidos.

II Avaliando a aprendizagem sobre as leis de Newton: Avaliação Conceitual de Força e Movimento

A avaliação conceitual de força e movimento é um método de avaliação desenvolvido junto à Tufts University (Medfort, Massachussets) e University of Oregon, nos Estados Unidos da América[14]. Este modelo de avaliação faz parte de um esforço que professores e pesquisadores da área de ensino de física têm feito no intuito de melhorar tanto a qualidade da aprendizagem quanto a do ensino de física.

Após o processo de elaboração das questões (1989 1994), submeteu-se a ACFM a testes experimentais em alunos dos cursos universitários de física introdutória (alunos da Tufts University e University of Oregon). Durante alguns anos de aplicação experimental e discussão junto à alunos e professores, buscou-se aprimorar este método de avaliação até estabelecer a ACFM na forma como a conhecemos atualmente.

A forma final foi constituída de 4 conjuntos de questões: "Força sobre um trenó" (questões de 1 - 7),

*Fone: (0**62) 821-1014 e-mail: arthur@fis.ufg.br

†Fone: (0**62) 821-1014 e-mail: itamar@fis.ufg.br

“Carro numa rampa” (questões de 8 - 10), “Moeda arremessada” (questões de 11 - 13) e “Gráfico de Forças” (questões de 14 - 21). O Anexo I contém os quatro grupos constituintes da ACFM, conforme desenvolvido nos EUA.

Os objetivos da ACFM são vários. Esta avaliação verifica se o estudante analisa o mundo e seus fenômenos sob um ponto de vista newtoniano, ou seja, procura as concepções do aluno a respeito do conceito de inércia, da relação entre força e movimento, e se o estudante é capaz de fazer correlações entre os conceitos por ele aprendidos. Verifica-se ainda, se o estudante é capaz de ler e entender o texto das questões, se é capaz de compreender e interpretar gráficos e se a aprendizagem é permanente.

Em relação aos professores, a ACFM serve-lhes como um método de avaliação prático sobre a aprendizagem conceitual dos estudantes em relação à força e movimento. Seus resultados mostram-lhes a necessidade de discutir melhores programas de ensino de física e também, a discussão de como viabilizar as aplicações desses programas.

III Alguns Resultados da Pesquisa Norte-Americana

Nos Estados Unidos, a maioria dos professores de física que tiveram contato com esta avaliação, inicialmente,

acreditavam ser esta uma avaliação muito “simples” para seus alunos. Esperavam que a maioria dos seus alunos respondessem às questões de acordo com as concepções newtonianas, após o curso tradicional de física introdutória nos cursos universitários que envolviam a disciplina Física. Posteriormente, esta avaliação também passou a ser aplicada em alunos do ensino médio.

As questões foram respondidas antes e depois da exposição do conteúdo sobre dinâmica. Investigaram-se os alunos com aulas unicamente teóricas (chamaremos este grupo de “NOLAB”) e, também, alunos que além de aulas teóricas, passavam por aulas práticas em laboratórios (chamaremos este outro grupo de “LAB”). As aulas, pelas quais os dois grupos receberam o conteúdo, foram lecionadas em moldes “tradicionais”, ou seja: aulas expositivas, listas de exercícios para casa, questões e provas.

Os resultados desta avaliação mostraram que menos de 30% dos alunos responderam às questões de dinâmica com uma perspectiva newtoniana, tanto antes como após a exposição do conteúdo. Mostraram ainda que os alunos, os quais passaram por experiência práticas através do laboratório (LAB), obtiveram um melhor aproveitamento. (Fig. 1).

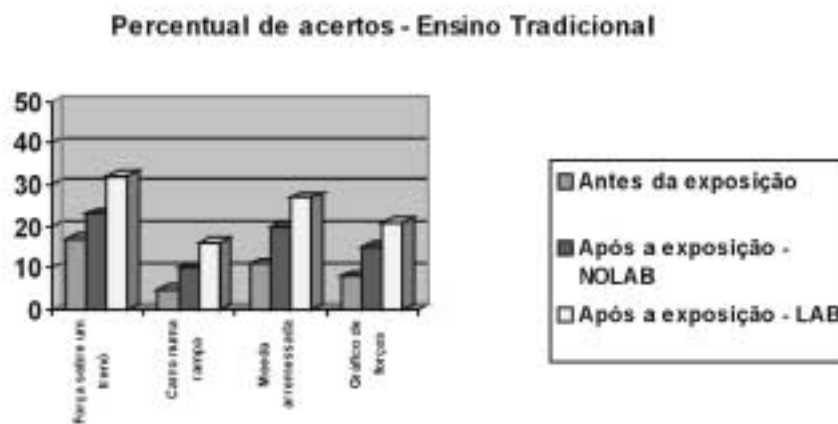


Figura 1. Percentual de acertos: resultados da ACFM realizada em turmas de cursos de física introdutória (grupos LAB e NOLAB), antes e após ensino tradicional.

Estes resultados indicam que uma quantidade muito pequena de estudantes chegam ao curso superior norte-americano possuindo concepções corretas em relação aos conceitos de força e movimento. Infelizmente, após receberem uma exposição dos conteúdos de dinâmica em moldes tradicionais, apenas uma pequena parcela

destes alunos adotaram a maneira newtoniana de conceber os fenômenos relacionados à força e movimento. Os resultados mostraram também que o aproveitamento dos alunos pode ser melhorado com a simples realização de aulas práticas em laboratório. Porém, apesar dos melhores resultados terem sido obtidos com a utilização

de laboratórios, eles ainda não atingiam nem 40% de acerto nas questões da ACFM.

Com estes resultados conhecidos, iniciou-se uma mudança na metodologia de ensino dos cursos de física introdutória. Passou-se a trabalhar metodologias ativas, as quais se fundamentavam em programas computacionais tutoriais. Os métodos tradicionais de ensino fundamentam-se em aulas nas quais a maior parte dos alunos assume uma posição passiva de ouvintes, simplesmente tomando notas de aula de seus professores. Pesquisas[5] vêm revelando o quanto pode-se ampliar a aprendizagem dos alunos por meio de métodos ativos, ou seja, métodos de ensino nos quais os alunos participam ativamente da construção do conhecimento.

Com a preocupação de promover uma mudança metodológica, desenvolveu-se dois conjuntos de programas. O primeiro, constituído por: “Ferramentas para o raciocínio científico sobre força e movimento” e “Mecânica Física em tempo real”¹. O segundo con-

junto formado principalmente pelo programa: “Aula de demonstração interativa”.

Estes programas passaram a ser utilizados como ferramentas para o ensino de física introdutória, tanto em turmas especificamente teóricas (NOLAB), quanto em turmas de alunos que freqüentavam aulas em laboratórios (LAB).

Depois de realizado o curso de física introdutória com estas novas ferramentas, aplicou-se a ACFM e os resultados obtidos são no mínimo empolgantes (Fig. 2). Comparando estes resultados, com aqueles fornecidos pelos alunos que receberam o ensino de física introdutória em seus moldes “tradicionais”, percebemos a eficácia da aplicação de uma metodologia de ensino ativa (Fig. 3). Mais uma vez, percebemos pelos resultados que as aulas em laboratório garantem uma melhor aprendizagem, mesmo quando a metodologia utilizada não é uma proposta de ensino ativa.

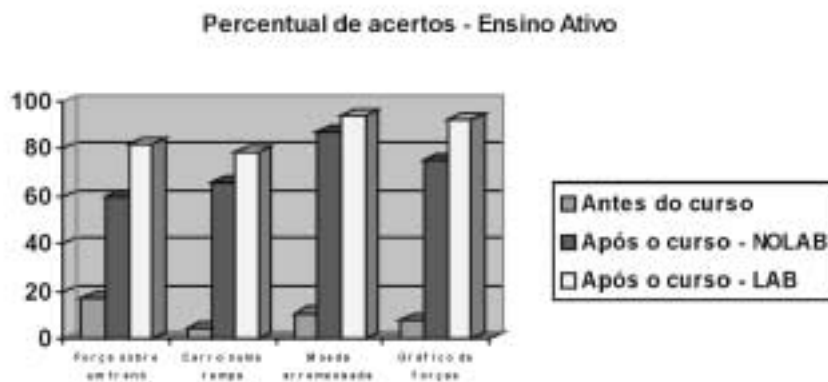


Figura 2. Percentual de acertos: resultados da ACFM realizada em turmas de cursos de física introdutória (grupos LAB e NOLAB), antes e após ensino ativo.

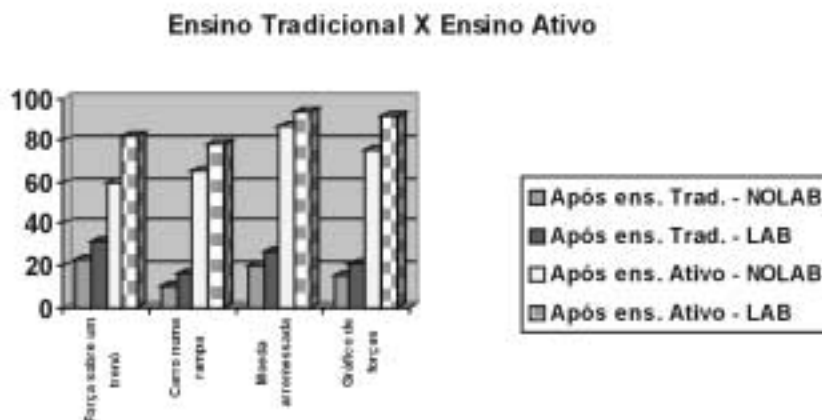


Figura 3. Percentual de acertos: resultados da ACFM realizada em turmas de cursos de física introdutória após ensino tradicional (NOLAB e LAB), e após ensino ativo (NOLAB e LAB).

¹ Estes programas podem ser adquiridos junto à Vernier Software, 8565 Beaverton-Hillsdale Highway, Portland, OR 97225-2429.

Buscou-se ainda, verificar se os alunos conseguiam reter o conhecimento conceitual obtido pela metodologia ativa. Realizaram-se testes após 6 semanas passadas desde o fim das aulas de dinâmica. Os resultados destes testes mostraram que o número de alunos com concepções corretas a respeito da relação força-movimento, aumentou. Com a realização de testes em períodos de tempo maiores, os pesquisadores concluíram que a aprendizagem obtida com esta metodologia, consistia-se em uma aprendizagem permanente.

Muitos outros alunos foram submetidos a essa avaliação durante os anos de 1994 e 1995. A partir dos resultados obtidos surgiram várias propostas de metodologias de ensino ativo. Algumas concretizaram-se, outras não. Entretanto, a ACFM mostrou que os alunos formados no regime tradicional possuem um entendimento deficiente em relação aos conceitos de dinâmica e, por conseguinte, de mecânica. Já os alunos que receberam sua formação por meio de propostas de ensino ativo, obtiveram resultados impressionantes, conseguindo até mesmo generalizar conceitos.

IV Contexto para a investigação

Realizamos a aplicação da ACFM a três grupos distintos de alunos, totalizando 448 alunos. O primeiro formado por seis turmas de alunos do ensino médio pertencentes à rede particular de ensino de Goiânia. Este grupo totalizou 243 alunos avaliados, sendo 62 divididos em 2 turmas de 1º ano, 85 em 2 turmas de 2º ano e 96 em 2 turmas de 3º ano. Todas estas turmas freqüentavam aulas em turno matutino.

O segundo grupo compõe-se de três turmas de alunos do ensino médio da rede pública de ensino do Estado de Goiás. Totaliza 133 alunos os quais estão divididos da seguinte maneira: 66 alunos pertencentes a uma turma de 1º ano, 26 pertencentes a uma turma de 2º ano e 41 alunos matriculados no 3º ano. As turmas de 1º e 2º ano freqüentavam aulas em turno matutino enquanto a de 3º ano freqüentava aulas no turno noturno.

Já o terceiro grupo de alunos é formado por três turmas de alunos do ensino superior, matriculados no curso de Física do IF/UFG. Este grupo totaliza 72 alunos. Eles estão divididos em três turmas: duas turmas de 1ª série, (uma matutina e a outra vespertina) que possuem os conteúdos avaliados em sua grade curricular através da disciplina Física I, e outra turma de 2ª série (período matutino).

A aplicação do teste foi realizada no mês de dezembro do ano de 1998, o que permite-nos dizer que todos

os alunos avaliados já haviam estudado o conteúdo a ser questionado. A administração deste conteúdo não se deu da mesma maneira para cada grupo de alunos, porém, podemos identificar alguns pontos característicos desta aplicação.

As turmas do primeiro grupo de alunos (alunos da rede particular) realizaram estudos sobre os conceitos de força e movimento no 1º e 3º anos. A exposição ocorreu uma vez no 1º ano e duas no 3º, sendo neste, uma em cada semestre de 1998. As duas turmas de 2º ano não receberam aulas específicas sobre dinâmica, porém, admite-se que todos os alunos tenham tido contato com estes conceitos ao passarem pelo 1º ano. A maior parte do ensino de física nestas escolas é realizada através de aulas teóricas dentro da sala de aula. Utiliza-se ainda recursos didáticos como vídeos educativos sobre os conteúdos trabalhados. As condições sócio-econômicas dos alunos deste grupo são as melhores dentre os grupos por nós avaliados. Estas melhores condições garantem a esses alunos livros didáticos, professores particulares, e a possibilidade de dedicar-se exclusivamente aos estudos, entre outras. Podemos dizer que o objetivo da maioria destes alunos, ao cursar o ensino médio, é obter a aprovação em concursos de admissão para cursos superiores (Vestibular).

O segundo grupo de alunos (alunos da rede pública de ensino médio do Estado de Goiás) tem o estudo de dinâmica programado para ocorrer no 1º ano do ensino médio. Eventualmente, podem rever os conceitos de mecânica em um curto período no 3º ano, porém, não é esta a regra geral. Assim como no primeiro grupo, as aulas são em sua maior parte (quando não totalmente) teóricas processando-se em sala de aula. A metodologia de ensino empregada pelos professores compreende aulas expositivas sobre o conteúdo, exercícios de reforço e provas mensais sobre o conteúdo.

Os alunos deste grupo não possuem uma condição sócio-econômica tão privilegiada quanto a dos alunos do primeiro grupo. Muitos têm dificuldades financeiras o que interfere na aquisição de materiais didáticos, principalmente livros, e na própria estrutura psicológica destes alunos. Vários estão inseridos no mercado de trabalho para garantir seu sustento, realidade observada em maior intensidade nos alunos do turno noturno. Verifica-se que a maioria destes alunos tem por objetivo concluir o ensino médio para satisfazer as exigências do mercado de trabalho. Poucos são os que se propõem a prosseguir os estudos em cursos de nível superior.

O terceiro grupo de alunos, possui uma disciplina na qual estudam a relação entre força e movimento (Física 1). Esta disciplina é parte da grade curricular da 1ª série. Este curso compõe-se de aulas teóricas, complementadas por aulas práticas em laboratórios. Em labo-

ratório, realizam-se experimentos e propõe-se aos alunos a descrição dos fenômenos observados. As condições sócio-econômicas destes alunos são inferiores às do primeiro grupo, aproximando-se mais das condições do segundo. Estes alunos têm a sua disposição uma biblioteca com todo material de apoio de que necessitam (livros, vídeos, revistas específicas, etc.), bem como atendimento extra classe dos professores e monitores de física disponíveis para a discussão de dúvidas.

V Resultados obtidos da Avaliação Conceitual de Força e Movimento

Apresentamos nesta seção os resultados obtidos com a aplicação da ACFM. Estes resultados são comparados com aqueles apresentados pela pesquisa norte-americana[14] e estão representados nos gráficos e tabelas abaixo.



Figura 4. Comparação entre o percentual de acertos dos resultados apresentados pela pesquisa norte-americana com os resultados da ACFM realizada em turmas de 1º ano do ensino médio (Escolas Pública e Particular).

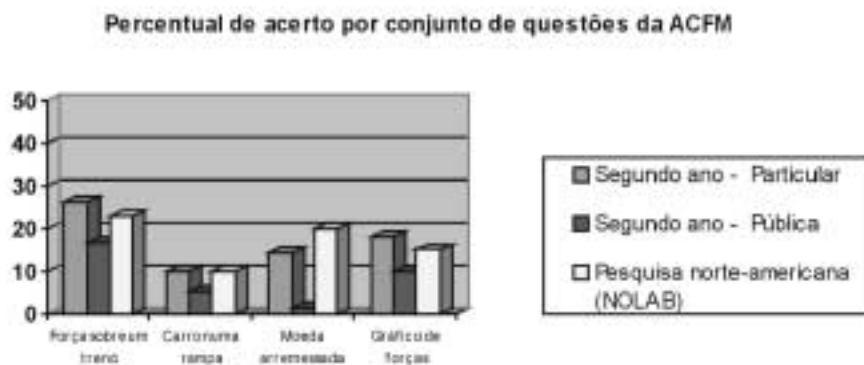


Figura 5. Comparação entre o percentual de acertos dos resultados apresentados pela pesquisa norte-americana com os resultados da ACFM realizada em turmas de 2º ano do ensino médio (Escolas Pública e Particular).



Figura 6. Comparação entre o percentual de acertos dos resultados apresentados pela pesquisa norte-americana com os resultados da ACFM realizada em turmas de 3^o ano do ensino médio (Escolas Pública e Particular).



Figura 7. Percentual de acertos: dos resultados da ACFM realizada em turmas de 1^o e 2^o ano do ensino superior - Curso de Física, após ensino tradicional. Comparação com a pesquisa norte-americana - turma LAB.

As turmas que responderam a ACFM, tanto as do ensino médio quanto as do ensino superior, receberam os conteúdos de Física por meio de ensino tradicional, ou seja, tendo o professor como principal responsável pela aprendizagem dos alunos.

Os alunos da turma de 1^a série do curso de Física, obtiveram a média de acerto relativamente melhor com 38,48% de acerto. Já os alunos das turmas de 2^o ano do ensino médio (rede pública e particular juntas), conseguiram apenas 17,03% de acerto nas questões da ACFM, sendo este o pior desempenho registrado. As demais turmas de 1^o e 3^o anos do ensino médio e 2^a série de Física, atingiram, respectivamente, 19,19% , 31,46% e 32,92% de acerto nas questões (Tabela I).

Nota-se nas Figs. 4, 5 e 6, que os alunos da rede particular de ensino médio obtiveram resultados melhores do que os alunos da rede pública de ensino. Os alu-

nos da rede particular acertaram 28,37% das questões propostas na ACFM, enquanto que apenas 13,17% das questões foram respondidas corretamente pelos alunos da rede estadual. A média de acerto dos 448 alunos avaliados, resulta em apenas 25,22% das questões da ACFM respondidas corretamente.

Quanto aos desempenhos individuais, a média dos alunos é de 2,5 numa escala de 0,0 a 10,0. Dos 448 alunos avaliados, 282, ou 62,95%, não atingiram nem mesmo a nota 2,0. 3 alunos (0,67%) acertaram todas as questões da ACFM. Destes 3 alunos, 2 fazem parte das turmas de 3^o ano do ensino médio da rede particular e, o outro, é aluno da 1^a série do curso de Física da UFG. Foram registradas 4 avaliações (0,89%) completamente incorretas. Mais dados referentes aos resultados de aproveitamento individual e por turmas na ACFM são apresentados nas tabelas II e III.

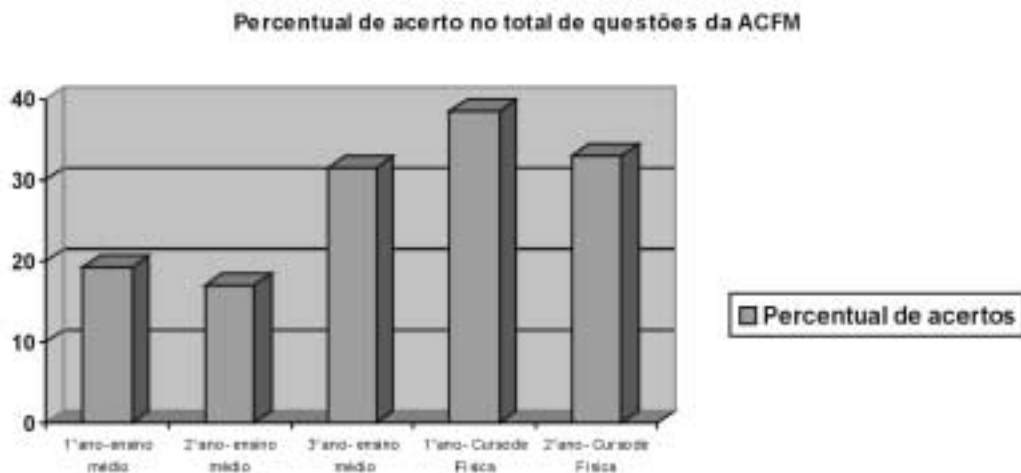


Figura 8. Gráfico do percentual de acertos, por turmas, nas questões da ACFM.

Os índices de acerto foram maiores no conjunto “Força sobre um trenó”, com um total de 32,01% de acerto nas questões deste conjunto². Já o menor índice de acerto por conjunto, foi registrado nas questões referentes a “Carro numa rampa”, com apenas 13,98% das questões deste conjunto respondidas corretamente.

Em relação ao total de alunos, 25,22% responderam as questões de maneira correta. Isto quer dizer que das 21 questões propostas na ACFM, menos de 6 estavam corretas na maioria dos alunos. (25,22% equivale a 5,3 questões).

Tabela de relação entre as turmas avaliadas e suas respectivas notas³

	<i>Turmas</i>	<i>Nota (0,0 – 10,0)</i>
<i>Ensino Médio</i>	<i>1º ano – rede particular</i>	<i>2,5</i>
	<i>2º ano – rede particular</i>	<i>1,9</i>
	<i>3º ano – rede particular</i>	<i>3,8</i>
	<i>1º ano – rede pública</i>	<i>1,3</i>
	<i>2º ano – rede pública</i>	<i>0,4</i>
	<i>3º ano – rede pública</i>	<i>0,9</i>
<i>Curso de Física</i>	<i>1ª série</i>	<i>3,8</i>
	<i>2ª série</i>	<i>3,3</i>

Tabela II - Relação entre as turmas avaliadas e suas respectivas notas³

²Dizer que o índice de acerto geral foi de 32,01% no conjunto “Força sobre um trenó” significa que das 7 questões propostas, os alunos em média acertavam entre 2 e 3 questões, ou mais precisamente, 32,01% destas.

³Os resultados da tabela II foram calculados através de médias aritméticas das notas obtidas por cada aluno em sua respectiva turma.

Turmas Avaliadas						
Notas	1º ano – ens. médio	2º ano – ens. médio	3º ano – ens. médio	1º ano – Curso de Física	2º ano – Curso de Física	Total
0,0 – 1,9	97 alunos ou 75,78%	87 alunos ou 78,38%	72 alunos ou 52,55%	17 alunos ou 34,69%	9 alunos ou 39,13%	282 alunos ou 62,95%
1,9 – 3,8	21 alunos ou 16,41%	16 alunos ou 14,41%	25 alunos ou 18,25%	11 alunos ou 22,41%	7 alunos ou 30,44%	80 alunos ou 17,85%
3,8 – 5,7	4 alunos ou 3,12%	5 alunos ou 4,51%	15 alunos ou 10,95%	10 alunos ou 20,40%	3 alunos ou 13,04%	37 alunos ou 8,25%
5,7 – 8,1	6 alunos ou 4,69%	3 alunos ou 2,70%	16 alunos ou 11,68%	7 alunos ou 14,31%	3 alunos ou 13,04%	35 alunos ou 7,82%
8,1 – 10,0	0,0%	0,0%	9 alunos ou 6,57%	4 alunos ou 8,19%	1 aluno ou 4,35%	14 alunos ou 3,13%

Tabela III - Notas obtidas por cada conjunto de turmas avaliadas e, notas atribuídas ao total de alunos.

Tabela do Percentual de Acerto por questão

Questões	Percentual de Acerto
1	29,24%
2	16,74%
3	25,89%
4	25,45%
5	40,85%
6	56,03%
7	30,36%
8	10,26%
9	10,26%
10	21,43%
11	14,28%
12	15,62%
13	28,12%
14	23,88%
15	79,69%
16	21,87%
17	18,53%
18	12,95%
19	12,05%
20	18,75%
21	17,41%

Tabela IV - Percentual de acerto por questão. Resultados calculados a partir do total de avaliações corrigidas, ou seja, 448 avaliações.

VI Discussão dos resultados

Os resultados obtidos com a aplicação da ACFM, são interessantes. O primeiro dado que destacamos é rela-

tivo ao aproveitamento obtido pelos alunos em cada um dos quatro conjuntos de questões (Tabela I). É bom ressaltar que as turmas avaliadas receberam suas aulas de Física sob uma metodologia tradicional. Compararemos agora, nossos resultados do total de alunos com aqueles apresentados pela pesquisa norte-americana, sendo estes inicialmente os dados colhidos junto a turmas norte-americanas que receberam seus conteúdos de Física sob uma perspectiva tradicional.

No conjunto “Força sobre um trenó”, os alunos que avaliamos atingiram 32,01% de acerto no total de questões deste conjunto. Observando os dados fornecidos pela pesquisa norte-americana, alunos de turma NOLAB, apresentaram para o mesmo conjunto de questões um aproveitamento de aproximadamente 23,0%, enquanto os de turmas LAB 32,0%. Os conjuntos “Carro numa rampa”, com 13,98% de acerto, “Moeda arremessada” com 19,49% e “Gráfico de Forças”, com 25,64%, também obtiveram melhor aproveitamento nas turmas por nós avaliadas em relação aos resultados relatados na literatura para turmas NOLAB, ou seja, para turmas nas quais a proposta de aulas assemelha-se com as aulas recebidas pelos alunos avaliados. Estes 3 últimos conjuntos, porém, não superaram os resultados apresentados para turmas LAB. Tal constatação leva-nos a concluir que, mesmo utilizando uma metodologia tradicional, alunos que acompanham suas aulas teóricas com suporte experimental, apresentam melhores índices de aprendizagem.

O conjunto de questões com o menor índice de acerto foi “Carro numa rampa”. Este fato pode ser

entendido, numa primeira análise, como uma exposição da dificuldade encontrada pelos alunos ao tratarem de situações físicas que envolvem um melhor domínio de Geometria. Observando a maior frequência⁴ das respostas incorretas (8 - G, 9 - D, 10 - B), colocamos em dúvida também, a interpretação física que os alunos fizeram em relação à situação proposta.

Analisando também as respostas mais comuns do conjunto “Moeda arremessada”, as quais foram 11 - G, 12 - D e 13 - B, temos argumentos mais fortes ainda, para afirmarmos que, os alunos cujas respostas foram as acima descritas, não entenderam o conceito de força resultante nem a relação entre força e variação de velocidade. Na correção das avaliações, percebemos que mais da metade dos alunos que respondiam incorretamente o conjunto “Carro numa rampa” também se equivocavam

nas respostas do conjunto “Moeda arremessada”. Fica claro pela análise dessas respostas que, a maior parte dos alunos acredita que se há variação na velocidade de um corpo, esta é acompanhada pela variação da força resultante sobre este corpo.

Comparando nossos resultados com os resultados da literatura, obtidos junto a turmas que receberam suas aulas de Física por meio de uma metodologia ativa, percebemos o quanto nossas atividades de ensino e aprendizagem de Física são deficientes (Figs. 9 e 10). Observamos por nossos resultados que a aprendizagem dos conceitos de Dinâmica, praticamente não atinge a metade dos resultados apresentados pela experiência norte-americana. Atribuímos essa diferença à metodologia empregada no ensino de Física.

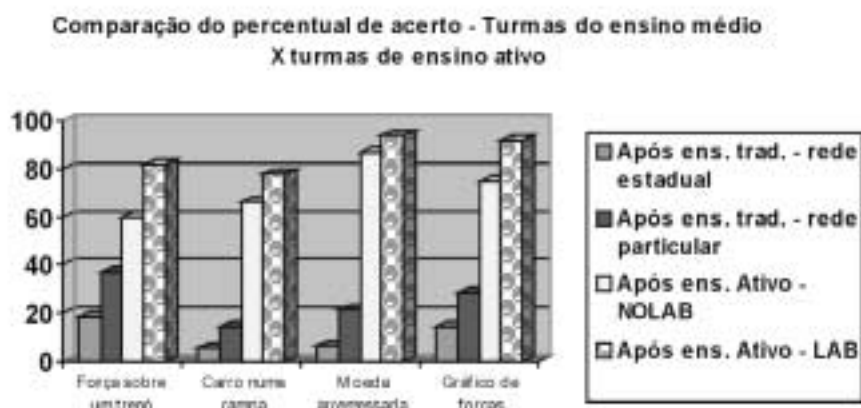


Figura 9. Percentual de acertos: Comparação entre a pesquisa norte-americana - turmas NOLAB e LAB - com os resultados da ACFM realizada em turmas do ensino médio das redes pública e particular após ensino tradicional.

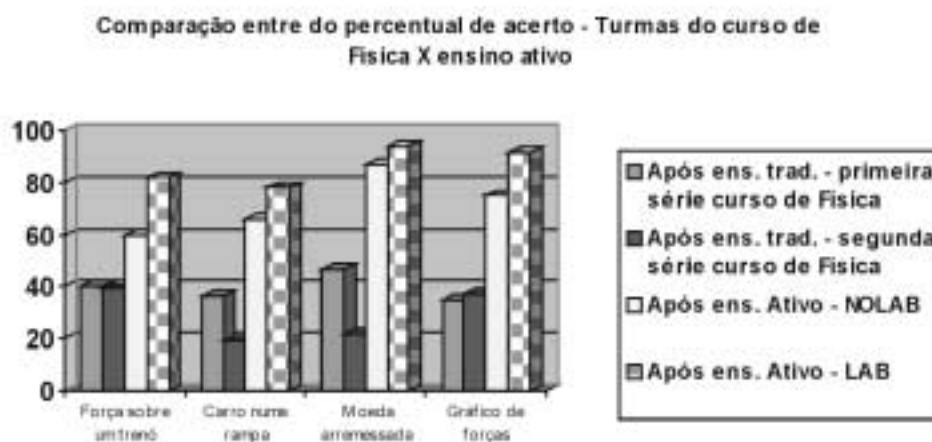


Figura 10. Percentual de acertos: Comparação entre a pesquisa norte-americana - turmas NOLAB e LAB - com os resultados da ACFM realizada em turmas da 1ª e 2ª séries do curso de Física - UFG - após ensino tradicional.

⁴Mais de 80% das questões incorretas deste conjunto, foram respondidas da maneira descrita acima.

Avaliamos alunos que “aprenderam” Física por meio de uma metodologia tradicional. Já os resultados da literatura, referem-se a alunos que passaram por uma metodologia ativa[5,14], na qual também foram utilizados programas computacionais. Os alunos do curso de Física da UFG obtiveram resultados um pouco melhores dentre as turmas avaliadas, talvez devido às aulas experimentais. Entretanto, resultados melhores podem ser obtidos com metodologias mais adequadas, como mostra a Fig. 10. Comparando nossos resultados percebemos que os alunos das turmas de 2º ano do ensino médio obtiveram os menores índices de acerto (ver tabela I). Responderam corretamente a apenas 17,03% das questões. Atribuímos este desempenho ao fato de que eles não possuem os conteúdos de Dinâmica em sua grade curricular neste ano. Este dado revela-nos também que, a aprendizagem conceitual obtida no 1º ano do ensino médio não foi uma aprendizagem permanente. A aprendizagem conceitual, quando caracteriza-se como não-permanente, sugere que os alunos preocuparam-se em apenas “decorar” mecanicamente tais conceitos.

A mesma observação ocorre e é válida quando comparamos o desempenho dos alunos da 2ª série do curso de Física, com os alunos da 1ª série. Os primeiros não possuem uma disciplina específica na qual estudam os conceitos de Dinâmica. Estes alunos obtiveram 32,92% de acerto nas questões da ACFM. Já os alunos da 1ª série, os quais cursam Física 1 e Laboratório de Física 1 (duas disciplinas que exploram a relação entre força e movimento), obtiveram um índice de acerto de 38,48%. Mais uma vez comprovamos a ocorrência de aprendizagem mecânica.

Sobre resultados obtidos em determinadas questões, também podemos fazer algumas observações. As questões com menor índice de acerto, foram as questões 8 e 9, pertencentes ao conjunto “Carro numa rampa”. Este resultado, associado principalmente com os resultados das questões sobre “Moeda arremessada”, reforçam nossas observações anteriores a respeito da dificuldade encontrada pelos estudantes em relacionar os conceitos velocidade e força resultante. Outras questões obtiveram índices de acerto muito baixos: questão 19, com apenas 12,05% de acerto e questão 18 com 12,95%. Estas questões referem-se ao conjunto “Gráfico de Forças” e foram elaboradas para verificar se o aluno é capaz de descrever uma situação física sob a forma de gráficos. Nossos resultados, não só dessas duas questões mas de todo o conjunto “Gráfico de forças”, indicam que cerca de 75% dos alunos não foram capazes de realizar a descrição do movimento.

Um resultado interessante é apresentado pela questão 6, com 56,03% de acerto. Esta questão propõe que um corpo varia sua velocidade, num determinado sentido, e fixa o sentido da aceleração, estando esta na mesma direção da velocidade. Entretanto não é dada nenhuma informação sobre a intensidade dessa ace-

leração, permitindo ao aluno escolher entre uma força constante ou variável. Percebemos neste caso, que os alunos têm mais facilidade de relacionar uma variação de velocidade com a aplicação de força, quando lhes é permitido escolher uma força variável. Acreditamos que pelo fato deste tipo de movimento ser observado constantemente no cotidiano dos alunos, ele pode ser melhor descrito do que outros movimentos unicamente idealizados.

O resultado geral deste nosso trabalho, indica que os alunos atingiram uma média de apenas 2,5, numa escala de 0,0 a 10,0. Isto significa que em torno de 75% das questões propostas, os alunos avaliados não compreenderam a relação que se estabelece entre força e movimento.

A Fig. 11 apresenta a curva de distribuição do percentual de alunos em relação às notas obtidas na ACFM.

Distribuição Percentual dos Alunos em relação às Notas

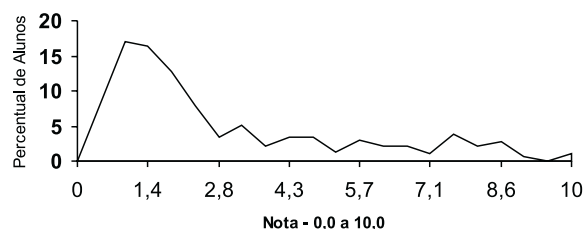


Figura 11. Distribuição percentual dos alunos em relação às notas obtidas. Resultado referente aos 448 alunos avaliados.

Observemos que a maior parte dos alunos concentra-se entre as notas 0,0 e 2,8. Pelos dados estatísticos apresentados na tabela III, temos que 62,95% dos alunos obtiveram notas inferiores a 2,0. Considerando nossos resultados podemos dizer que os alunos não entendem, ou na melhor das hipóteses, entendem muito pouco os conceitos envolvidos no estudo de Dinâmica.

Olhando mais atentamente para cada turma (Tabela II), vemos que as turmas da rede estadual de ensino médio obtiveram os piores desempenhos. Não há como não considerar os fatores sócio-econômicos como responsáveis por esta realidade. Há também de considerar-se os professores que ministram as aulas de Física a esses alunos. São profissionais muitas vezes sem uma qualificação adequada, com salários pouco estimulantes e com turmas superlotadas.

Um outro quadro, não tão animador, porém com melhores resultados, é aquele apresentado pelas turmas da rede particular. Em especial, destacamos as turmas de 3º ano deste grupo. Elas obtiveram um aproveitamento semelhante ao das turmas de 1ª série do curso

de Física. Talvez o fator que mais influenciou este resultado seja o fato destes alunos reverem os conceitos de Dinâmica duas, ou até mesmo, três vezes durante este ano letivo. Deve-se considerar também a condição sócio-econômica destes alunos que dispõe de professores mais motivados e de melhores condições para desenvolverem suas atividades enquanto estudantes.

Em fim, os resultados da ACFM mostraram que a Física, particularmente a Dinâmica, seja ela em nível médio ou nas duas primeiras séries do curso de Física, não vai bem...

VII Conclusão

Analisando os resultados obtidos com a aplicação da ACFM a alunos do ensino médio e algumas turmas do curso de Física, verificamos como o ensino de Física pode ser influenciado por alguns fatores específicos.

Identificamos que os resultados da aprendizagem dos conceitos de Dinâmica podem ser melhorados com a simples implantação de aulas práticas em laboratório. Observamos que esta melhoria nos índices de aprendizagem ocorre tanto para aulas sob os moldes tradicionais, quanto para aulas sob uma perspectiva ativa (Figs. 9 e 10). Outro fator identificado e que pode ser responsável por uma melhoria da aprendizagem é a utilização de exemplos que simulem a realidade cotidiana observada pelos alunos.

A utilização destes dois recursos acima mencionados é viável como proposta a ser implantada por professores de Física, mesmo que estes não desejem mudar suas metodologias de ensino de tradicional para um método ativo.

O resultado que mais questiona o atual ensino de Física é o baixo aproveitamento dos alunos nas questões da ACFM (média de 25,22%). Este resultado indica que é necessário mudar-se a metodologia do ensino de Física para uma metodologia ativa. Outro registro que reforça nossas afirmações é o fato da aprendizagem dos alunos não ser permanente. Observamos que após um período sem o estudo dos conceitos envolvidos na avaliação, os alunos demonstraram um aproveitamento inferior ao daqueles que convivem com tais conceitos, ou seja, aprenderam mecanicamente.

Em média, nossos resultados atingiram, aproximadamente, a metade do aproveitamento obtido com a aplicação de uma metodologia ativa. O método tradicional sem laboratório do ensino de Física mostra-se ineficiente e muito pouco produtivo. Portanto, para melhorarmos a qualidade de nosso ensino de Física, sugere-

mos que mude-se a metodologia atual para uma ativa (além de adotar mais aulas práticas e exemplos reais). Recomendamos como metodologia ativa a utilização da proposta "Educação problematizadora ou dialógica" [6].

Ficamos preocupados com a maneira pela qual os alunos demonstraram seus conhecimentos a respeito dos conceitos envolvidos na avaliação. Eles demonstram que o conceito físico correto não faz parte de sua maneira de enxergar e interpretar o mundo.

Percebe-se claramente pelos resultados obtidos nas respostas às questões de 8 - 13 (ver tabelas I e IV) que a concepção conceitual predominante é a concepção aristotélica para a descrição do movimento. Como propunha Aristóteles, os alunos tendem a considerar, por exemplo, que para um corpo estar em movimento deve agir sobre ele uma força e que a força e a velocidade do corpo têm sempre a mesma orientação.

Observamos também que outros aspectos influenciaram as respostas dos alunos, tais como a dificuldade com a linguagem matemática e situação sócio-econômica de cada grupo avaliado.

Concluimos, enfim, que a aprendizagem em Física pode ser melhorada, e para tal basta aos profissionais competentes e autoridades responsáveis se interessarem, investigarem e colocarem em prática possíveis soluções necessárias para a melhoria do ensino. Entendemos que o objetivo da educação é formar cidadãos conscientes e atuantes. Acreditamos, também, que Física pode e deve ser um instrumento para ajudar a atingir esse objetivo.

Como proposta para trabalhos futuros, temos o interesse de desenvolver avaliações, semelhantes à ACFM, para outras áreas da Física como por exemplo a Termodinâmica, a Eletricidade e Magnetismo.

Temos ainda, o interesse de ampliar os dados de nossa pesquisa aplicando a ACFM a outros grupos de alunos. Estamos tentando compartilhar nossos resultados com os professores Sokoloff e Thornton através da INTERNET. Esperamos com este trabalho e a sua continuidade, contribuir para a melhoria do ensino de Física.

References

- [1] ACKERMAN, M. C.; WILSON, V. L. Learning Styles and Student Achievement in the Texas A&M Freshman Foundation Coalition Program, artigo apresentado no '1997 Southwest Educational Research Association Annual Meeting', Austin, Texas.
- [2] AMATO, J. *The Introductory Calculus-Based Physics Textbook*, Physics Today, 46-51, December, 1996.

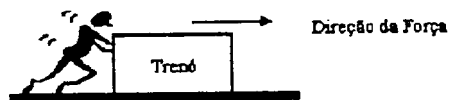
- [3] CUDMANI, L. C. de. La resolución de Problemas en el Aula. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. **20**, n. 1, Março, 1998.
- [4] DEMO, Pedro. *Questões para a teleducação*/Pedro Demo. Petrópolis, RJ: Vozes, 1998.
- [5] DUFRESNE, R. J.; GERACE, W. J.; LEONARD, W. J.; MESTRE, J. P.; WENK, L. A Classroom Communication System for Active Learning. *Jornal of Computing in Higher Education*, **7**, 3-47, (1996).
- [6] FREIRE, Paulo. *Pedagogia do oprimido*. 17 ed. Rio de Janeiro, Paz e Terra, 1987.
- [7] HAMMER, D. More than misconceptions: Multiple perspectives on student knowledge and reasoning, and na appropriate role for education research. *American Journal of Physics*, **64**(10), 1316-1325, (1996).
- [8] LABURU, C. E.; ARRUDA, S. M. Um Instrumento Pedagógico para Situações de Controvérsia e Conflito Cognitivo. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. **20**, n. 3, Setembro, 1998.
- [9] LEWIN, A. M. F. de ; LOM'SCOLO, T. M. M. de. La Metodología Científica en la Construcción de Conocimientos. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. **20**, n.2, Junho, 1998.
- [10] LEWIN, A. M. F. de ; LOM'SCOLO, T. M. M. de. Una experiencia piloto para investigar sobre las nociones intuitivas en Física en los primeros niveles de la educación. *Memorias REF VIII*, Argentina, 1993.
- [11] MAZUR, E. *Peer Instruction: A user's Manual*, Prentice Hall Series in Educational Innovation, Prentice Hall, upper Saddle River, N. J., 1997.
- [12] MOREIRA, Marco Antônio. *Uma abordagem cognitivista ao ensino da física; a teoria de aprendizagem de David Ausubel como sistema de referência para o ensino de ciências*. Porto Alegre, Ed. da Universidade, UFRGS, 1983.
- [13] RESNICK, M. *Learning About Life*, *Artificial Life*, v. **1**, n. 1-2, 1994.
- [14] THORNTON, Ronald K.; SOKOLOFF, David R. u Assessing student learning of Newton's laws: The Force and Motion Conceptual Evaluation and the Evaluation of Active Learning Laboratory and Lecture Curricula. *Am. J. Phys.* **66** (4), April 1998.
- [15] SALOMON, Délcio Vieira. *Como fazer uma monografia*. 4 ed. São Paulo: Martins Fontes, 1996.
- [16] WELLS, M; HESTENES, D.; SWACKHAMER, G. A Modeling Method, *American Journal of Physics* **63** (7), July 1995, 606-619.

Apêndice: Questões da ACFM

“Força sobre um trenó”

Um trenó sobre o gelo descreve movimentos de acordo com as questões de 1-7. O atrito é tão pequeno que pode ser desprezado. Uma pessoa com sapatos especiais aplica uma força sobre o trenó e movimentam-o sobre o gelo. Escolha uma força de A à G, que corresponde ao movimento descrito pelas questões ao lado. Você pode usar a mesma escolha para responder mais de uma questão. Caso você não encontre nenhuma alternativa correta, escolha a alternativa J.

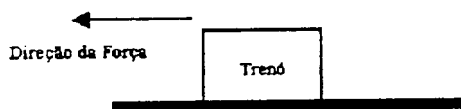
- A - A força é aplicada à direita e sua intensidade está aumentando.
 B - A força é aplicada à direita e sua intensidade é constante. ...
 C - A força é aplicada à direita e sua intensidade está diminuindo.



- D - Não é necessário aplicar nenhuma força.



- E - A força é aplicada à esquerda e está diminuindo em intensidade
 F - A força é aplicada à esquerda e sua intensidade é constante
 G - A força é aplicada à esquerda e sua intensidade está aumentando



- 1 - Qual força poderia manter o trenó movendo-se para a direita e aumentando sua velocidade até um máximo possível (aceleração constante)?

Resposta: _____

- 2 - Que força poderia manter o trenó movendo-se para a direita com uma velocidade constante?

Resposta: _____

- 3 - O trenó está movendo-se para a direita. Que força poderia diminuir sua velocidade (aceleração constante)?

Resposta: _____

- 4 - Que força poderia manter o trenó movendo-se para a esquerda e aumentando sua velocidade até um máximo possível (aceleração constante)?

Resposta: _____

- 5 - O trenó partiu do repouso e começou a ser empurrado para a direita até atingir uma velocidade constante. Que força poderia manter o trenó movendo-se a essa velocidade?

Resposta: _____

- 6 - O trenó está diminuindo sua velocidade e possui uma aceleração para direita. Que força seria responsável por este movimento?

Resposta: _____

- 7 - O trenó está movendo-se para esquerda. Qual força poderia pará-lo (aceleração constante)?

Resposta: _____

“Carro numa rampa”

Um carrinho de brinquedo recebe um rápido empurrão fazendo com que ele suba uma rampa inclinada. Após ter sido empurrado, ele sobe a rampa, atinge seu ponto mais alto e volta para baixo. O atrito é tão pequeno que pode ser ignorado. Use as opções de A à G para indicar a força resultante que atua em cada caso descrito abaixo. Utilize a letra J se você acredita que nenhuma das alternativas está correta.

- A - Força resultante constante, com sentido descendo a rampa;
- B - Força resultante aumentando no sentido de descer a rampa;
- C - Força resultante diminuindo no sentido de descer a rampa;
- D - Força resultante nula;
- E - Força resultante constante subindo a rampa;
- F - Força resultante aumentando no sentido de subir a rampa;
- G - Força resultante diminuindo no sentido de subir a rampa.



- 8 - O Carro está subindo a rampa após ter sido empurrado.

Resposta: _____

- 9 - O Carro está em seu ponto mais alto na rampa.

Resposta: _____

- 10 - O Carro está descendo a rampa.

Resposta: _____

“Moeda arremessada”

Uma moeda é arremessada para cima, no ar. Após ter sido lançada, ela sobe, atinge seu ponto mais alto e desce. Use uma das alternativas de A à G para indicar a força atuando na moeda em cada um dos casos abaixo. Escolha a opção J se você acha que nenhuma está correta. Ignore qualquer efeito de resistência do ar.

- A - A força é para baixo e constante;
- B - A força é para baixo e está aumentando;
- C - A força é para baixo e está diminuindo;
- D - A força é zero;
- E - A força é para cima e constante;
- F - A força é para cima e está aumentando;
- G - A força é para cima e está diminuindo.

- 11 - A moeda está subindo após ter sido lançada.

Resposta: _____

- 12 - A Moeda está em seu ponto mais alto.

Resposta: _____

- 13 - A moeda está caindo.

Resposta: _____

“Gráfico de forças”

Um carrinho de brinquedo pode mover-se para direita ou para a esquerda ao longo de uma linha horizontal (a parte positiva do eixo das distâncias). Considere o atrito tão pequeno que pode ser ignorado.

Uma força é aplicada sobre o carro.

Escolha um gráfico de força de A à H, para descrever o movimento do carro proposto abaixo. Escolha J caso você considere que não há nenhuma resposta correta.



14 - O carro move-se para direita (além da origem) com velocidade constante.

Resposta: _____

15 - O carro está parado.

Resposta: _____

16 - O carro move-se para a direita aumentando sua velocidade até atingir a máxima possível (aceleração constante).

Resposta: _____

17 - O carro move-se para a esquerda (em direção à origem) com velocidade constante.

Resposta: _____

18 - O carro move-se para a direita diminuindo sua velocidade até parar (aceleração constante).

Resposta: _____

19 - O carro move-se para a esquerda aumentando sua velocidade até atingir a máxima possível (aceleração constante).

Resposta: _____

20 - O carro move-se para a direita, a velocidade aumenta e começa a diminuir.

Resposta: _____

21 - O carro é empurrado para direita e depois solto. Qual gráfico descreve a força após o carro ter sido solto?

Resposta: _____

