

ALAN CORRÊA DINIZ

**IMPLEMENTAÇÃO DO MÉTODO *PEER INSTRUCTION* EM AULAS DE FÍSICA
NO ENSINO MÉDIO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2015

ALAN CORRÊA DINIZ

**IMPLEMENTAÇÃO DO MÉTODO *PEER INSTRUCTION* EM AULAS
DE FÍSICA NO ENSINO MÉDIO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 04 de setembro de 2015.

Paulo Henrique Dias Menezes

Sukarno Olavo Ferreira

Álvaro José Magalhães Neves
(Coorientador)

Álvaro Vianna Novaes de Carvalho Teixeira
(Orientador)

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho, primeiramente a Deus; em seguida aos meus pais e amigos, pela dedicação e apoio em todos os momentos difíceis. Vocês fazem minha vida mais colorida! Transformam meus esforços, mesmo que ineficazes em alguns momentos, valerem a pena!

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por iluminar meus caminhos e minha mente, aos meus familiares por me apoiarem incondicionalmente nesta jornada e aos meus amigos próximos, por sempre acreditarem em mim.

Ao corpo docente e funcionários responsáveis pelo Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, polo UFV/SBF, pela oportunidade de realização de estudos e trabalhos em minha área de pesquisa.

Aos colegas do mestrado pelo auxílio nas tarefas desenvolvidas durante o curso.

À CAPES pela provisão da bolsa de mestrado.

Ao Colégio de Aplicação João XXIII/UFJF por permitir a realização desta pesquisa.

Aos meus alunos, por me suportarem diariamente.

Ao professor Paulo Henrique Dias Menezes, docente do departamento de Educação da Universidade Federal de Juiz de Fora e ao professor Edson Eduardo Reinehr, docente do Colégio de Aplicação João XXIII/UFJF, pelas diversas contribuições, dicas e orientações precisas no decorrer deste trabalho

A todos os que colaboraram de algum modo para possibilitar a concretização desse trabalho.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	VI
LISTA DE TABELAS	VII
LISTA DE ABREVIATURAS.....	VIII
RESUMO.....	IX
ABSTRACT	X
1 - INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DA LITERATURA	6
2.1 O ENSINO DE FÍSICA NO BRASIL	6
2.2 O MÉTODO PEER INSTRUCTION	9
3 - REFERENCIAIS TEÓRICOS	17
3.1 - LINHA DE PESQUISA E BASE EDUCACIONAL DO TRABALHO.....	17
3.2 - A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA SEGUNDO DAVID AUSUBEL.....	18
3.3 - A TEORIA SÓCIO-INTERACIONISTA SEGUNDO VYGOTSKY	22
4 - METODOLOGIA DE PESQUISA	26
4.1 - O COLÉGIO DE APLICAÇÃO JOÃO XXIII/UFJF.....	26
4.2 - PROCEDIMENTOS E TÉCNICAS UTILIZADAS	27
4.3 - DIFICULDADES ENFRENTADAS PARA O USO DO MÉTODO <i>PEER</i> <i>INSTRUCTION</i>	36
5 - RESULTADOS.....	37
5.1 - ANÁLISE ESTATÍSTICA DO <i>FC</i> /PELO <i>GANHO DE HAKE</i>	37
5.2 - ANÁLISE ESTATÍSTICA DO <i>FC</i> /PELO TESTE <i>T</i> DE STUDENT.....	39
5.2.1 - Análises individuais de cada turma.....	41
5.2.2 - Comparações entre as turmas.....	43
5.2.3 - Comparações entre faixas de acertos	46
5.3 - CONCLUSÃO DAS ANÁLISES ESTATÍSTICAS	48
5.4 - ANÁLISE DOS TESTES CONCEITUAIS.....	50
6 - CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS	63
REFERÊNCIAS.....	67
APÊNDICE A: PESQUISA DE SATISFAÇÃO AO MÉTODO <i>PEER INSTRUCTION</i>	74
APÊNDICE B: TESTES CONCEITUAIS	79
APÊNDICE C: QUESTIONÁRIOS.....	93
ANEXO A: TERMO DE ANUÊNCIA DA ESCOLA.....	96

ANEXO B: TABELA T PARA HIPÓTESES UNILATERAIS E BILATERAIS.....	97
ANEXO C: MATERIAL ACADÊMICO: “INSTRUÇÕES PARA A APLICAÇÃO DO MÉTODO PEER INSTRUCTION EM AULAS DE FÍSICA NO ENSINO MÉDIO”	98

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Fluxograma do <i>Peer Instruction</i>	11
Figura 2: Processo de aquisição de conhecimento (...)	23
Figura 3: O <i>clicker</i> utilizado (...) e o receptor (...)	27
Figura 4: Porcentagem relativa ao aproveitamento da turma 3 (...)	39
Figura 5: Médias da turma 3 e das turmas 1 e 2 juntas no <i>FCI</i> (...)	45
Figura 6: Médias no <i>FCI</i> , em faixas de acertos, do pós-teste para as turmas (...)	46
Figura 7: Notas dos alunos das três turmas no pós-teste (...)	48
Figura 8: Frequência das notas no pós-teste para as três turmas (...)	49
Figura 9: Questão 3.....	51
Figura 10: Questão 13.....	52
Figura 11: Porcentagem de respostas corretas (...)	53
Figura 12: Resposta dos alunos à questão 3 (...)	56
Figura 13: Resposta dos alunos à questão 13 (...)	58
Figura 14: Resposta dos alunos à questão 16 (...)	60
Figura 15: Resposta dos alunos à questão 17 (...)	62

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Descrição resumida das aulas.....	29
Tabela 2: Cronograma das aulas ministradas.....	30
Tabela 3: Dados comparativos do <i>ganho de Hake</i> (...).	38
Tabela 4: Dados comparativos do teste <i>t de Student</i> das turmas 1, 2 e 3.....	42
Tabela 5: Dados comparativos do teste <i>t de Student</i> da turma 3 em relação às turmas 1 e 2.....	44
Tabela 6: Dados comparativos do teste <i>t de Student</i> da turma 3 em relação às turmas 1 e 2, entre 0 e 9 acertos.....	47
Tabela 7: Dados comparativos do teste <i>t de Student</i> da turma 3 em relação às turmas 1 e 2, entre 10 e 30 acertos.....	47
Tabela 8: Relação entre as questões e os conteúdos relacionados.....	55

LISTA DE ABREVIATURAS

FCI: Force Concept Inventory

JiTT: Just-in-Time Teaching

MNPEF: Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física

PCNEM: Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio

PI: Peer Instruction

SBF: Sociedade Brasileira de Física

UCA: Um Computador por Aluno

UFJF: Universidade Federal de Juiz de Fora

UFRGS: Universidade Federal do Rio Grande do Sul

UFV: Universidade Federal de Viçosa

ZDP: Zona de Desenvolvimento Proximal

RESUMO

DINIZ, Alan, Corrêa, M. Sc., Universidade Federal de Viçosa, setembro de 2015. **Implementação do Método *Peer Instruction* em Aulas de Física no Ensino Médio**. Orientador: Alvaro Vianna Novaes de Carvalho Teixeira. Coorientador: Álvaro José Magalhães Neves.

O método *Peer Instruction (PI)*, ou *Instrução pelos Colegas*, é um método de ensino baseado nas interações dos alunos com seus colegas de classe. O objetivo desse método é tirar o aluno do papel passivo nas aulas através do envolvimento com outros alunos, além de estimulá-lo a estudar previamente. Neste trabalho, o método *Peer Instruction* foi realizado em 28 alunos de uma turma de primeiro ano do Ensino Médio compreendendo os seguintes temas de Mecânica: leis de Newton, energia e quantidade de movimento, dividido em cinco capítulos, segundo o livro texto. Para levar o aluno a estudar previamente, foram aplicados questionários de três perguntas associados a cada capítulo do livro texto. Estatisticamente, a efetividade do método foi comprovada comparando-se o resultado da turma na qual foi aplicado o método *PI* com duas turmas-controle, nas quais o método não foi aplicado. Os resultados foram analisados pelo *ganho de Hake* e pelo teste *t* de Student nas notas do *FCI (Force Concept Inventory)*, que consiste em um questionário de 30 questões de múltipla escolha sobre Mecânica, aplicado antes e depois do método de instrução. A turma onde foi aplicado o método *PI* obteve a menor média de acertos antes da instrução (24,5%) e a maior média de acertos após a aplicação do método (32,3%) em comparação com as turmas-controle (28,5% e 25,0% de acerto no início do curso, e 30,0% e 27,3% de acertos no final, respectivamente). O ganho de Hake da turma *PI* foi de 0,10 e das turmas-controle foi de 0,02 e 0,03. A análise das médias de acerto pelo teste *t* de Student, por outro lado, mostraram que as médias de acerto de todas as turmas não são estatisticamente distintas. Atribuiu-se esse resultado como uma consequência do baixo número amostral de alunos nas turmas. Além disso, constatamos que a análise das respostas dos alunos às questões em sala de aula após as discussões entre os colegas podem servir de ferramentas para a identificação das principais dificuldades de compreensão dos conceitos cobrados da matéria.

ABSTRACT

DINIZ, Alan, Corrêa, M. Sc., Universidade Federal de Viçosa, setembro de 2015. **Implementation of the Peer Instruction method in Classes of Physics in High School**. Adviser: Alvaro Vianna Novaes de Carvalho Teixeira. Co-adviser: Álvaro José Magalhães Neves.

Peer Instruction (PI) is a teaching method based on the interaction between students in the classroom. The goal of this method is to remove the student from the passive role during classes through the interaction with other students and also stimulate the students to study before classes. In this work the Peer Instruction method was implemented on a high school class with 28 students covering the following topics: Newton's laws, energy and momentum, organized in five chapters, accordingly to the textbook. To stimulate the students to study previously questionnaires with three questions related to the subject of each class were applied. Statistically the effectiveness of the method was proved comparing the scores of one class where the PI method was used with the scores of two other classes where the method was not applied. The results were analyzed by the Hake factor and by the t -Student test from the scores of the Force Concept Inventory (FCI), which is a standard exam with 30 multiple questions about mechanics, before and after the course. The class where the PI method was used had the lowest score in the beginning of the course (24.5%) and the biggest score at the end of the course (32.3%) when compared to the other classes (28.5% and 25.0% before the course and 30.0% and 27.3% after, respectively). The Hake factor in the PI class was 0.10 and the Hake factor for the other classes was 0.02 and 0.03. On the other hand, the t -Student test shown that the differences in the scores are not statistically distinguishably. It was considered that this result was a consequence of the low number of students required for the statistical analysis. Finally, it was shown that the analyze of the percentage of corrected answers in the tests during classes after the discussion among the students can be used as an tool to identify the main issues that the students has about the concepts on Physics.

1 - INTRODUÇÃO

Acredita-se que os métodos tradicionais¹ dominantes no ensino de Física já não despertam mais interesse na maioria dos alunos do ensino médio. A constante "matematização" da Física, deixando de lado seus conceitos básicos, fazendo com que o aluno decore fórmulas e conceitos, não o motiva (FREIRE, RICARDO, 2007; TRINDADE, 2014; CUMMINGS, ROBERTS, 2008; HAKE, 1998), pois esse procedimento, em geral, não tem relação alguma com a Física vista por ele em seu dia a dia. É necessária uma nova alternativa para mudar essa realidade.

Mudar essa realidade não é uma tarefa fácil, pois não se trata de apenas uma mudança no decorrer das aulas, mas sim uma mudança, acima de tudo, de postura do aluno, pois ele deverá participar mais ativamente da aula. Por outro lado, não é fácil sair da "zona de conforto" que a sala de aula atualmente proporciona ao professor. O aluno, sem ânimo algum, toma nota da matéria exposta pelo professor, que, por sua vez, tem que cumprir um conteúdo programático extenso. Isso tudo torna a aula entediante, tanto para o professor quanto para o aluno (FREIRE, RICARDO, 2007).

O trabalho apresentado nesta dissertação propõe que a maneira de ensinar necessita ser reformulada, bem como a postura do aluno perante a aula e seus estudos, sendo necessário que estude antes da aula.

Os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM), que são a referência nacional do currículo escolar (BRASIL, 1999), orientam que o processo de ensino-aprendizagem em Física seja voltado à incentivar os alunos a criar e a questionarem o mundo ao seu redor, tornando-se autônomos intelectualmente. Contudo, há uma dificuldade, por parte dos professores, em se desvincularem dos métodos tradicionais de ensino, apoiados em gigantescas listas de exercícios, mesmo com um crescente número de pesquisas em ensino de Ciências e de Física (ROSA, ROSA, 2012), faltando, então, uma conexão entre pesquisa e aplicação em sala de aula (ALMEIDA, NARDI, 2013).

É fato que o professor possui uma responsabilidade muito grande no processo de ensino e aprendizagem do aluno, mas não pode ser o único

¹ Entende-se como método tradicional de ensino aulas puramente expositivas, com pouca ou quase nenhuma participação do aluno durante as aulas.

responsável pelo rendimento do aluno. O trecho abaixo evidencia tal responsabilidade por parte do professor:

Tal responsabilidade não é um fardo leve. Em meio a condições não raro adversas de infraestrutura e apoio institucional, o professor tem como tarefa propiciar condições para que possam se engajar no processo de aprendizagem e orientá-los de modo a alcançar uma aprendizagem significativa da matéria em estudo. (ARAUJO, MAZUR, 2013, p. 364).

Tendo em vista todos os empecilhos citados acima, e que o professor possui uma responsabilidade muito grande na manutenção dos métodos tradicionais de ensino, preparando aulas expositivas e extensas listas de exercícios que simplesmente envolvem substituição de números em fórmulas, o aluno se torna um sujeito passivo nas aulas de Física, que apenas toma nota da aula expositiva feita pelo professor.

A metodologia relatada nesta dissertação procura fazer com que o estudante deixe de ser apenas um expectador e assuma um papel mais ativo em sala de aula. Para isso, ele necessita estudar antecipadamente para as aulas, e buscar informações nos materiais indicados pelo professor. Para tal propósito, foi utilizado, em caráter experimental, o método *Peer Instruction* (MAZUR, 1997), em uma turma de primeiro ano, com 28 alunos, de um Colégio de Aplicação de uma universidade pública federal. Esse método une a interação do aluno com seus colegas de classe e o estudo prévio, buscando a compreensão dos conceitos básicos de Física.

O método *Peer Instruction* pode ser resumido em uma frase: a melhor maneira de aprender é ensinar! Este método, também conhecido como *Instrução pelos Colegas* (IpC) no Brasil, enfrenta diretamente o procedimento de memorização de tarefas e equações, estimulando o aluno a buscar as informações sobre a matéria de estudo, principalmente no livro-texto. Ou seja, o aluno é levado a estudar previamente o material indicado pelo professor para a aula. Acredita-se que o aluno mais ativo e participativo na sala de aula, por meio da troca de ideias com seus colegas de classe, aprende com mais facilidade. Esta é a principal característica do método, a interação entre os colegas.

A aula ministrada pelo professor consiste em uma exposição curta do assunto abordado no estudo prévio dos alunos, centrada nos pontos em que eles apresentam maiores dificuldades. Em seguida, o professor propõe um teste conceitual sobre o tema abordado e, dependendo do índice de acertos da turma,

pode refazer esta exposição, formar pequenos grupos de alunos e estimulá-los a discutirem entre si ou seguir em frente para o próximo teste conceitual. A discussão entre os colegas deve ser mediada pelo professor, induzindo sempre os alunos a questionarem uns aos outros, com o objetivo de promover o aprendizado.

Quanto ao andamento da aula, se o índice de acertos for superior a 70%, o professor explica brevemente a resposta e passa para o tópico seguinte, sem explanações profundas. Se o índice de acertos for inferior a 30%, o professor volta a explicar o assunto abordado, e apresenta novamente um teste sobre o assunto (pode ser o mesmo teste aplicado), reiniciando o ciclo. Se o índice de acertos ficar entre 30% e 70%, o professor orienta os alunos a formarem pequenos grupos. O professor deve, então, estimular a discussão entre os membros do grupo. Logo após a discussão, cada aluno submete sua resposta, de maneira individual. Nesta situação, quando o índice de acertos fica entre 30% e 70% e o professor orienta a formação de pequenos grupos de alunos para discutirem as respostas, geralmente, o aluno que marcou a resposta correta, durante a primeira submissão de resposta, consegue convencer aquele que marcou a resposta errada antes das discussões (MAZUR, 1997). Os valores limites de 30% e 70% não são universais, cabendo ao professor estabelecer tais valores.

Nesse método, o aluno, como já mencionado, necessita estudar antecipadamente. Acredita-se que a solução possível seja o *Just-in-Time Teaching* (NOVAK, 1999). Resumidamente, o *JiTT*, como também é conhecido, consiste na aplicação de um curto questionário, com duas a três perguntas, a ser respondido *on line*, e entregue até um dia antes da aula. Como o colégio não possuía uma plataforma eletrônica para a realização das tarefas *on line*, e muitos alunos tinham dificuldades em acessar a *internet*, os questionários foram impressos e entregues aos alunos.

Os testes conceituais devem ser adequadamente selecionados. As questões criadas, ou selecionadas, devem ser de múltipla escolha e abordar conceitos que exigem raciocínio dos alunos para o entendimento do conteúdo, ao invés de força-lo a memorizar fórmulas e conceitos, ou que simplesmente substitua um número em uma fórmula (MAZUR, 1997; CROUCH, MAZUR, 2001; CROUCH, FAGEN, MAZUR, 2002).

O trabalho relatado nesta dissertação foi realizado na cidade de Juiz de Fora, em Minas Gerais, no Colégio de Aplicação João XXIII da Universidade Federal de

Juiz de Fora, com uma turma com 28 alunos do primeiro ano do Ensino Médio, no ano de 2014.

Nesta pesquisa, os temas estudados foram, de acordo com o livro do Colégio - *Física em Contextos* (PIETROCOLA, et. al, 2011):

- Investigando a Ação das Forças;
- Equilíbrio de Forças;
- Newton e suas Leis;
- Energia e Trabalho;
- Quantidade de Movimento e Impulso.

Para fins de comparações estatísticas, os alunos das três turmas do primeiro ano do colégio fizeram um teste com trinta questões, todas do *Force Concept Inventory (FCI)*, que consiste em um questionário de 30 perguntas conceituais de múltipla escolha sobre mecânica, cada pergunta com 5 alternativas de resposta (HESTENES, WELLS, SWACKHAMMER, 1992), antes de terem estudado os conteúdos listados acima (pré-teste) e após a aplicação dos conteúdos (pós-teste). O *FCI* não exige que o aluno decore fórmulas, pois é um teste conceitual, com questões que não dependem de um conhecimento prévio em mecânica do aluno. Esse material foi utilizado para comparar o desempenho da turma em que foi aplicado o método *Peer Instruction* com duas outras turmas em que foi adotado o ensino tradicional, através de análises estatísticas, pelo ganho de Hake (HAKE, 1998) e pelo teste *t* de Student (descrito em MOREIRA, 2009), totalizando-se 67 alunos (22 alunos da turma *Peer Instruction*). Somente foram analisados os testes dos alunos que fizeram tanto o pré quanto o pós-teste. Vale lembrar que as duas turmas controle foram conduzidas por professores diferentes, que permitiram tal comparação.

Os próximos capítulos (2 e 3) desta dissertação apresentam uma revisão da literatura nacional e internacional sobre as bases teóricas do trabalho desenvolvido. O capítulo 4 foi destinado à metodologia de pesquisa, relatando os materiais e métodos utilizados pelo professor, as principais dificuldades pelo mesmo e o cronograma de aplicação do método, bem como um cronograma sugestivo de aplicação do método. O capítulo 5 foi dedicado aos resultados da aplicação da

metodologia *Peer Instruction (PI)* e o capítulo 6 foi dedicado às conclusões e perspectivas futuras deste trabalho.

Espera-se que este trabalho possa contribuir positivamente para futuras pesquisas em ensino de Física, visando melhorar qualitativamente a aprendizagem dos alunos, e a aula ministrada pelo professor, servindo como referência também para outras disciplinas do currículo do aluno, tanto no Ensino Fundamental quanto no Ensino Médio.

Os testes conceituais e questionários, bem como o *FCI*, foram reunidos em um trabalho à parte, contendo também outras orientações para a aplicação do método *PI* no conteúdo de mecânica.

2. REVISÃO DA LITERATURA

Este capítulo tem por objetivo apresentar, de maneira objetiva e concisa, as referências encontradas na literatura nacional e internacional que serviram de base para a presente pesquisa. Foram revisados estudos anteriores sobre aplicações do método *Peer Instruction*, bem como sua utilização e significado, e também estudos que permitiram elucidar a realidade do ensino de Física no Brasil.

2.1 O ENSINO DE FÍSICA NO BRASIL

É de extrema importância revisar a forma com que se ensina Física no Brasil, principalmente o modo como essa disciplina é trabalhada no Ensino Médio. Para isso, alguns questionamentos se fazem necessários, tais como: Qual a importância de se ensinar Física? Qual sua contribuição para a formação social do aluno? Qual a metodologia mais eficaz para garantir a aprendizagem do aluno? Quais os instrumentos pedagógicos necessários para ensinar Física? Tais reflexões são fundamentais para garantir uma melhor aprendizagem em Física por parte do aluno (HEINECK, 1999).

A garantia de um ensino eficaz depende não só da boa formação do professor (HEINECK, 1999), mas também de sua motivação em sala de aula (OLIVEIRA, 2009). É fato que escolas com infraestrutura precária, aliado ao baixo salário, fazem com que o professor se sinta desmotivado para seguir em sua carreira docente. De acordo com Libâneo (2001), citado por Oliveira (2009), existem dois componentes que são determinantes na atuação do professor: a profissionalização e o profissionalismo.

O primeiro refere-se às condições necessárias ao exercício da profissão, tais como salários adequados, condições de trabalho (ambiente, recursos físicos e materiais), além da formação inicial e continuada responsável pelo desenvolvimento das competências, habilidades e atitudes profissionais do professor. Já o segundo refere-se à disposição do professor em exercer seus deveres e responsabilidades de maneira competente, comprometida e ética, o que envolve dedicação ao trabalho, assiduidade, respeito à pluralidade cultural, participação na construção coletiva do projeto pedagógico, além de domínio da matéria e dos métodos de ensino. (OLIVEIRA, 2009, p. 78).

Tanto na literatura nacional quanto na internacional podem-se encontrar várias referências sobre a atualidade do ensino de Física. Nesses estudos, vários autores relatam a importância da motivação por parte do aluno para o aprendizado

de Física (CUMMINGS, ROBERTS, 2008; NOVAK , 1999; HAKE, 1998, MAZUR, 1997; ROSA, ROSA, 2008; BEJANARO, CARVALHO, 2004; BONADIMAN, NONENMACHER, 2007; SILVA, VILLANI, 2009).

Nas últimas décadas, vários estudos foram produzidos na área de pesquisa de ensino de Física, sendo que a maioria deles se concentra nas dificuldades de ensino aprendizagem em física, com propostas de novos materiais e novos métodos de ensino (FILHO, PENA, 2008; VILLANI, 1981; CAVALCANTE et. al, 2009). Destaca-se nesses trabalhos a relação entre o aluno e o professor como peça chave para se entender o processo de ensino aprendizagem (NASCIMENTO, VIEIRA, 2007; ROSSO, TAGLIEBER, 1992). Segundo Vygotsky, a aprendizagem é um processo de internalização de conceitos aprendidos no meio social, sendo que a linguagem desempenha um papel fundamental nessa formação (RABELLO, PASSOS, [200-?]). Dessa forma, a relação entre o professor e seus alunos, e dos alunos entre si, contribui fortemente para um processo de ensino aprendizagem eficaz.

No ensino médio, a pressão por resultados em vestibulares e o mercado de trabalho, faz com que o aluno queira aprender somente o que é cobrado nos exames seletivos tradicionais, os ditos vestibulares (ROSA, ROSA, 2008; BEJANARO, CARVALHO, 2004). De acordo com os PCNEM, o ensino médio não é direcionado somente para a preparação de concursos, mas constitui-se em um conjunto de saberes necessários para que o educando possa decidir sobre seu futuro. Isso significa que é necessária uma reformulação no currículo do ensino médio, bem como nas metodologias de ensino (BONADIMAN, NONENMACHER, 2007; FILHO, PENA, 2008).

No geral, a Física é tratada como uma disciplina difícil. Muitos alunos relacionam a física com a matemática por meio de cálculos tortuosos. No entanto, será que o maior problema em aprender física está nos ditos cálculos tortuosos? Esses cálculos são realmente necessários?

A literatura analisada aponta um problema mais importante e fundamental que a dificuldade em realizar cálculos: a compreensão dos conceitos fundamentais da física (IVES, MAZUR, 2013). É certo que o aluno necessita de uma base matemática mínima, porém, muitas vezes os professores não levam em conta o senso comum dos alunos, ou seja, suas concepções prévias sobre determinado assunto (ALÍS, 2005). Essas concepções são extremamente importantes, pois são respostas que

acompanham, que moldam uma representação intelectual do aluno sobre o assunto, mesmo que errada, e, por isso, devem ser levadas em consideração.

As concepções prévias apresentadas pelos alunos não são desconexas. Elas representam o mundo em seu ponto de vista. Muitos alunos carregam essas concepções para o ensino superior (BARBETA, YAMAMOTO, 2002). Neste trabalho, foram identificados vários casos de concepções prévias, também conhecidas como "Física Aristotélica" ou "Concepções Alternativas" (ALÍS, 2005; LEITE, 1993; COVALEDA, RÍOS, 2009; SEBASTIA, 1984; BARROS, REZENDE, 2001; PEDUZZI, 1996), por meio dos testes conceituais e dos questionários, que serão apresentadas em detalhes mais adiante, no capítulo de 5, onde são apresentados os resultados do trabalho desenvolvido. No Brasil, as concepções espontâneas são objetos de estudo desde a década de 1980 (PEDUZZI, PEDUZZI, 1985).

Uma das maneiras de se identificar essas concepções é por meio de testes conceituais, entre os quais o mais conhecido é o *FCI (Force Concept Inventory)* (SAVINAINEN, VIIRI, 2007; BENCKERT, LUANGRATH, PETTERSSON, 2011). Muitas das dificuldades encontradas por alunos ingressantes em cursos na área de exatas nas universidades, além daquelas relacionadas à manipulação de ferramentas matemáticas, se devem também à dificuldade de compreensão de conceitos básicos de mecânica e concepções prévias erradas carregadas ao longo de todo o aprendizado em Física (IVANJEK, PLANINIC, SUSAC, 2010; NIEMINEN, SAVINAINEN, 2010).

Várias pesquisas foram desenvolvidas com o objetivo de reconstruir essas concepções e abordar metodologias de ensino diferente das convencionais. Apesar do crescente número de publicações de pesquisas em ensino de física/ciências nas últimas décadas, a aplicação dos seus resultados em sala de aula ainda é escasso (OSTERMANN, REZENDE, 2005; FERRAZ, REZENDE, 2009). Normalmente, o problema é identificado, relatado, estudado e uma proposta para enfrentá-lo é elaborada, mas essa proposta não chega às salas de aula.

Villani (1982) aponta três tipos de problemas nessas pesquisas:

Pela experiência que temos na pesquisa em Ensino de Física, podemos detectar três tipos de problemas que a pesquisa em Ensino de Ciência enfrenta: um primeiro, que se refere à pesquisa como tal, incluindo a implementação da sua interdisciplinaridade, a definição de prioridades e o desenvolvimento de linhas; um segundo que se refere ao seu relacionamento com as fontes de financiamento, a estruturação efetiva de grupos, a definição de campos de trabalho e a reprodução de seus pesquisadores, incluindo a estruturação de uma carreira apropriada; finalmente um terceiro tipo de dificuldade refere-se à utilização dos seus resultados, que implica no envolvimento dos professores de Ciência, na prestação de serviços e de funções comunitárias nas escolas de 1º, 2º e 3º graus. (VILLANI, 1982, p. 133).

A dificuldade em utilizar os resultados obtidos em determinado tipo de pesquisa em sala de aula também não é algo recente. Felizmente, nas últimas décadas, essa dificuldade vem sendo minimizada, porém, ainda é necessário avançar na relação entre prática docente e pesquisa em ensino aprendizagem (FERRAZ, REZENDE, 2009). O método *Peer Instruction* pode ser uma boa opção para uma relação proveitosa entre prática docente e a pesquisa em ensino.

2.2 O MÉTODO PEER INSTRUCTION

O método *Peer Instruction*, proposto pelo Prof. Eric Mazur, da Universidade de Harvard (EUA), no início da década de 1990, mais precisamente no ano de 1991, foi introduzido em uma disciplina de Física básica nessa mesma universidade e se difundiu rapidamente pelo mundo, em especial nos Estados Unidos, Canadá e Austrália, tornando-se hoje um método de ensino consolidado e utilizado em diversas disciplinas, especialmente no ensino superior (CUMMINGS, ROBERTS, 2008; MAZUR, 1997; CROUCH, MAZUR, 2001; LASRY, MAZUR, WATKINS, 2008). Baseado no estudo prévio do aluno e na interação com seus colegas de classe, através de discussões sobre questões conceituais mediadas pelo professor, o método *Peer Instruction (PI)* tem por objetivo modificar o comportamento do aluno em sala de aula, fazendo com que todos os alunos se envolvam com o conteúdo de ensino, por meio de questionamentos estruturados, promovendo o aprendizado colaborativo (MAZUR, 1997).

No Brasil, métodos de ensino semelhantes ao *Peer Instruction*, inclusive o próprio *PI*, ainda são pouco conhecidos e utilizados pelos professores, tanto aqueles

mais experientes quanto para os que ainda estão em formação (ARAUJO, MAZUR, 2013; ROSSO, 1992). O trecho abaixo mostra a definição de um método ativo de ensino, no qual que o método *PI* se encaixa, uma vez que a aprendizagem do aluno depende de sua vontade natural de aprender:

Compreendemos Métodos Ativos e Atividades de Ensino como processo "de fazer fluir" naturalmente o ímpeto e a energia próprios do desenvolvimento mental e a vontade natural de aprender do aluno, direcionando-os à aprendizagem escolar. (ROSSO, TAGLIEBER, 1992, p. 37).

A implementação deste método permite que o mesmo possa ser usado em conjunto com outros métodos, como por exemplo, o uso do *Peer Instruction* com o *JiTT*, podendo ser uma estratégia potencialmente significativa para o ensino, contribuindo para a compreensão correta dos conceitos físicos, desenvolvendo habilidades de comunicação e facilitando a identificação das dificuldades assinaladas pelos alunos pelo professor (CROUCH, MAZUR, 2001).

Os questionários propostos pelo *JiTT* exigem do aluno não só "dar uma olhada" no livro ou no material indicado, mas, refletir, raciocinar e até mesmo confrontar o material de estudo. Na pesquisa desenvolvida, a cada semana foi dado aos alunos um questionário, com três perguntas, que deveria ser entregue até um dia antes da aula, sendo que as duas primeiras perguntas eram referentes ao conteúdo, e a terceira referente às dúvidas em relação ao conteúdo estudado, pedindo ao estudante que exemplificasse o ponto mais obscuro ou difícil do texto, sem mencionar meramente uma página, seção ou o nome de um assunto, explicando com precisão o que ele viu de confuso ou difícil.

Como já referido na introdução, a aula *PI* é baseada em testes conceituais e de acordo com a porcentagem de acertos em cada questão o professor decide sobre a sequência da aula. A figura abaixo mostra o fluxograma da aula *Peer Instruction*.

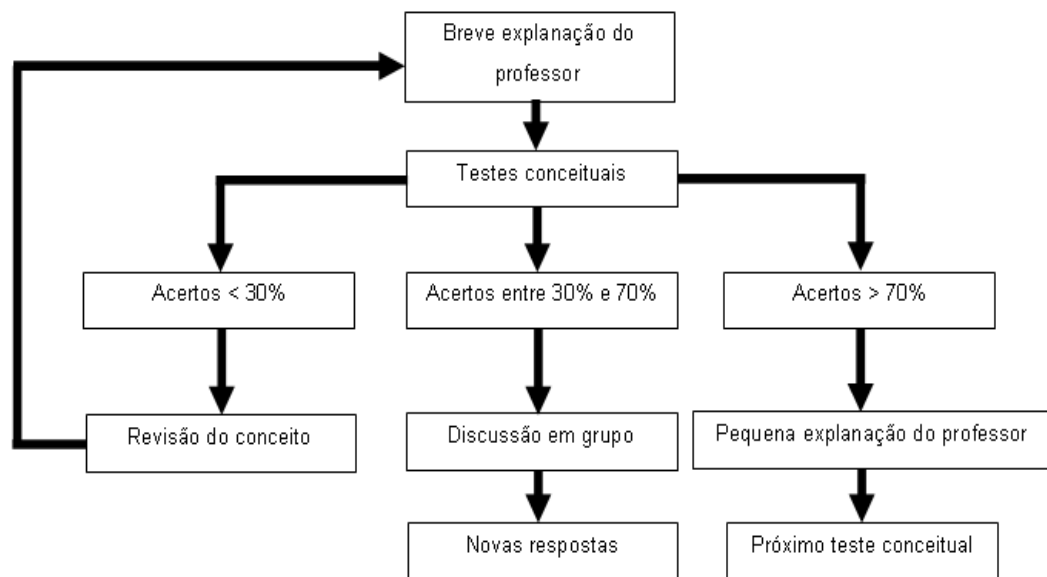


Figura 1: Fluxograma do *Peer Instruction* (MAZUR, 1997).

A breve explicação do professor deve se conter em tópicos nos quais os alunos não compreenderam direito, relatados a partir do estudo prévio que eles fizeram, ou então de um tópico que, segundo o professor, seria de difícil compreensão no estudo prévio do aluno. Essa "mini exposição" deve durar cerca de 7 a 10 minutos, cabendo ao professor iniciar os testes conceituais ou explicar novamente esses tópicos, caso os alunos não o tivessem entendido corretamente.

Sugere-se que o tempo necessário para cada aluno responder ao teste conceitual fique entre 2 e 4 minutos. Caso o índice de acertos seja inferior a 30%, provavelmente a maioria não compreendeu o conceito corretamente, sendo necessária uma nova explicação do professor sobre o conteúdo do teste com outra abordagem. Caso o índice de acertos seja maior que 70%, há um indicativo de a maioria entendeu os conceitos, então, o professor segue para o próximo conteúdo, podendo fazer algum comentário sobre o teste, ou explicando a resposta correta. Caso necessário, os valores de 30% e 70% podem mudar.

A metodologia alcança uma maior eficiência quando o índice de acertos fica entre 30% e 70%, uma vez que, neste caso, há discussão em pequenos grupos de alunos mediada pelo professor (MAZUR, 1997). Essas discussões geralmente ajudam a desenvolver habilidades de comunicação, além de facilitar a identificação das dúvidas assinaladas pelos alunos (CROUCH, MAZUR, 2001). A troca de

argumentos favorece a estruturação da estrutura cognitiva dos alunos, favorecendo a aprendizagem (OLIVEIRA, 2012).

Pesquisas nacionais recentes (OLIVEIRA, 2012; MÜLLER, 2013; ARAUJO, MAZUR, 2013; MÜLLER, 2012) e internacionais (CUMMINGS, ROBERTS, 2008; MAZUR, 1997; CROUCH, MAZUR, 2001; LASRY, 2008; CROUCH et. al, 2007; LASRY, MAZUR, WATKINS, 2008) apontam que, após a discussão entre os pares de colegas, as respostas dadas pelos alunos geralmente convergem para a opção correta, pois os argumentos corretos normalmente convencem os mais equivocados. Pesquisas semelhantes também apontam que o uso do *JiTT*, em conjunto com o *Peer Instruction*, pode tornar a aprendizagem mais expressiva e eficaz (CROUCH, MAZUR, 2001; CROUCH, FAGEN, MAZUR, 2002; CROUCH et. al, 2007).

A escolha dos testes conceituais feitas pelo professor influencia diretamente no rendimento dos alunos durante a aplicação do método *Peer Instruction*. São considerados "bons" testes conceituais aqueles que cobram o conceito básico de cada questão, com alternativas semelhantes, porém apenas uma é correta, evitando que o aluno responda sem pensar e raciocinar, podendo, inclusive, basear-se em questões que possam causar certa confusão na mente dos alunos (MAZUR, 1997; CROUCH et. al, 2007).

No Brasil, alguns artigos, monografias e dissertações já foram publicados a respeito do *Peer Instruction* no ensino de Física (OLIVEIRA, 2012; MÜLLER, 2013; ARAUJO, MAZUR, 2013; MÜLLER et. al, 2012). Destaque para duas dissertações do Mestrado em Ensino de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Uma dissertação, publicada em 2012 (OLIVEIRA, 2012), analisou uma proposta de ensino de eletromagnetismo usando o *Peer Instruction* com *flashcards*, e outra dissertação (MÜLLER, 2013) relatou a experiência de professores de Física em formação, aplicando a metodologia em suas aulas. As conclusões e pontos principais desses trabalhos são descritos nos parágrafos seguintes.

O trabalho de Oliveira (2012) relata uma experiência de ensino de Eletromagnetismo em uma turma do terceiro ano do Ensino Médio de uma escola pública, composta de 30 alunos, utilizando-se o método *PI* com o *JiTT*. Nessa pesquisa, foram desenvolvidos vídeos, materiais de apoio e testes conceituais, distribuídos em 12 encontros de uma hora e trinta minutos cada. Os resultados apresentados por esse trabalho foram analisados através do teste *t* de Student, e mostraram que o ensino *PI* aliado ao *JiTT* foi potencialmente significativo e mostrou

um ganho de aprendizagem dos conceitos básicos de Eletromagnetismo. Foram analisadas também a opinião dos alunos que, em sua maioria, aprovaram o método de ensino. Segundo o autor:

As discussões entre os alunos promovidas pelos Testes Conceituais se mostraram bastantes eficazes na maioria das vezes. Após os debates entre os colegas sobre os conceitos físicos envolvidos nas questões, o percentual de respostas corretas e o nível de confiança dos alunos ao escolherem determinada alternativa aumentavam consideravelmente, o que é tomado como um bom indício das potencialidades da proposta. (OLIVEIRA, 2012, p. 89).

O autor sugere que o professor esteja ciente sobre a importância da mudança em suas aulas com a aplicação do *PI* para a obtenção do sucesso com o método. Ele exemplifica que, antes de aplicar a metodologia por um longo período, planeje uma ou duas aulas de *PI* antes de tomar qualquer decisão.

Já o trabalho de Müller (2013), foi desenvolvido com base em dois estudos de caso: o primeiro, feito em uma turma de 34 alunos de um colégio público federal, no ensino de Eletromagnetismo, estudou a utilização do método *Peer Instruction* em conjunto com o projeto governamental "Um Computador por Aluno" (UCA), em que cada aluno tinha acesso a um microcomputador, para que submetessem suas respostas em formulários do *Google Forms*² contendo os testes conceituais, e o segundo foi feito com dois graduandos do curso de Licenciatura em Física da UFRGS no estágio docente, desenvolvido no mesmo colégio do primeiro estudo de caso, porém com a utilização de *flashcards*, ou cartões-resposta, distribuídos aos alunos.

No primeiro estudo de caso, a análise da metodologia foi feita a partir do índice de acertos após as discussões e na aceitabilidade do *PI* em conjunto com o UCA. Os resultados apresentaram que 60% dos alunos "concordam" ou "concordam fortemente" que o método *PI* em conjunto com o UCA foi vantajoso em relação à aula tradicional, indicando que o método aplicado foi satisfatório.

No segundo estudo de caso, os graduandos relataram suas experiências ao longo da aplicação do método, aula por aula, desde as respostas dos alunos até suas opiniões pessoais quanto à aplicação da metodologia. Um dos graduandos afirmou que utilizaria esse procedimento novamente em outro colégio, enquanto

² Cria formulários personalizados *on line* para pesquisas e questionários. Para maiores informações, acesse: <<https://www.google.com/intx/pt-BR/work/apps/business/products/forms/>>

outro afirmou que utilizaria se a resposta da turma fosse positiva, mas ambos aprovaram as aulas *PI*.

Segundo o autor, o método *PI* devia ser adotado com mais frequência em disciplinas de estágio:

Tais resultados apontam uma esperança de que o IpC seja adotado mais frequentemente nas disciplinas de estágio de docência e que novos professores formem-se tendo em sua "bagagem" profissional a experiência de já ter ministrado aulas com tal metodologia e, com isso, se instale um ambiente propício à mudança e à melhoria do ensino. Dessa forma, acreditamos que a prática do IpC por professores em formação inicial promova, quando estes assumirem a regência de turmas em escolas, uma renovação das metodologias utilizadas. (MÜLLER, 2013, p. 1992).

O autor conclui que há a perspectiva de continuação do trabalho para avaliar as mudanças didáticas de professores de Física proporcionadas pelo *PI*, no sentido de renovar o ensino de Física por meio de práticas metodológicas, tal como o *PI*, oferecendo meios alternativos ao ensino tradicional.

Em um trabalho publicado em 2002 pela Universidade de Harvard (CROUCH, FAGEN, MAZUR, 2002), foi analisado um levantamento feito por 384 professores que lidaram com o *Peer Instruction*. O resultado foi plenamente satisfatório, uma vez que 303 professores utilizariam o método novamente, 27 professores provavelmente usariam e apenas sete não voltariam a utilizar o método. Também foi questionado aos professores quais seriam as principais dificuldades da implementação dessa metodologia. Dentre os vários questionamentos, destaca-se que 30% dos educadores disseram que o método requer muito tempo para o preparo das aulas, testes conceituais e questionários; 9% diz que o que mais dificulta é a quantidade alta de conteúdos, dificultando a escolha de bons testes conceituais e 10% teve que reduzir o conteúdo para a implementação da metodologia.

Apenas 7% dos alunos mostram certa resistência em relação à aplicação do método. O resultado mostra que a aceitação da metodologia foi muito boa, visto que estes alunos não estavam acostumados a participar ativamente das aulas. Os alunos relataram que, quando o professor fica circulando pela sala, orientando sobre os testes conceituais, as discussões tornam-se mais proveitosas, uma vez que são incentivados a trocar ideias. Quase metade dos alunos apontaram esse fato como relevante.

Ainda com relação a esse estudo, 67% empregaram o *Peer Instruction* em universidades, 19% em faculdades de quatro anos, 3% em faculdades de dois anos, 3% em faculdades comunitárias, 3% em educação básica e 3% em outros tipos de instituições. Em resumo, os resultados do trabalho indicam que na maioria dos cursos avaliados, que utilizaram o método *PI*, houve um ganho de aprendizagem superior à metodologia tradicional de ensino e que mais de 90% daqueles que usaram o método pretendem continuar ou expandir o uso do *PI*.

Entre os artigos internacionais investigados, apenas um (CUMMINGS, ROBERTS, 2008), publicado na revista internacional *Physics Education Research Conference*, analisa resultados exclusivamente de alunos da educação básica, em Física, no conteúdo das Leis de Newton. O estudo ouviu 213 estudantes de ensino médio que frequentavam cursos de Física em diferentes anos (ou níveis) e 5 professores. Os resultados mostraram que o *Peer Instruction* contribuiu para uma melhor compreensão dos conceitos básicos de Física. Os resultados foram analisados estatisticamente a partir do *ganho de Hake* em dois testes iguais, o *FCI*, antes e depois da aplicação do método *PI*. Na experiência relatada pelos cinco professores, os resultados do *FCI* apresentados pelo método *PI* foram superiores aos obtidos pelo método tradicional. O método *PI* obteve um *ganho de Hake* $\langle g \rangle$ de 40%, enquanto que o método tradicional obteve 24%.

O estudo também indicou que professores com maior experiência alcançaram resultados menos expressivos. Segundo os autores, uma possível explicação é a escolha de difíceis testes conceituais e a resistência em aplicar o método *PI*. Dos professores com pouca experiência, um alcançou o maior ganho do grupo e o outro teve um ganho aproximado ao do professor experiente. O trabalho não fez um estudo sistemático sobre esse fato.

Um trabalho recente (DANCY, HENDERSON, 2009), publicado revista internacional *Physics Education Research*, que investigou 722 professores de Física, mostrou que 41% dos professores que utilizam o *Peer Instruction* (29% do total de professores) realizam modificações nas aulas *PI*, com o objetivo de adaptá-las às necessidades de suas aulas, mostrando que o método *PI* é perfeitamente adaptável a outras metodologias em conjunto.

Em 2008, foi publicado um trabalho (LASRY, 2008) na revista internacional *American Journal of Physics*, mostrando que não existem diferenças significativas em se utilizar *clicker's* ou *flashcards*, pois a principal mudança é pedagógica e não

tecnológica. A utilização de recursos eletrônicos pode proporcionar certa comodidade para o professor em relação à contagem e verificação das respostas, mas, em princípio, não interfere no processo de ensino aprendizagem.

Baseando-se nas referências apontadas anteriormente, acredita-se que o *Peer Instruction* possa proporcionar um ganho de aprendizagem significativo em relação às aulas tradicionais, muitas vezes direcionadas a explicar o que o aluno já devia saber (MAZUR, 1997).

3 - REFERENCIAIS TEÓRICOS

Este capítulo tem por objetivo apresentar, de maneira objetiva, os referenciais teóricos em ensino que fundamentaram e deram consistência ao presente trabalho, com base em pesquisas encontradas na literatura nacional e internacional.

3.1 - LINHA DE PESQUISA E BASE EDUCACIONAL DO TRABALHO

A linha de pesquisa deste trabalho procura estar de acordo com o objetivo central do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) da Sociedade Brasileira de Física (SBF): Física no Ensino Médio.

A base educacional deste trabalho procura estar de acordo com os *Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio* (PCNEM). O trecho abaixo faz referência ao modo proposto de se ensinar de Física no Ensino Médio, com ênfase em um ensino voltado para práticas que contribuem para a formação de significados e conceitos presentes no cotidiano do aluno, em detrimento com o processo de memorização de fórmulas ou repetição de conceitos ou procedimentos.

O ensino de Física vem deixando de se concentrar na simples memorização de fórmulas ou repetição automatizada de procedimentos, em situações artificiais ou extremamente abstratas, ganhando consciência de que é preciso lhe dar um significado, explicitando seu sentido já no momento do aprendizado, na própria escola média. (Brasil, 1999, p. 60).

Este trabalho apresenta um método de ensino centrado na aprendizagem de conceitos básicos de Mecânica, que busca fazer com que o aluno não memorize nenhuma fórmula ou sentença, mas que compreenda corretamente o conceito físico estudado, seu significado e aplicação em diversas áreas, contribuindo para a formação crítica do aluno em Física.

Este capítulo também tem por objetivo introduzir dois referenciais teóricos em ensino que estão relacionados com o método *PI*. Essas duas teorias são: a teoria da *aprendizagem significativa* de Ausubel e a teoria sócio-interacionista de Vygotsky, que dissertam sobre o processo de ensino e aprendizagem do aprendiz. A teoria de Ausubel sustenta o conceito de aprendizagem significativa, segundo o qual o aprendizado ocorre a partir da interação entre os conhecimentos prévios e conhecimentos novos, enquanto que a teoria de Vygotsky sustenta que a aprendizagem ocorre através da interação do aluno com o meio social. Entende-se

que o método *PI* pode ser possui semelhanças com estes dois conceitos de aprendizagem.

3.2 - A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA SEGUNDO DAVID AUSUBEL

O conceito central da teoria de Ausubel é a *aprendizagem significativa*, que consiste na aquisição de novos significados a partir da interação entre conhecimentos prévios e conhecimentos novos, fazendo com que esses adquiram significado na estrutura cognitiva do aprendiz (MOREIRA, 2012).

Na teoria de David Ausubel, podem ser identificados três tipos de aprendizagem distintos, (MOREIRA, 1999; PELIZZARI, et. al, 2002), listadas abaixo:

1. A aprendizagem cognitiva, que consiste em armazenar na memória, de maneira organizada, o que se aprende, formando a estrutura cognitiva do indivíduo.
2. A aprendizagem afetiva, que resulta das experiências emocionais do indivíduo, como alegria, dor, ansiedade, tristeza, etc.
3. A aprendizagem psicomotora, que consiste em respostas musculares devido a alguma atividade física, ou algum tipo de treinamento. Neste caso, a aprendizagem cognitiva contribui positivamente para aquisição de tais habilidades.

Como um representante do cognitivismo, Ausubel focaliza a aprendizagem cognitiva, ou seja, aquilo que o indivíduo aprende se organiza em sua estrutura cognitiva. A *aprendizagem significativa* se encaixa no tipo da aprendizagem cognitiva.

A teoria de Ausubel parte da premissa que já existe uma estrutura cognitiva prévia no educando, sendo necessário relacioná-la a novos conhecimentos. Segundo Moreira (1999):

A atenção de Ausubel está constantemente voltada para a aprendizagem, tal como ela ocorre na sala de aula, no dia-a-dia da grande maioria das escolas. Para ele, o fator isolado que mais influencia a aprendizagem é aquilo que o aluno já sabe (cabe ao professor identificar isso e ensinar de acordo). Novas ideias e informações podem ser aprendidas e retidas, na medida em que conceitos relevantes e inclusivos estejam adequadamente claros e disponíveis na estrutura cognitiva do indivíduo e funcionem, dessa forma, como um ponto de ancoragem às novas ideias e conceitos. (MOREIRA, 1999, p. 152).

Quando a nova informação ancora-se em algum conceito relevante prévio na estrutura cognitiva do indivíduo, a aprendizagem se torna significativa. As informações contidas no cérebro humano, segundo a teoria de Ausubel, são organizadas, de maneira conceitual e hierárquica, dos conceitos mais específicos e pouco inclusivos para os mais gerais (MOREIRA, 1999), formando a estrutura cognitiva do indivíduo.

Usando a Física como exemplo, força e campo são conceitos já existentes na estrutura cognitiva do educando, então, eles podem ser usados como *subsunçores*³. Logo, eles servirão de base para aquisição de novas informações, como força gravitacional, ou eletromagnética, por exemplo. Esse processo, designado por Ausubel como "ancoragem", resulta numa possível modificação do conceito *subsunçor* (MOREIRA, 1999). Os *subsunçores* presentes na estrutura cognitiva do indivíduo podem ser limitados e pouco abrangentes, mas também podem ser bem desenvolvidos (MOREIRA, 1999).

Oposta à *aprendizagem significativa*, Ausubel define a *aprendizagem mecânica* como sendo a aprendizagem de novas informações com pouco ou nenhuma interação com os conceitos já existentes na estrutura cognitiva do aluno (MOREIRA, 2012). Como essa nova informação não interage com a estrutura cognitiva do educando, ou seja, não interage com alguma informação previamente armazenada, ela é armazenada de forma arbitrária. Usando a Física como exemplo, a aprendizagem de mecânica, normalmente, ocorre pela memorização de fórmulas e conceitos, sem ligá-los a algum tipo de informação já existente no cérebro do aluno.

Para que a *aprendizagem significativa* ocorra, o novo conteúdo necessita ser relacionável, ou incorporado, com o que já existe na estrutura cognitiva do aluno de uma maneira não arbitrária e não literal (PELIZZARI, et. al, 2002). Mas, para tal, é necessário que o aluno tenha os *subsunçores* necessários.

³ Não existe uma tradução da palavra "subsumer" em português. Apesar disso, o termo *subsunçor* foi adotado para referenciar o processo de ancoragem dos conceitos prévios (MOREIRA, 1999).

Moreira (1999) lista outro fator para a ocorrência da *aprendizagem significativa*:

A outra condição é que o aprendiz manifeste uma disposição para relacionar de maneira substantiva e não arbitrária o novo material, potencialmente significativo, à sua estrutura cognitiva. Esta condição implica que, independentemente de quão potencialmente significativo seja o material a ser aprendido, se a intenção do aprendiz for simplesmente de memorizá-lo, arbitrária e literalmente, tanto o processo de aprendizagem como o produto serão mecânicos (ou automáticos). (MOREIRA, 1999, p. 156).

O trecho acima evidencia que o aprendiz necessita estar disposto a aprender, pois sem essa disposição, independentemente do tipo de material utilizado, a aquisição de um novo conceito será mecânico, decorado ou memorizado. Para que a aprendizagem seja significativa, o aprendiz necessita relacionar o novo conteúdo com sua estrutura cognitiva, mas para isso, precisa estar disposto a aprender.

A *aprendizagem significativa* pode ser de três tipos (MOREIRA, 1999): a *aprendizagem representacional*, *de conceitos* e *proposicional*.

1. *Aprendizagem representacional*: é o tipo mais básico de *aprendizagem significativa* e consiste em atribuir significados a símbolos (geralmente palavras), sendo estes símbolos conceitos, eventos, objetos, etc.
2. *Aprendizagem de conceitos*: é um caso particular da *aprendizagem representacional*, pois conceitos são representados por símbolos individuais. Neste caso, essas representações são genéricas ou categóricas. Nesse caso, o educando precisa aprender qual conceito está sendo representado por uma dada palavra e aprender o significado deste conceito.
3. *Aprendizagem proposicional*: Seu significado é contrário ao da *aprendizagem representacional*, ou seja, não há atribuição de palavras a símbolos, mas sim aprender o que as palavras significam quando combinadas, em forma de proposição. Não há aprendizagem de conceitos, mas sim de ideias expressas sob a forma de uma composição de significados.

Qualquer que seja o tipo de aprendizagem, o estudante precisa estar disposto a aprender, e o conteúdo necessita ter algum significado lógico para o indivíduo.

Para haver aprendizagem significativa são necessárias duas condições. Em primeiro lugar, o aluno precisa ter uma disposição para aprender: se o indivíduo quiser memorizar o conteúdo arbitrariamente e literalmente, então a aprendizagem será mecânica. Em segundo, o conteúdo escolar a ser aprendido tem que ser potencialmente significativo, ou seja, ele tem que ser lógico e psicologicamente significativo: o significado lógico depende somente da natureza do conteúdo, e o significado psicológico é uma experiência que cada indivíduo tem. (PELIZZAR et. al, 2002, p. 38).

Segundo Ostermann e Cavalcanti (2010), o ensino de Física, sob o ponto de vista de Ausubel, pode ser entendido da seguinte maneira:

Uma abordagem ausubeliana ao ensino da Física envolve o professor em pelo menos quatro tarefas fundamentais. A primeira seria determinar a estrutura conceitual e proposicional de matéria de ensino, organizando os conceitos e princípios hierarquicamente. Uma segunda tarefa seria identificar quais os subsunçores relevantes à aprendizagem do conteúdo a ser ensinado, que o aluno deveria ter na sua estrutura cognitiva para poder aprender significativamente. Uma outra etapa importante seria determinar dentre os subsunçores relevantes, quais os que estão disponíveis na estrutura cognitiva do aluno. Finalmente, ensinar utilizando recursos e princípios que facilitem a assimilação da estrutura da matéria de ensino por parte do aluno e organização de sua própria estrutura cognitiva nessa área de conhecimentos, através da aquisição de significados claros, estáveis e transferíveis. (CAVALCANTI e OSTERMANN, 2010, p. 23 e 24).

Neste trabalho, um dos aspectos mais importantes foi levar em conta o que o aluno já sabia sobre a matéria. Seus conceitos prévios não foram deixados de lado, foram trabalhados e aperfeiçoados. Para quantificar a carga conceitual prévia, foram utilizados questionários respondidos previamente pelos alunos. Cada semana os alunos respondiam um questionário sobre um determinado ponto da matéria, com três questões discursivas, duas sobre o conteúdo, e uma sobre o ponto mais difícil, ou obscuro da matéria. A partir da análise e correção desses questionários foi possível conhecer o que os alunos já sabiam sobre o conteúdo. Esse é um dos principais fatores que aproximam o método *PI* das ideias de Ausubel, pois, para montar um teste conceitual adequado, o professor necessita conhecer quais são as dificuldades principais dos alunos, podendo assim explorar melhor o assunto. O conceito de *aprendizagem significativa* também pode ser relacionado com o método *PI*, uma vez que a aquisição de conceitos novos a partir da interação com conceitos

prévios sobre determinado assunto fica potencializada por meio das discussões em grupo, construindo novos conceitos e aperfeiçoando os conceitos prévios.

3.3 - A TEORIA SÓCIO-INTERACIONISTA SEGUNDO VYGOTSKY

Vygotsky entende que o desenvolvimento cognitivo do indivíduo depende diretamente do meio no qual ele é inserido, ou seja, o contexto social, histórico e cultural influenciam na formação da pessoa (MOREIRA, 1999). Foi o pioneiro em afirmar que o desenvolvimento mental ocorre em função das influências sociais, desde quando o indivíduo ainda é criança (VYGOTSKY, 1991).

Vygotsky tem sua teoria da mediação baseada em três pilares (MOREIRA, 1999), listados abaixo:

1. Os processos mentais superiores (comportamento, pensamento, linguagem) da pessoa são originados em processos sociais.

2. A mediação entre os processos sociais e mentais são feitos por meio de *instrumentos e signos*.

3. É o método "genético-experimental", que analisa o desenvolvimento cognitivo do indivíduo. O indivíduo faz diversas atividades e é observado, realizando testes de hipóteses propostos pelo pesquisador.

Para Vygotsky, o que ocorre no meio social é convertido em funções psicológicas por meio de mediação, ou seja, não é algo que ocorre diretamente. Abaixo, Moreira (1999) define instrumentos e signos, que, segundo Vygotsky:

Um instrumento é algo que pode ser usado para fazer alguma coisa; um signo é algo que significa alguma outra coisa. Existem três tipos de signos: 1) indicadores: são aqueles que têm uma relação de causa e efeito com aquilo que significam (e. g., fumaça indica fogo, porque é causada por fogo); 2) icônicos: são imagens ou desenhos daquilo que significam; 3) simbólicos, são os que têm uma relação abstrata com o que significam, são signos linguísticos os números são signos matemáticos; a linguagem, falada e escrita, e a matemática são sistemas de signos. (MOREIRA, 1999, p. 111).

Os significados das palavras e gestos são construídos socialmente, ou seja, uma palavra, ou gesto, em certa comunidade pode significar algo totalmente contrário em uma outra comunidade. Os significados de palavra e gestos são contextuais. Um gesto que pode ser obsceno em uma cultura pode ter um significado completamente contrário em outra. A interação social desempenha um

papel fundamental, pois é por meio dela que a pessoa pode captar os significados e certificar-se de que os significados que captam são aqueles compartilhados em seu ambiente social. Segundo Moreira (1999):

Para uma criança, apontar para um objeto pode ser, inicialmente, nada mais que uma tentativa de pegar esse objeto. Mas no momento que alguém (interação social) pega o objeto e dá a criança, ou, de alguma maneira, faz com que a criança alcance o objeto, o ato de apontar começa a ter um significado para ela. (MOREIRA, 1999, p. 113).

Pode-se entender então que palavras e gestos dependem do contexto social, e que a interação social implica num intercâmbio de significados de palavras e gestos. Este intercâmbio é extremamente importante para formação de conceitos e para o aprendizado do indivíduo (VYGOTSKY, 1991).

A figura abaixo sintetiza o processo de internalização de conceitos:

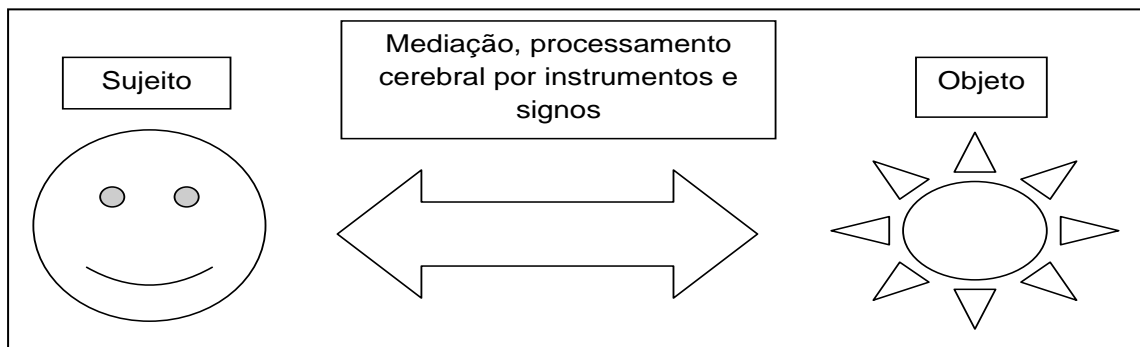


Figura 2: Processo de aquisição de conhecimento, segundo Vygotsky (VYGOTSKY, 1991).

Vygotsky estudou a interação social. A sua teoria não enfoca um indivíduo separadamente, mas sim a interação entre o indivíduo e o meio social. O trabalho de Vygotsky, sintetizado, segundo Moreira (1999), enfoca que:

As crianças, geralmente, não crescem isoladas, interagem com os pais, com os outros adultos da família, com outras crianças e assim por diante. Adolescentes, moços e velhos, geralmente não vivem isolados, estão permanentemente interagindo socialmente, em casa, na rua, na escola etc. Para Vygotsky, esta interação é fundamental para o desenvolvimento cognitivo e linguístico de qualquer indivíduo. Contudo, seus mecanismos são difíceis de se identificar, qualificar e quantificar com precisão. (MOREIRA, 1999, p. 112).

Um conceito importante presente na teoria Vygotskyana é a Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP). A ZDP é definida como a distância entre o nível de desenvolvimento real do indivíduo, que é medida por sua capacidade de resolver

determinado problema, ou uma situação, sozinho, e o nível de resolver problemas ou situações orientado ou sob colaboração dos indivíduos do meio (VYGOTSKY, 1991). É uma região em potencial, na qual o desenvolvimento cognitivo ocorre e se encontra em constante mudança.

A Zona de Desenvolvimento Proximal define aquelas funções que ainda não amadureceram, mas que estão em processo de maturação, funções que amadurecerão, mas que estão presentemente em estado embrionário. Essas funções poderiam ser chamadas de "brotos" ou "flores" do desenvolvimento, ao invés de "frutos" do desenvolvimento (VYGOTSKY, 1991, p. 58).

De acordo com a teoria de Vygotsky, a aprendizagem ocorre dentro da zona de desenvolvimento proximal (MOREIRA, 1999; VYGOTSKY, 1991). Segundo Moreira (1999):

A interação social que provoca a aprendizagem deve ocorrer dentro da zona de desenvolvimento proximal, mas, ao mesmo tempo, tem um papel importante nos limites dessa zona. O limite inferior é, por definição, fixado pelo nível real de desenvolvimento do aprendiz. O superior é determinado por processos instrucionais que podem ocorrer ao brincar, no ensino formal ou informal, no trabalho. Independentemente do contexto, o importante é a interação social. (MOREIRA, 1999, p. 116 e 117).

A ZDP pode ser entendida como a “distância” entre o que o aluno já sabe e o que ele pode saber com alguma assistência, porém, sempre sujeito a mudanças. A ZDP, segundo Vygotsky, permite ao aluno que não consegue realizar uma determinada tarefa num momento inicial, realiza-la com a ajuda de outro aluno com melhor entendimento. O objetivo é que esse aluno, mais adiante, consiga realizar a tarefa sozinho (VYGOTSKY, 1991). É esse conceito que faz com que o método *PI* abrangesse as características da teoria de Vygotsky. As discussões em pequenos grupos permite, quase sempre, que o aluno que não tenha entendido algum conteúdo, o entenda após a discussão com os colegas. Ou seja, a aprendizagem ocorre devido a interação com o meio social em que ele estava inserido. Obviamente, o aluno, na maioria das vezes, procura um colega com o qual ele mais se identifica, facilitando o processo de aprendizagem. Considerando que o aluno já tem um conceito pré-concebido sobre os conteúdos ministrados, as discussões podem contribuir positivamente para o aprimoramento e a reformulação desses conceitos, tornando possível a aprendizagem.

Entende-se então que o método *PI* está relacionado com a teoria de Vygotsky no conceito de ZDP e com a teoria de Ausubel no conceito de aprendizagem significativa, formando então as bases teóricas da metodologia de ensino utilizada nesta dissertação.

Nos próximos capítulos, serão apresentados a estruturação das aulas e os resultados da pesquisa desenvolvida, fundamentados nos *Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio*, em Física, na *aprendizagem significativa* de David Ausubel e na (ZDP?) aprendizagem segundo Vygotsky.

4 - METODOLOGIA DE PESQUISA

Este capítulo tem por objetivo apresentar ao leitor um relato detalhado sobre os procedimentos utilizados pelo professor para aplicação do método *Peer Instruction* em sala de aula.

4.1 - O COLÉGIO DE APLICAÇÃO JOÃO XXIII/UFJF

A presente pesquisa foi realizada no Colégio de Aplicação João XXIII/UFJF. Trata-se de um Colégio público federal, vinculado à Universidade federal de Juiz de Fora (UFJF), que oferece ensino gratuito desde a Educação Infantil até o Ensino Médio, contemplando também turmas de Educação de Jovens e Adultos (EJA) do Ensino fundamental e Ensino Médio. Ao todo, o colégio conta com aproximadamente 1300 alunos. A inserção do aluno no colégio é feita por meio de sorteio público. Em 2014, o colégio completou 49 anos.

O Colégio de Aplicação também oferece campo de estágio para os licenciandos da Universidade Federal de Juiz de Fora, permitindo o envolvimento destes graduandos em projetos de extensão e pesquisa na escola.

Atualmente, o Colégio conta com diversos Projetos em parceria com outras unidades acadêmicas da UFJF, além de Projetos de Treinamento Profissional, Projetos de Extensão e Projetos de Iniciação Científica Júnior, envolvendo bolsistas do Ensino Médio e dos cursos de Graduação.

O primeiro ano do Ensino Médio era composto por três turmas, sendo que a metodologia foi aplicada em apenas uma delas, enquanto que as outras duas eram ministradas por professores diferentes. A turma em que foi aplicado o método *PI* era considerada, pelos professores, como a turma com maiores dificuldades. O número de alunos abaixo da média, em todas as disciplinas, era maior que nas outras duas turmas de primeiro ano. A turma *PI* também tinha problemas relacionados à indisciplina em sala de aula. Contudo, a partir do segundo trimestre, a turma se esforçou para alcançar melhores resultados, obtendo êxito ao final do ano letivo.

4.2 - PROCEDIMENTOS E TÉCNICAS UTILIZADAS

Participaram desta pesquisa 67 alunos do primeiro ano do Ensino Médio. O método *Peer Instruction* foi aplicado em uma das três turmas de primeiro ano na disciplina de Física, e os resultados foram comparados com as outras duas turmas, conduzidas por professores diferentes com uma metodologia tradicional de ensino. O Ensino Médio do colégio oferece três aulas semanais de Física. No primeiro ano, as aulas eram todas as terças e quintas-feiras. Na terça, a aula era ministrada no segundo horário no turno da manhã, das 8h às 8h50min. Na quinta, eram duas aulas seguidas, separadas por um intervalo de 30 minutos. A primeira aula ocorria no segundo horário, das 8h às 8h50min, e a segunda era das 10h às 10h50min da manhã.

Para dar suporte à pesquisa, a Universidade Federal de Viçosa gentilmente forneceu todo o aparato eletrônico solicitado, contendo 40 *clicker's*⁴ e um receptor de sinal (que é adaptado ao computador), facilitando a coleta dos dados, mostrados na figura 4. Cada aluno recebeu um *clicker*. Após a leitura dos testes conceituais pelos alunos, os alunos pressionam a opção no teclado do *clicker* referente à resposta escolhida no teste conceitual. Esta resposta é captada pelo computador do professor através do receptor de sinal, mostrando as estatísticas das respostas na tela do *notebook*.



Figura 3: O *clicker* utilizado (à esquerda) nas aulas e o receptor (à direita).

⁴ Dispositivo eletrônico parecido com controle remoto, que transmite a resposta para o computador do professor.

Quanto ao andamento da aula, o professor expunha brevemente o conteúdo abordado na aula, e logo após os alunos eram submetidos a testes conceituais⁵, expostos em um projetor ligado ao *notebook* do professor. Os testes conceituais eram constituídos de questões de múltipla escolha, cada qual com cinco opções de resposta, sendo que apenas uma delas estava correta. O aluno submetia sua resposta através do *clicker* de maneira individual, como já mencionado. Se o índice de acertos fosse superior a 70%, considerava-se que o tópico relativo à questão foi bem compreendido pela turma, mas, mesmo assim, o professor explicava brevemente a resposta e passava para o tópico seguinte, sem explicações profundas. Se o índice de acertos fosse inferior a 30%, considerava-se que o tópico em questão não foi bem compreendido pela maioria dos alunos e o professor voltava a explicar o assunto abordado, e apresentava novamente um teste sobre o assunto (que podia ser o mesmo teste aplicado ou outro diferente), reiniciando o ciclo. Se o índice de acertos ficasse entre 30% e 70%, o professor orientava os alunos a formarem pequenos grupos. O professor, então, estimulava a discussão entre os membros do grupo, sem construir a resposta correta. Logo após a discussão, cada aluno submetia sua resposta, novamente de maneira individual.

O conteúdo deste trabalho foi aplicado em três aulas semanais, com uma aula reservada ao esclarecimento de dúvidas referentes aos questionários e as outras duas para aplicação dos testes conceituais, durante aproximadamente quatro meses. O material listado abaixo serviu de apoio para a sequência de aulas *PI* pelo professor:

- 01 *datashow*;
- 01 microcomputador ou *notebook*;
- *clicker's* suficientes para todos os alunos;
- 01 receptor de sinal dos *clicker's*, que conectado ao *notebook*/microcomputador, informará o professor sobre as respostas dos alunos a cada teste conceitual;

⁵ Fluxograma do método *PI* na página 23.

- 01 *software* computacional que reproduza as respostas dos alunos em termos de porcentagem de acertos, e o número de alunos respondentes por questão. Neste trabalho, foi utilizado o programa computacional *Turning Point*⁶.

Nesta pesquisa, os temas estudados foram, de acordo com o livro texto do Colégio (PIETROCOLA et. al, 2011): Investigando a Ação das Forças; Equilíbrio de Forças; Newton e suas Leis; Energia e Trabalho; Quantidade de Movimento e Impulso. Abaixo, é mostrada uma tabela com a descrição resumida das aulas e o período em que foram ministradas.

Tabela 1: Descrição resumida das aulas.

Descrição das aulas			
Mês (em 2014)	Capítulo	Descritores	Avaliações/Atividades realizadas
Agosto	Investigando a Ação das Forças; Equilíbrio de Forças.	Identificar e investigar os tipos de força; calcular numericamente as forças; estudar e calcular situações de equilíbrio de forças.	Breve exposição da matéria e testes conceituais com discussões e listas de exercícios para ser estudada em casa.
Setembro	Newton e suas Leis; Energia e Trabalho.	Newton e suas Leis: Investigar as três Leis de Newton, compreender corretamente os conceitos e aplicações destas Leis. Aplicar a segunda Lei de Newton em diversos casos, como elevadores, planos inclinados, roldanas etc; aplicar pequenos cálculos envolvendo a segunda Lei de Newton. Energia e Trabalho: Relacionar energia com trabalho; efetuar pequenos cálculos envolvendo energia cinética e potencial e compreender a conservação de energia.	Breve exposição da matéria e testes conceituais com discussões, listas de exercícios para ser estudada em casa e uma avaliação.

⁶ Para maiores informações, acesse o *site*: <http://www.turningtechnologies.co.uk>

Descrição das aulas			
Mês (em 2014)	Capítulo	Descritores	Avaliações/Atividades realizadas
Outubro	Energia e Trabalho.	Relacionar energia com trabalho; efetuar pequenos cálculos envolvendo energia cinética e potencial e compreender a conservação de energia.	Breve exposição da matéria e testes conceituais com discussões e listas de exercícios para ser estudada em casa.
Novembro	Quantidade de Movimento e Impulso.	Quantidade de movimento e conservação da quantidade de movimento, impulso de uma força e pequenos cálculos numéricos.	Breve exposição da matéria e testes conceituais com discussões, listas de exercícios para ser estudada em casa e uma avaliação.
Dezembro	Revisional do conteúdo estudado durante o ano.	Revisão da matéria do último trimestre	Avaliação de recuperação final.

A tabela 2 mostra o cronograma de aulas ministradas pelo professor. Os testes conceituais (TC) foram constituídos por questões de múltipla escolha, cada uma com cinco opções de resposta, sobre a matéria estudada pelo aluno antes da aula⁷.

Tabela 2: Cronograma das aulas ministradas.

Agosto	Conteúdo ministrado	Tarefas aos alunos
Aula 1 - 05/08	Apresentação do método. PRÉ-TESTE.	Entrega e testes dos clicker's. Leitura do livro (para casa) páginas 194 à 202. PRÉ-TESTE.
Aula 2 - 07/08	Investigando a Ação das Forças. Exposição breve sobre o conceito de força.	TC 1 e discussões.
Aula 3 - 07/08	Investigando a Ação das Forças. Breve exposição	TC 2 e discussões.

⁷ Ver tabela 8 na página 69.

	sobre a força peso.	
Aula 4 - 12/08	Investigando a Ação das Forças. Breve exposição sobre diagrama de forças.	TC 3 e primeira discussão sobre o teste.
Aula 5 - 14/08	Investigando a Ação das Forças. Continuação do TC 3.	Continuação do TC 3. Leitura do livro (para casa) páginas 206 à 212.
Aula 6 - 14/08	Investigando a Ação das Forças. Breve explanação sobre força normal e força de atrito.	TC 4 e discussões.
Aula 7 - 19/08	Investigando a Ação das Forças. Breve explanação revisando o TC 3 e TC 4, e decomposição de forças em um plano inclinado.	TC 5 e discussões. Entrega do primeiro questionário aos alunos.
Aula 8 - 26/08	Investigando a Ação das Forças. Discussão sobre as dúvidas do primeiro questionário.	Recolhimento do primeiro questionário pelo professor.
Aula 9 - 26/08	Investigando a Ação das Forças. Atividade em sala.	Atividade em sala.
Aula 10 - 28/08	Investigando a Ação das Forças. Entrega aos alunos do primeiro questionário e da atividade em sala do dia 26/08.	Discussão das atividades entregues. Leitura do livro (em casa) páginas 230 à 235.
Setembro	Conteúdo ministrado	Tarefas aos alunos
Aula 11 - 02/09	Equilíbrio de Forças. Breve explanação sobre as condições de equilíbrio de um corpo rígido e de um ponto material	TC 6, TC 7 e discussões.
Aula 12 - 04/09	Equilíbrio de Forças. Breve explanação sobre TC 6 e TC 7.	TC 8, TC 9 e discussões. Leitura do livro (para casa) páginas 236 à 243.
Aula 13 - 04/09	Equilíbrio de Forças. Breve	TC 10 e discussões. Entrega

	explicação sobre roldanas.	do segundo questionário aos alunos.
Aula 14 - 09/09	Equilíbrio de Forças.	Recolhimento do segundo questionário pelo professor.
Aula 15 - 09/09	Equilíbrio de Forças. Atividade em sala	Atividade.
Aula 16 - 16/09	Equilíbrio de Forças. Entrega aos alunos do segundo questionário e da atividade em sala do dia 09/09.	Leitura (em sala) de um texto sobre forças, com exercícios.
Aula 17 - 18/09	AVALIAÇÃO TRIMESTRAL.	AVALIAÇÃO TRIMESTRAL. Leitura (para casa) do livro páginas 262 à 275.
Aula 18 - 18/09	Newton e suas Leis. Breve explicação sobre a Primeira Lei de Newton.	TC 11, TC 12 e discussões.
Aula 19 - 23/09	Newton e suas Leis. Breve explicação sobre a segunda e terceira Leis de Newton.	TC 13 e primeira discussão.
Aula 20 - 25/09	Newton e suas Leis. Breve explicação do conceito envolvido no TC 13.	Continuação do TC 13 e leitura do livro (em casa) páginas 276 à 287.
Aula 21 - 25/09	Newton e suas Leis. Breve explicação das aplicações da segunda Lei de Newton: elevadores, plano inclinado e forças em movimentos circulares.	TC 14 e discussões. Entrega do terceiro questionário aos alunos.
Aula 22 - 30/09	Newton e suas Leis. Novamente foi feita uma exposição das aplicações da segunda Lei de Newton.	TC 15 e discussões. Recolhimento do terceiro questionário pelo professor.
Outubro	Conteúdo ministrado	Tarefas aos alunos
Aula 23 - 02/10	Entrega e discussão do terceiro questionário aos alunos.	Leitura do livro (para casa) páginas 57 à 62.

Aula 24 - 02/10	Energia e Trabalho. Breve explanação sobre energia mecânica, cinética e potencial.	TC 16 e primeiras discussões.
Aula 25 - 09/10	Energia e Trabalho. Breve revisão do conteúdo cobrado no TC 16.	Continuação do TC 16, discussões e leitura do livro (para casa) páginas 63 à 78.
Aula 26 - 21/10	Energia e Trabalho. Breve exposição sobre conservação da energia mecânica e gráficos.	TC 17 e primeiras discussões. Entrega do quarto questionário aos alunos.
Aula 27 - 23/10	Energia e Trabalho. Breve revisão do conteúdo cobrado no TC 17.	Continuação do TC 17.
Aula 28 - 23/10	Energia e Trabalho. Novamente é exposto brevemente aos alunos o conteúdo sobre conservação da energia mecânica.	TC 18, TC 19, TC 20 e discussões. Recolhimento do quarto questionário pelo professor.
Aula 29 - 30/10	Energia e Trabalho. Revisão do conteúdo e discussão das dúvidas referentes ao quarto questionário.	Discussão das dúvidas do quarto questionário. Leitura do livro (para casa) páginas 118 a 125.
Novembro	Conteúdo ministrado	Tarefas aos alunos
Aula 30 - 04/11	Quantidade de movimento e Impulso. Breve explanação sobre quantidade de movimento e sua conservação.	TC 21, TC 22 e discussões. Leitura do livro (para casa) páginas 126 a 136.
Aula 31 - 06/11	Quantidade de movimento e Impulso.	TC 23, TC 24, TC 25 e discussões.
Aula 32 - 06/11	Quantidade de movimento e Impulso.	Continuação das discussões dos testes conceituais da aula anterior. Entrega do quinto questionário aos alunos.
Aula 33 - 13/11	Quantidade de movimento e Impulso. Revisão do conteúdo para avaliação (Newton e suas	Revisão e discussões. Recolhimento do quinto questionário pelo professor.

	Leis, Energia e Trabalho e Quantidade de movimento e Impulso).	
Aula 34 - 13/11	Quantidade de movimento e Impulso. Discussão das dúvidas referentes ao quinto questionário.	Revisão e discussões.
Aula 35 - 20/11	AVALIAÇÃO TRIMESTRAL.	AVALIAÇÃO TRIMESTRAL.
Aula 36 - 25/11	AVALIAÇÃO DO MÉTODO PEER INSTRUCTION PELOS ALUNOS.	AVALIAÇÃO DO MÉTODO PEER INSTRUCTION PELOS ALUNOS.
Aula 37 - 27/11	PÓS-TESTE.	PÓS-TESTE.

Para comparar os resultados da aplicação do método *Peer Instruction*, os alunos das três turmas do primeiro ano do colégio fizeram dois testes de trinta questões, iguais, antes do conteúdo mencionado acima (pré-teste) e após o término do conteúdo (pós-teste), em que todas as questões foram tiradas do questionário *FCI* (HESTENES, WELLS, SWACKHAMMER, 1992) traduzido (FERNANDES, 2011), sobre mecânica, com o objetivo de verificar o quão efetivo foi a aprendizagem, em termos estatísticos, dos alunos com o método *Peer Instruction* e com o método tradicional.

O desempenho das turmas foi analisado pelo *ganho de Hake*, que consiste em um parâmetro de avaliação que mede a evolução do aprendizado de uma turma de estudantes, de maneira quantitativa, através de uma análise da porcentagem de acertos em dois testes, antes da aplicação do conteúdo e depois da aplicação, mostrando qual a evolução do aprendizado a partir do que os alunos já sabiam sobre a matéria (HAKE, 1998). O desempenho das turmas também foi analisado pelo teste *t* de Student, que consiste em um teste de hipótese usado para realizar inferências estatísticas⁸ a respeito de uma população de uma ou mais amostras, sendo seu uso mais apropriado em amostras com até 30 elementos, escolhidos aleatoriamente, e seus escores seguem uma distribuição estatística normal (como por exemplo, em MOREIRA, ROSA, 2008). A definição do *ganho de Hake*, bem

⁸ Entende-se por inferência estatística o processo de estudar uma população através de um conjunto de valores, podendo então fazer afirmações sobre tal população (MOREIRA, ROSA, 2008).

como a definição do teste t de Student, serão apresentadas com maiores explicações no capítulo a seguir.

Quanto ao teste t de Student, abaixo é apresentada uma síntese da análise feita por esse teste:

1. Na primeira parte foi verificado o efeito da aula tradicional no aprendizado para as turmas 1 e 2, e o efeito no aprendizado da aula *Peer Instruction* para a turma 3, em relação ao aproveitamento das notas do pré e pós-teste do *FCI*, sendo que não foi feita comparação entre as turmas.
2. Na segunda parte, foi comparado se o aumento produzido pela aula *Peer Instruction* foi maior que o aumento produzido pela aula tradicional (turmas 1 e 2), também em relação às notas do *FCI*.
3. A terceira parte foi idêntica à segunda parte, mas comparando as notas do *FCI* apenas no pós-teste. Para tal, as turmas foram divididas em duas faixas de acertos: entre 0 e 9 e entre 10 e 30 acertos, para comparar a eficácia da aula tradicional e do *Peer Instruction* para alunos com notas maiores e com notas menores.

Após a análise estatística pelo *ganho de Hake* e pelo teste t de Student, foi feita uma análise das respostas dos alunos aos testes conceituais que tiveram mais de uma discussão (Testes Conceituais 3, 13, 16 e 17), ou seja, nos testes em que o percentual de respostas corretas manteve-se entre 30% e 70% mesmo depois de uma ou mais discussões entre os estudantes. Essa análise basicamente consistiu em:

1. Verificar as respostas dos alunos em cada opção e analisar o motivo que levou os alunos a marcá-las.
2. Analisar as principais dúvidas relacionadas a cada teste conceitual e a estratégia utilizada pelo professor para sanar tais dúvidas.
3. Analisar as discussões em pequenos grupos de alunos, verificando a eficácia dessas discussões em levar os alunos a marcarem a resposta correta.

4. Analisar a eficácia da aprendizagem em grupo.

5. Relatar algumas dificuldades encontradas na aplicação do método *PI*.

Com base nessas análises, apresentadas mais detalhadamente no capítulo 5, foi possível verificar eficácia do método *PI* para a turma, em relação ao método tradicional e em relação às outras duas turmas, conduzidas por outros professores e com uma metodologia tradicional de ensino.

4.3 - DIFICULDADES ENFRENTADAS PARA O USO DO MÉTODO *PEER INSTRUCTION*

A aplicação do método *PI* exige que a sala esteja devidamente organizada, com os alunos devidamente focados nas tarefas de avaliação e resposta aos testes. A turma em que foi aplicada a metodologia *PI* possuiu diversos problemas relacionados à disciplina, cabendo ao professor tomar as devidas providências para contornar esta situação, comprometendo o andamento esperado para as aulas. Esse fator foi a principal dificuldade encontrada pelo professor para a aplicação da metodologia, mas foi sendo minimizado ao longo das aulas.

Mesmo com alguns alunos que, inicialmente, resistiram à aplicação do método, a principal dificuldade observada foi em relação à organização da sala e a preparação dos equipamentos eletrônicos, que levava cerca de 5 a 10 minutos (ligar o *datashow*, o *notebook*, testar os *clicker's* etc). Com o passar das aulas, esses fatores também foram minimizados com a preparação prévia e mais eficaz das aulas, diminuindo a dispersão dos estudantes. Esses pequenos problemas, aqui relatados, não inviabilizaram a aplicação do método *PI*.

O método foi bem aceito pelos alunos. O resultado da avaliação da aceitação dos estudantes com o método está apresentado no "Apêndice A" do trabalho.

5 - RESULTADOS

Este capítulo irá apresentar os resultados da aplicação do método *Peer Instruction* através de análises estatísticas das notas do *FCI* pelo *ganho de Hake* e pelo teste *t* de Student, e também uma análise dos testes conceituais que tiveram mais de uma discussão em grupo, focando o perfil das respostas dos alunos e as estratégias utilizadas pelo professor para sanar as dúvidas geradas em cada teste conceitual.

5.1 - ANÁLISE ESTATÍSTICA DO *FCI* PELO *GANHO DE HAKE*

O ganho normalizado $\langle g \rangle$, ou *ganho de Hake*, é um parâmetro de avaliação que mede a evolução do aprendizado de uma turma de estudantes por um determinado método de ensino, de maneira quantitativa, através de uma análise da porcentagem de acertos em dois testes: o primeiro (pré-teste) é realizado antes do início do conteúdo e da aplicação do método de ensino, e o segundo (pós-teste) após o conteúdo ministrado (HAKE, 1998). Os dois testes aplicados necessitam ser iguais. Neste trabalho, o teste utilizado foi o questionário *FCI*. O ganho é analisado através da fórmula descrita abaixo (ACÁCIO et. al, 2004; HAKE, 1998):

$$\langle g \rangle = \frac{\%pós - \%pré}{100\% - \%pré} \quad (1)$$

onde $\%pré$ corresponde à nota do pré-teste e $\%pós$ a nota do pós-teste, na equação (1). A utilização do *ganho de Hake* como parâmetro de avaliação consiste em analisar testes de múltipla escolha. A literatura internacional nos mostra que as aulas tradicionais, tipicamente, têm um ganho normalizado entre 0,1 e 0,2, e os métodos de aprendizagem interativa, no qual o *Peer Instruction* se encaixa, têm um ganho entre 0,49 e 0,74 (HAKE, 1998).

Nas turmas 1 e 2 o conteúdo foi desenvolvido por meio de uma metodologia tradicional de ensino, baseada em aulas expositivas, enquanto que na turma 3 foram ministradas aulas com o método *Peer Instruction*. Seguem abaixo os valores de $\langle g \rangle$ para as três turmas:

Tabela 3: Dados comparativos do *ganho de Hake*. Valor máximo de acertos: 30.

Turma	Turma 1 (Tradicional)	Turma 2 (Tradicional)	Turma 3 (PI)
Número de alunos que fizeram o <i>pré-teste</i>	23	21	22
Número de alunos que fizeram o <i>pós-teste</i>	23	21	22
Porcentagem de acertos no <i>pré-teste</i> (%pre)	28,5	25,0	24,5
Porcentagem de acertos no <i>pós-teste</i> (%pos)	30,0	27,3	32,3
Média de acertos no <i>pré-teste</i>	8,5	7,5	7,4
Média de acertos no <i>pós-teste</i>	9,0	8,2	9,7
<i>Ganho de Hake</i> <g>	0,02	0,03	0,10

Os resultados do ganho normalizado $\langle g \rangle$ mostraram que não houve diferença estatística entre as médias do pré e pós-teste nas turmas 1 e 2, significando que, estatisticamente, o método tradicional não proporcionou ganho de aprendizagem, uma vez que as aulas tradicionais, geralmente, têm um ganho normalizado entre 0,1 e 0,2 (HAKE, 1998). A turma 3, na qual foi aplicado o método *Peer Instruction*, teve um $\langle g \rangle$ igual a 0,10. Esse valor está abaixo daquele normalmente encontrado em estudos semelhantes, mas maior que o das turmas 1 e 2. Vale ressaltar que os valores de $\langle g \rangle$ encontrados na literatura correspondem a realidades educacionais diferentes com populações diferentes (LARSY, MAZUR, WATKINS, 2008; CROUCH, MAZUR, 2001; HAKE, 1998; MILLER et al., 2014; BENCKERT, LUANGRATH, PETTERSSON, 2011). Esses resultados mostram que a aula ministrada com método *Peer Instruction* não foi efetiva segundo o *ganho de Hake*, ou seja, não houve um ganho significativo de aprendizagem.

Os resultados da aplicação do método *PI*, apesar de não serem estatisticamente satisfatórios, segundo o *ganho de Hake*, mostraram certa evolução em termos de notas. As notas dos alunos da turma 3 no *FCI* aumentaram cerca de 31% em relação ao pré-teste, enquanto que as turmas 1 e 2, que também fizeram o *FCI* sob as mesmas condições, porém com outros professores e metodologias diferentes de aula, aumentaram suas notas em aproximadamente 6% e 9,3%, respectivamente. Vale ressaltar que a turma 3 obteve a pior média na primeira

aplicação do *FCI* e a melhor média na segunda aplicação do *FCI*, em comparação com as turmas 1 e 2.

O gráfico abaixo mostra o aproveitamento da turma 3 nas notas de Física, durante o ano letivo. Nos dois primeiros trimestres a matéria estudada foi somente Cinemática, enquanto que somente no terceiro trimestre foi aplicado o método *Peer Instruction* nos conteúdos mencionados anteriormente, no capítulo 1.

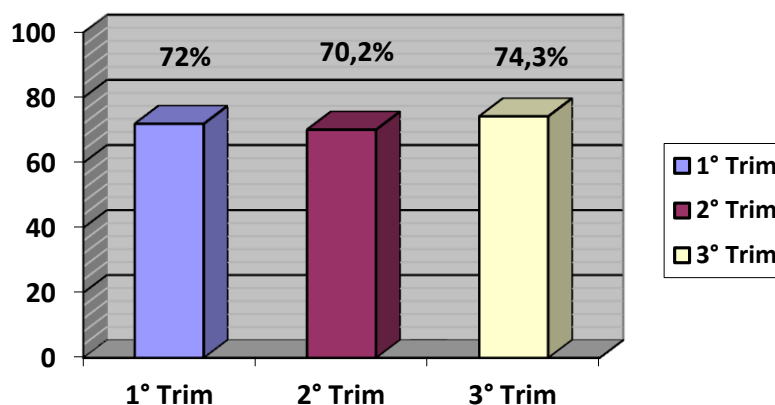


Figura 4: Porcentagem relativa ao aproveitamento da turma 3 ao longo do ano letivo. Fonte: autor.

Os resultados da Figura 4 mostram um pequeno ganho de nota, em Física, no terceiro trimestre em relação aos outros dois trimestres. Nesse gráfico, não há análise estatística, é apenas um comparativo de notas ao longo dos trimestres. A próxima seção mostrará uma análise estatística mais completa, por meio do *teste t de Student*.

5.2 - ANÁLISE ESTATÍSTICA DO *FCI* PELO TESTE *T* DE STUDENT

O teste *t* de Student é um teste de hipótese usado para realizar inferências estatísticas a respeito de uma população de uma ou mais amostras, sendo seu uso mais apropriado em amostras com até 30 elementos, escolhidas aleatoriamente, e que seus escores seguem uma distribuição estatística normal (por exemplo, em MOREIRA, ROSA, 2008). As amostras serão as notas dos alunos no pré e pós-teste do questionário do *FCI*, gerando uma média associada a cada turma e um desvio padrão. Para definir se as médias são diferentes ou não, no sentido de verificar se um procedimento é melhor que outro através da diferença entre as médias, é feito um teste de hipótese. Para tal, são necessárias duas hipóteses: uma hipótese de nulidade (H_0), que representa uma nulidade entre as diferenças entre as médias, e

uma hipótese alternativa (H_a), que é alternativa à hipótese de nulidade e tem o objetivo de rejeitá-la, porém, não significando que a hipótese alternativa é verdadeira com o mesmo nível de confiança, mas que existem evidências de que ela é significativamente válida dentro de um valor de confiança pré-fixado, e vice-versa.

Para a aplicação do teste t de Student, primeiramente, calcula-se o valor de um parâmetro (chamado t) associado às médias das populações em um determinado procedimento, que é comparado com um valor t tabelado, definido para um determinado intervalo de confiança e graus de liberdade, para se aceitar a hipótese nula ou rejeitá-la (MOREIRA, ROSA, 2008). A decisão em aceitar ou não a hipótese de nulidade dependerá do valor do parâmetro t calculado em comparação com o parâmetro t tabelado. Maiores informações sobre a aplicação do teste t serão fornecidas mais adiante no texto.

Na primeira parte será verificado o efeito da aula tradicional no aprendizado para as turmas 1 e 2, e o efeito no aprendizado da aula *Peer Instruction* para a turma 3, sendo que não foi feita comparação entre as turmas. O parâmetro t foi calculado com 5% de significância, ou seja, 95% de confiança, com os respectivos graus de liberdade para cada turma. A análise consiste em verificar se houve um aumento significativamente positivo nas notas do pré e o pós-teste.

Na segunda parte, será comparado se o aumento produzido pela aula *Peer Instruction* foi maior que o aumento produzido pela aula tradicional das turmas 1 e 2 juntas. O parâmetro t foi novamente calculado com 5% de significância e respectivos graus de liberdade para cada turma, para verificar se a aula *Peer Instruction* foi mais eficaz que a aula tradicional, com os devidos testes de hipóteses.

A terceira parte é idêntica à segunda parte. Porém, as turmas foram divididas em duas faixas de acertos: entre 0 e 9 e entre 10 e 30 acertos, para comparar a eficácia da aula tradicional e do *Peer Instruction* para alunos com notas maiores e com notas menores, utilizando-se os testes de hipóteses para cada faixa. Os valores dos acertos foram escolhidos de maneira que em cada faixa de acertos da turma 3 tivesse o mesmo número de alunos (11 alunos para cada faixa).

5.2.1 - Análises individuais de cada turma

Para essa análise, serão considerados apenas os alunos que fizeram o pré e o pós-teste. Na turma 1 foram 23 alunos, na turma 2 foram 21 alunos e na turma 3 foram 22 alunos.

Para duas populações iguais, o parâmetro t é calculado da seguinte maneira:

$$t = \frac{\delta d}{\sigma_t \sqrt{\frac{2}{n}}} \quad (2)$$

em que:

$$\sigma_t = \sqrt{\frac{n(\sigma_1^2 + \sigma_2^2)}{2(n-1)}} \quad (3)$$

sendo:

δd : Diferença entre as médias dos escores inicial e final (em acertos);

n : número de alunos;

σ_1 : desvio padrão envolvido no pré-teste;

σ_2 : desvio padrão envolvido do pós-teste;

σ_t : desvio padrão total envolvido no pré e pós-teste;

Para o cálculo dos graus de liberdade da amostra (gl) é usada a seguinte fórmula:

$$gl = 2n - 2. \quad (4)$$

Primeiramente, foi realizado os seguintes testes de hipótese para analisar a eficácia da aprendizagem nas três turmas separadamente, com as seguintes hipóteses:

- Hipótese inicial (H_0): O método *Peer Instruction*/método tradicional não proporcionou a aprendizagem, ou seja, as médias do pré e do pós-teste são significativamente iguais.
- Hipótese alternativa (H_a): O método *Peer Instruction*/método tradicional proporcionou a aprendizagem, ou seja, as médias do pós-teste são significativamente maiores que a do pré-teste.

Isto significa que, se a hipótese inicial não for rejeitada, há evidências de que o método *Peer Instruction*/método tradicional não apresentou diferença significativa entre as médias do pós-teste e pré-teste.

Para a realização dos cálculos, foi considerado o teste *t* de Student unilateral à direita para duas amostras dependentes e com 5% de significância. Realizando-se os cálculos necessários temos os valores de gl , σ_1 , σ_2 e σ_t para as três turmas representadas na tabela abaixo, e a aceitação ou não das respectivas hipóteses iniciais. Para que a hipótese nula seja rejeitada, $t > t_{tab}$, caso contrário, a hipótese nula é aceita.

Tabela 4: Dados comparativos do teste *t* de Student das turmas 1, 2 e 3.

<u>Dados</u>	<u>Turma 1 (Tradicional)</u>	<u>Turma 2 (Tradicional)</u>	<u>Turma 3 (PI)</u>
gl	44	40	42
σ_1	2,8	2,2	2,7
σ_2	3,4	2,5	2,6
σ_t	3,3	2,3	2,7
t_{tab}	1,7		
t	0,5	1,1	3,1
<u>Hipótese inicial</u>	<u>Aceita</u>	<u>Aceita</u>	<u>Rejeitada</u>

Para as turmas 1 e 2, a hipótese inicial não deve ser descartada, indicando que, estatisticamente, há evidências de que o "método tradicional" não proporcionou uma melhora significativa nas médias do pós-teste, enquanto que na turma 3, a hipótese inicial deve ser descartada, indicando uma possível melhora das notas do *FCI* com as aulas *PI*.

5.2.2 - Comparações entre as turmas

Após as análises individuais das turmas, ou seja, análise do efeito da aula tradicional nas turmas 1 e 2 e da aula com o método *Peer Instruction* na turma 3, sem compará-las, foi feito também um teste *t de Student* para avaliar se a turma com aulas *Peer Instruction* obteve notas significativamente maiores que as turmas 1 e 2, que tiveram aulas tradicionais. Eis as hipóteses:

- Hipótese inicial (H_0): A turma onde foi aplicado o método *Peer Instruction* (turma 3) NÃO apresentou uma NOTA MAIOR que nas turmas de metodologia tradicional (turmas 1 e 2), ou seja, as médias do pós-teste da turma 3 foram significativamente iguais que às das turmas 1 e 2.
- Hipótese alternativa (H_a): A turma onde foi aplicado o método *Peer Instruction* (turma 3) apresentou uma NOTA MAIOR que nas turmas de metodologia tradicional (turmas 1 e 2), ou seja, as médias do pós-teste da turma 3 foram significativamente maiores que às das turmas 1 e 2.

Para tal, as turmas 1 e 2 serão analisadas como uma só turma. Foi considerado o teste *t de Student* unilateral à direita para duas amostras dependentes, porém com populações diferentes, com isso, as equações necessitam ser mudadas. Então, para populações diferentes, número de graus de liberdade é calculado na equação (5), o parâmetro *t* é calculado na equação (6) e o desvio padrão envolvido nas turmas é calculado na equação (7):

$$gl = n_3 + n_{12} - 2 \quad (5)$$

$$t = \frac{\delta d}{\sqrt{\frac{\sigma_3^2}{n_3 - 1} + \frac{\sigma_{12}^2}{n_{12} - 1}}} \quad (6)$$

$$\sigma_t = \sqrt{\frac{n_1\sigma_3^2 + n_2\sigma_{12}^2}{n_3 + n_{12} - 2}} \quad (7)$$

em que:

δd : Diferença entre as médias dos escores das turmas no pós-teste;

n_3 : número de alunos que fizeram o pós-teste na turma 3;

n_{12} : número de alunos que fizeram o pós-teste das turmas 1 e 2;

σ_3 : desvio padrão envolvido no pós-teste da turma 3;

σ_{12} : desvio padrão envolvido do pós-teste das turmas 1 e 2;

gl : número de graus de liberdade da amostra.

σ_t : desvio padrão total envolvido no pré e pós-teste

Para a realização dos cálculos, foi considerado novamente duas amostras dependentes com 5% de significância. Realizando-se os cálculos necessários temos os valores de gl , σ (desvio padrão) e n (número de alunos) para as três turmas representadas na tabela abaixo, e a aceitação ou não das respectivas hipóteses iniciais. Para que a hipótese nula seja rejeitada, $t > t_{tab}$, caso contrário, a hipótese nula é aceita.

Tabela 5: Dados comparativos do teste t de Student da turma 3 em relação às turmas 1 e 2.

<u>Dados</u>	<u>Turmas 1 e 2</u> <u>(Tradicional)</u>	<u>Turma 3</u> <u>(PI)</u>
gl	64	
n	44	22
σ	3,1	2,7
t_{tab}	1,7	
t	1,5	
<u>Hipótese inicial</u>	<u>Aceita</u>	

Consultando a tabela de referência (MOREIRA, ROSA, 2008), logo $t < t_{tab}$, então a hipótese inicial não deve ser descartada, indicando que, estatisticamente, há evidências de que o método *Peer Instruction* não proporcionou uma melhora

significativamente maior na nota nas médias do pós-teste, ou seja, em relação às duas turmas juntas, as médias foram significativamente iguais, sem diferenças.

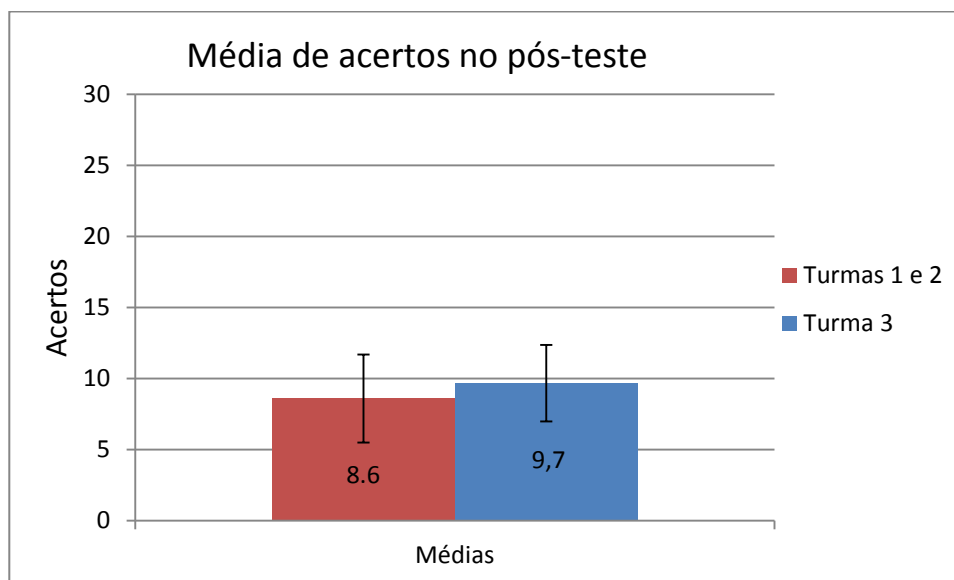


Figura 5: Médias da turma 3 e das turmas 1 e 2 juntas no *FCI*. As linhas verticais representam o desvio padrão e o valor 8,6 representa a média das turmas 1 e 2 juntas, enquanto que o valor 9,7 representa a média da turma 3.

A figura 5 mostra que a média da turma 3 foi um pouco maior que a média das turmas 1 e 2 juntas, mas não há diferença estatística. Este resultado pode ser explicado pelo número pequeno de alunos, visto que o número de alunos da turma 3 eram quase a metade do número de alunos das turmas 1 e 2, e mesmo assim, o valor do parâmetro t foi muito próximo ao tabelado. Vale ressaltar que estes valores não englobam todos os fatores de ensino e aprendizagem, sendo apenas um indicativo estatístico.

No próximo item mostraremos os resultados da análise das médias em duas faixas de acertos.

5.2.3 - Comparações entre faixas de acertos

Com o objetivo de testar os alunos com diferentes preparos acadêmicos, ou seja, alunos com menores notas e alunos com maiores notas no pós-teste, foram escolhidas duas faixas de acertos com a intenção de verificar se o *Peer Instruction* é mais efetivo com em alunos com notas maiores, ou em alunos com notas menores. A turma 3 foi dividida em dois grupos escolhidos de maneira que cada grupo tivesse o mesmo número de alunos (11 alunos).

O gráfico abaixo compara as médias entre as três turmas, em duas faixas de acertos no pós-teste.

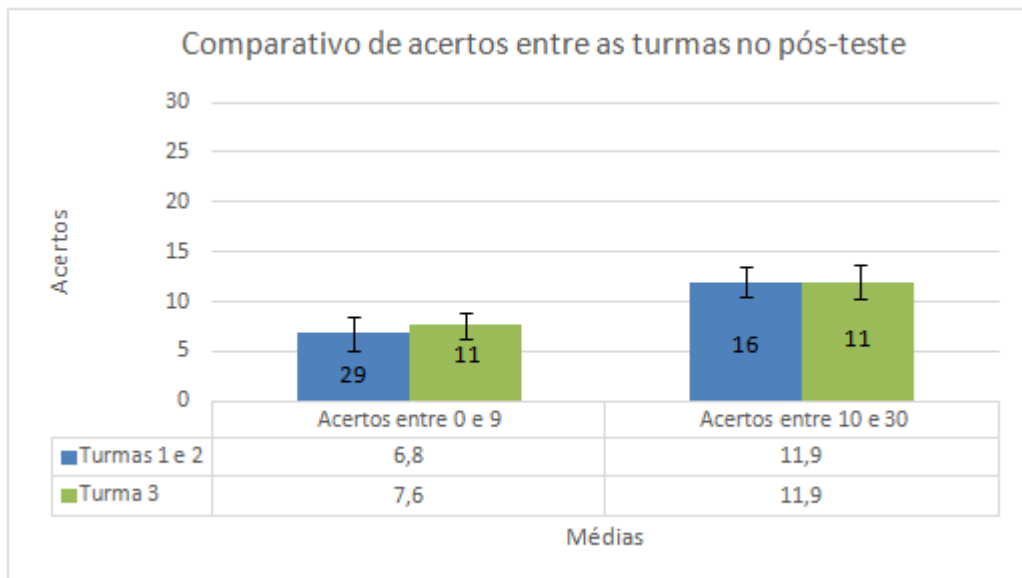


Figura 6: Médias no *FCI*, em faixas de acertos, do pós-teste para as turmas. As linhas verticais representam o desvio padrão e os valores dentro das barras verticais representam a quantidade de alunos.

Foi feito o mesmo teste de hipóteses do item 5.2.2 para cada faixa, comparando cada faixa de acertos da turma 3 com as turmas 1 e 2 juntas.

- **Entre 0 e 9 acertos**

Os dados são apresentados na tabela abaixo.

Tabela 6: Dados comparativos do teste *t de Student* da turma 3 em relação às turmas 1 e 2, entre 0 e 9 acertos.

<u>Dados</u>	<u>Turmas 1 e 2 (Tradicional)</u>	<u>Turma 3 (PI)</u>
<i>gl</i>	38	
<i>n</i>	29	11
σ	1,8	1,3
<i>t_{tab}</i>	1,7	
<i>t</i>	1,5	
<u>Hipótese inicial</u>	<u>Aceita</u>	

Os resultados acima apresentados mostram que, na faixa de acertos entre 0 e 9 acertos, apesar de a turma 3 ter obtido uma maior média com um número menor de alunos, os resultados indicam que não houve diferença significativa entre as médias, então a hipótese nula é aceita.

- **Entre 10 e 30 acertos**

Os dados são apresentados na tabela abaixo.

Tabela 7: Dados comparativos do teste *t de Student* da turma 3 em relação às turmas 1 e 2, entre 10 e 30 acertos.

<u>Dados</u>	<u>Turmas 1 e 2 (Tradicional)</u>	<u>Turma 3 (PI)</u>
<i>gl</i>	25	
<i>n</i>	16	11
σ	1,6	1,8
<i>t_{tab}</i>	1,7	
<i>t</i>	0	
<u>Hipótese inicial</u>	<u>Aceita</u>	

Os resultados acima apresentados também mostram que, na faixa de acertos entre 10 e 30, uma vez que não houve diferença entre as médias. As médias são iguais, logo, a hipótese nula também é aceita.

5.3 - CONCLUSÃO DAS ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Os resultados apresentam a possibilidade de aceitação da hipótese inicial. Porém, os poucos dados podem ser não conclusivos, uma vez que podem ser explicados pela dispersão das notas do *FCI* e também pelo pouco número de alunos, o que não exclui o fato de a metodologia não ter sido efetiva. As notas do *FCI* no pós-teste variaram bastante, caracterizando turmas heterogêneas em termos de nota. As três turmas obtiveram notas dispersas em diversos valores, mas maiores que as notas do pré-teste, em média. Esta heterogeneidade é mostrada na figura abaixo, que apresenta as notas das turmas no pós-teste, na qual pode ser observado vários valores de notas dispersos.

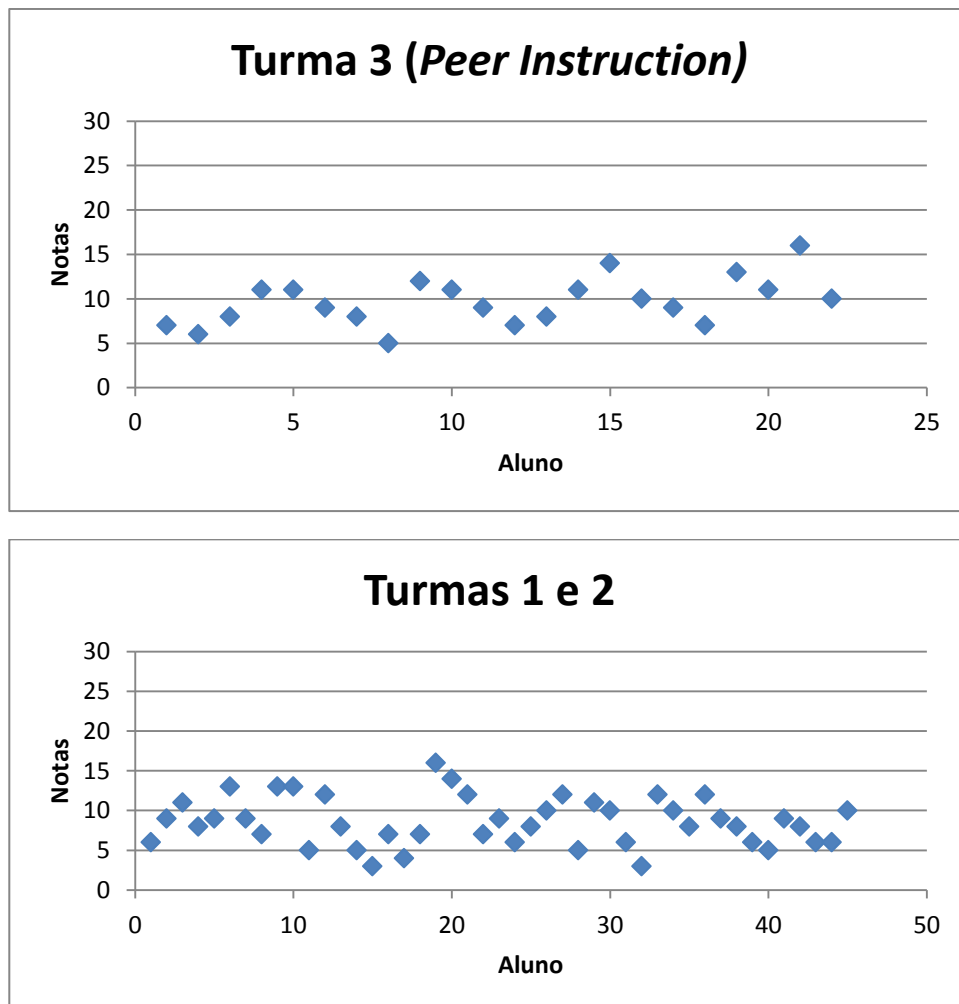


Figura 7: Notas dos alunos das três turmas no pós-teste. Cada aluno é identificado por um número no eixo x e sua respectiva nota no eixo y.

Uma possível solução seria aumentar o número de alunos, pois é possível que desvio padrão diminua. Aumentando-se o número de alunos, há a possibilidade de os valores das notas serem significativamente maiores. Porém, por mais que se aumente o número de alunos, o desvio padrão não sofrerá muitas variações, chegando a um valor máximo para uma amostra qualquer. Considerando-se que o aumento do número de alunos proporciona a diminuição do desvio padrão, na equação 6:

$$t = \frac{\delta d}{\sqrt{\frac{\sigma_3^2}{n_3 - 1} + \frac{\sigma_{12}^2}{n_{12} - 1}}}$$

observa-se que, diminuindo-se o desvio padrão e aumentando o número de alunos, o termo calculado pela raiz diminui, então o parâmetro t aumenta, e com isso, aumenta-se a chance de rejeitar a hipótese inicial.

Outra possível solução talvez seja a realização de um trabalho durante um ano inteiro, aumentando as chances da eficácia do método *Peer Instruction*, em conjunto com avaliações mais qualitativas.

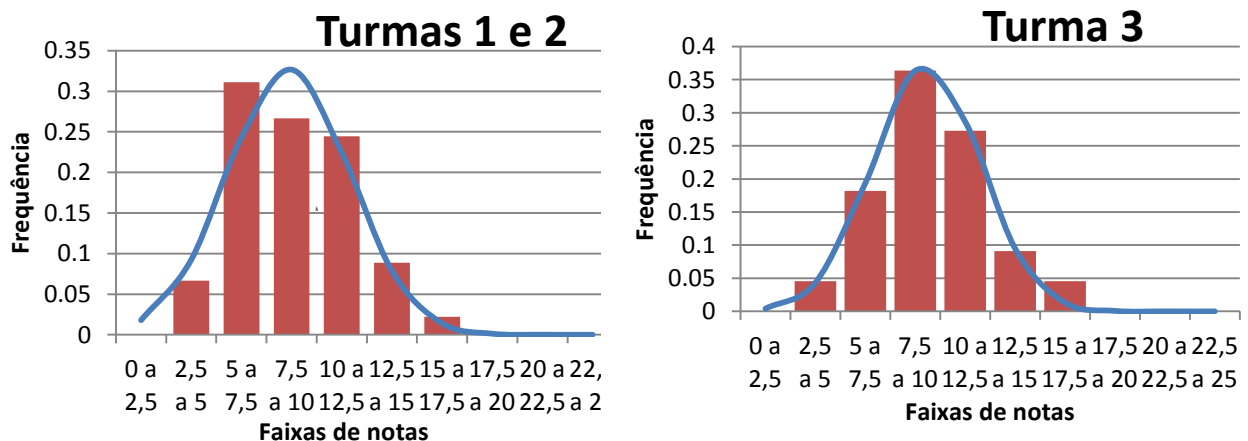


Figura 8: Frequência das notas no pós-teste para as três turmas. A curva em azul representa um ajuste por uma distribuição normal, enquanto que as barras verticais vermelhas representam a frequência das notas em cada faixa de acertos.

A figura 8 indica a frequência das notas do pós-teste da turma 3 e das turmas 1 e 2 juntas. A curva em azul representa um ajuste *gaussiano* baseado na

distribuição normal. As barras vermelhas representam as distribuições das notas por faixa de acertos.. Observa-se que as o aproveitamento da turma 3 (média da distribuição) em relação às turmas 1 e 2 juntas foi ligeiramente melhor. A maioria das notas da turma 3 estão concentradas na faixa entre 7,5 e 10 acertos, enquanto que a maioria das notas das turmas 1 e 2 estão concentradas na faixa entre 5 e 7,5 acertos. De acordo com o gráfico, se escolhermos um aluno qualquer na turma 3, a chance de que sua nota esteja concentrada entre torno de 9,7 acertos é de aproximadamente 36%, enquanto que nas turmas 1 e 2, tem-se a chance de aproximada de 27% de se escolher, aleatoriamente, um aluno com nota próxima de 8,6 acertos. Caso o número de alunos da turma 3 fosse igual ao das turmas 1 e 2, talvez ficasse evidenciado com mais clareza a eficácia do método *PI* em relação ao método tradicional, uma vez que, mesmo com praticamente metade do número de alunos das turmas 1 e 2, a média de acertos da turma 3 foi maior, mas não o necessário para afirmar que esta diferença é significativa.

Apesar de os resultados do teste *t* de Student não mostrarem variações significativas, analisando-se apenas as médias finais de cada turma, elas mostram que o *Peer Instruction* gerou um efeito maior nos alunos de notas mais inferiores, mas novamente são necessários testes com populações maiores. Geralmente, alunos mais interessados e com notas maiores têm a tendência de aumentarem ainda mais suas notas (MAZUR, 1997), tendência também observada em pesquisas realizadas na Universidade Federal de Viçosa, ainda não publicadas, ou seja, que o *Peer Instruction* gera um efeito maior no grupo de alunos que têm notas maiores. Esta tendência ainda não foi explicada e nem estudada sistematicamente.

5.4 - ANÁLISE DOS TESTES CONCEITUAIS

Este capítulo tem por objetivo analisar as principais discussões ocorridas em sala de aula durante a aplicação dos testes conceituais. Conforme já explicado anteriormente, antes de expor o teste conceitual, o professor faz uma breve explanação do conteúdo do teste. Dependendo do índice de acertos, o professor avança para o próximo teste. Caso o índice de acertos for inferior a 30%, novamente é feita uma breve explanação do conteúdo. Quando o índice de acertos fica entre 30% e 70%, então o professor forma pequenos grupos, fazendo com que os alunos discutam entre si sobre o teste conceitual. Logo após o término das discussões, em

um tempo determinado pelo professor, os alunos respondiam ao teste novamente e de maneira individual. Caso o índice de acertos fique novamente entre 30% e 70%, repete-se o processo. Algumas questões exigiram mais de uma discussão, e serão analisadas mais detalhadamente adiante no texto. Todas as questões podem ser encontradas no Apêndice A deste trabalho. Em conjunto com essa dissertação, foi desenvolvido um manual de instruções para os professores que queiram aplicar o método *Peer Instruction* para o ensino dos conteúdos abordados neste estudo, denominado de produto educacional, com todos os testes conceituais corrigidos. As questões (ou testes conceituais) 3, 13, 16 e 17 são apresentadas abaixo:

Questão 3 (Q3): Um jogador de sinuca dá uma tacada numa bola com o objetivo de colocá-la em uma caçapa. Considere que a mesa de sinuca é perfeitamente lisa, isto é, não há atrito. Das alternativas abaixo, marque aquela que melhor representa a(s) força(s) que age(m) sobre a bola um pouco antes de chegar no alvo.

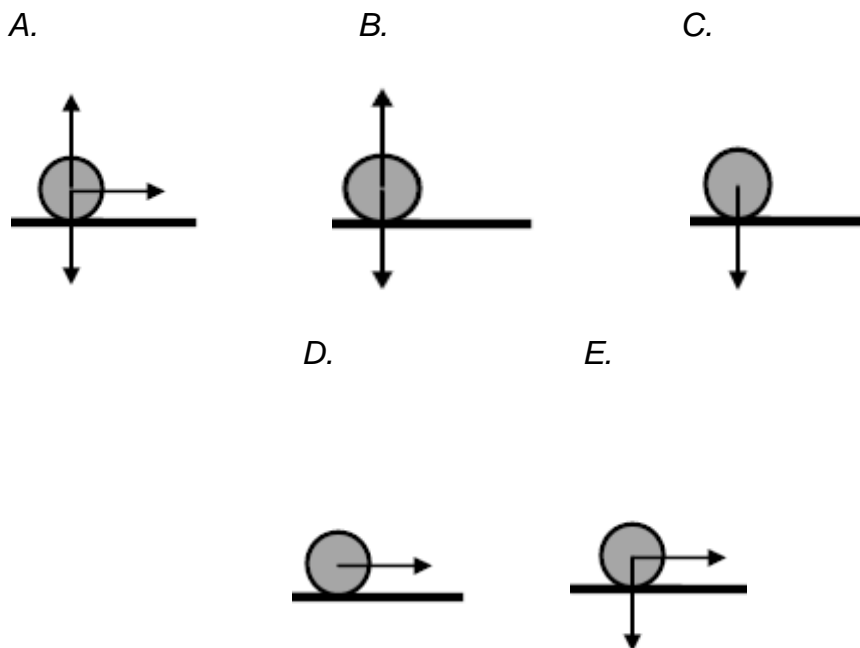
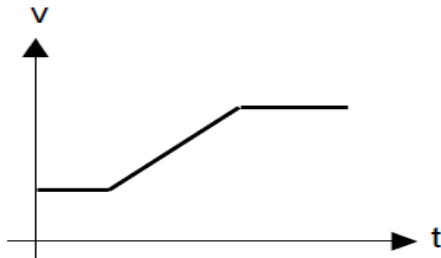
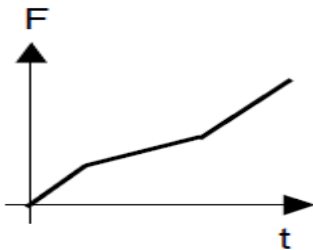


Figura 9: Questão 3.

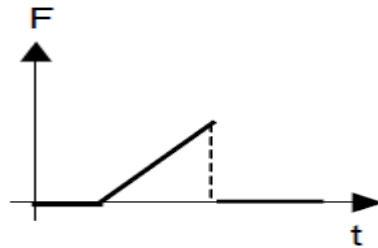
Questão 13 (Q13) - No gráfico abaixo é mostrada a velocidade de um objeto em função do tempo. Qual dos gráficos abaixo mostra a melhor relação entre a força resultante e o tempo?



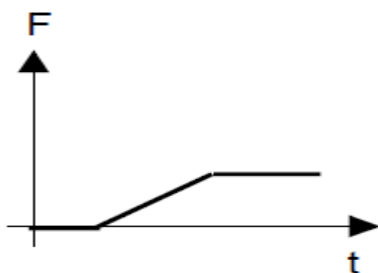
A.



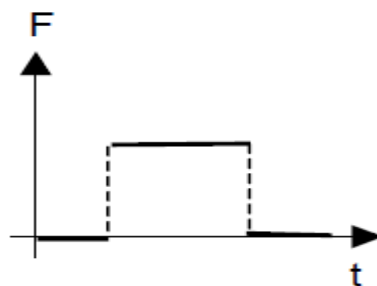
B.



C.



D.



E. N.D.A.

Figura 10: Questão 13.

Questão 16 (Q16) - Em qual situação o trabalho realizado por uma força F sobre um corpo é igual a zero?

- A. Quando a aceleração do corpo for constante;
- B. quando a força aplicada fizer um ângulo de 90° com a direção do deslocamento;

- C. quando a força aplicada fizer um ângulo de 0° com a direção do deslocamento;
- D. quando a força aplicada for menor que o peso do corpo;
- E. o trabalho de uma força nunca será igual a zero.

Questão 17 (Q17) - Um corpo de peso P escorrega em um plano inclinado com atrito, com aceleração diferente de zero. Qual(ais) força(s) realiza(am) trabalho?

- A. A componente de força peso ao longo da trajetória e a de atrito;
- B. somente a força peso;
- C. somente a força de atrito;
- D. nenhuma, pois se equilibram;
- E. todas as forças atuantes.

A figura abaixo mostra a porcentagem de acertos antes e depois das discussões em cada questão (ou teste conceitual) em que houve discussão.

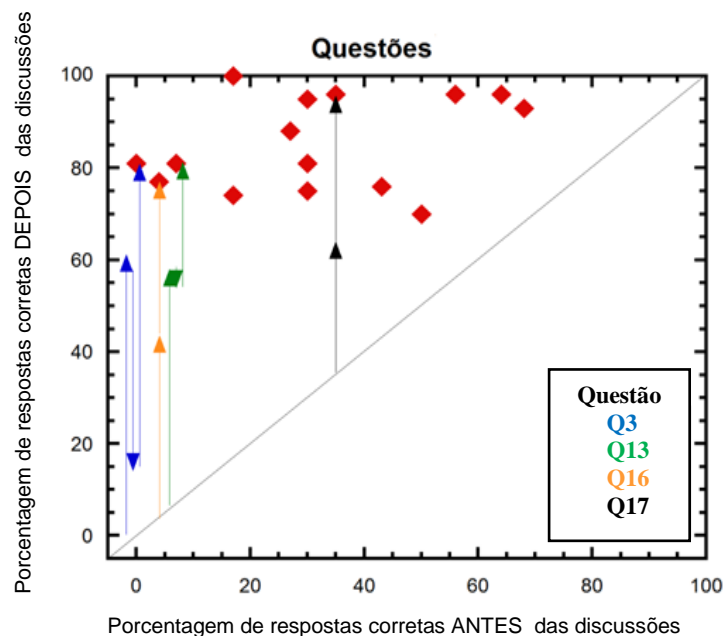


Figura 11: Porcentagem de respostas corretas em cada questão antes e depois das discussões. As setas verticais indicam as questões que necessitaram de mais de uma discussão e a reta diagonal divide o gráfico em duas regiões. A região acima da reta diagonal indica uma melhora no entendimento das questões, enquanto que a região abaixo indica uma piora no entendimento das questões.

No eixo das abscissas, estão representadas as porcentagens de acertos antes da discussão, e no eixo das coordenadas as porcentagens de acertos após as discussões. A reta diagonal divide o gráfico em duas regiões: A região acima da reta diagonal indica uma melhora nas respostas do pós-teste, e a região abaixo da reta diagonal indica que a discussão não melhorou o nível de entendimento de uma determinada questão. A figura deixa claro que as discussões em sala melhoraram o entendimento das questões, pois os pontos vermelhos estão concentrados todos acima da reta diagonal, sendo que cada ponto vermelho representa uma questão.

As setas indicadas na figura mostram as questões que necessitaram de mais de uma discussão. As três primeiras setas azuis, referentes à questão 3, mostram que, inicialmente, nenhum aluno marcou a opção correta, decorrente da dificuldade de compreensão do conceito de força. Logo após a primeira discussão, o índice de acertos passou a ser de 61%. Como o nível de acertos não atingiu o valor pré-estabelecido de 70%, que foi o fixado como sendo o satisfatório, foi necessária mais uma discussão em pequenos grupos. Logo após essa discussão o índice caiu novamente para 14%, podendo ser explicado pela dificuldade na compreensão do conceito de força. Após uma terceira discussão, o índice de acertos finalmente subiu para 81%. As outras três setas verdes também indicam mais uma questão em que houve mais de uma discussão, a questão 13, que evidencia a dificuldade dos alunos em interpretar gráficos. Inicialmente, o índice de acertos foi de 7%, na primeira discussão o índice de acertos foi de 58%, na segunda 54%, e finalmente na terceira foi de 81%.

Em duas questões, 16 e 17, foram necessárias duas discussões, sem haver diminuição do nível de acerto na discussão intermediária. As setas amarelas são referentes à questão 16, na qual os alunos não compreenderam corretamente em qual situação há realização de trabalho de uma força. Primeiramente, apenas 4% dos alunos marcaram a opção correta, após a primeira discussão este índice subiu para 44%, e após a segunda discussão para 77%. As duas setas pretas representam discussões na questão 17, que envolve decomposição de forças em um plano inclinado. Na primeira resposta dos alunos, o índice de acertos foi de 35%, após a primeira discussão, o índice subiu para 64%, e na segunda e última discussão o índice subiu novamente para 96%. A análise sobre a evolução das respostas em mais de uma discussão entre os alunos nunca foi feita, levando-se em consideração os trabalhos pesquisados, e esta é a proposta deste capítulo. As

quatro questões serão analisadas mais detalhadamente neste capítulo. Cada uma das questões abrangeu um conteúdo diferente do curso de Mecânica. A numeração das questões é mostrada na tabela abaixo:

Tabela 8: Relação entre as questões e os conteúdos relacionados.

<u>Conteúdo</u>	<u>Questões</u>
Investigando a Ação das Forças	Questão 1 à Questão 5
Equilíbrio	Questão 6 à Questão 10
Newton e suas Leis	Questão 11 à Questão 15
Energia e Trabalho	Questão 16 à Questão 20
Quantidade de movimento e Impulso	Questão 21 à Questão 25

As questões 3, 13, 16 e 17, apresentadas acima, geraram mais de uma discussão entre os grupos de alunos, e por esse motivo, serão analisadas detalhadamente abaixo. A análise consiste em explicar o que a questão cobra do aluno, quais opções geraram mais discussão e por que, o decorrer da aula e o tempo destinado às discussões e intervenções feitas pelo professor.

➤ ANÁLISE DETALHADA DA QUESTÃO 3

Os gráficos abaixo mostram a porcentagem de respostas em cada opção da questão 3, nos distintos momentos de apresentação da questão. Em seguida, são feitas as análises das respostas iniciais e das discussões.

Esta questão visa a compreensão do aluno quanto o significado de força. A maioria dos alunos disse que, antes de a bola cair na caçapa, existia uma força que “empurra” a bola para dentro da caçapa. Mas a tacada age por um pequeno instante de tempo, logo, a força age exatamente neste instante de tempo. Geralmente os alunos relacionam que, quanto maior a velocidade, maior a força, ou seja, como se $F = kv$, em que k seria uma constante, e a resposta dada a esta questão mostra claramente essa relação. O mesmo comportamento foi observado por outros pesquisadores (PEDUZZI, PEDUZZI, 1985).

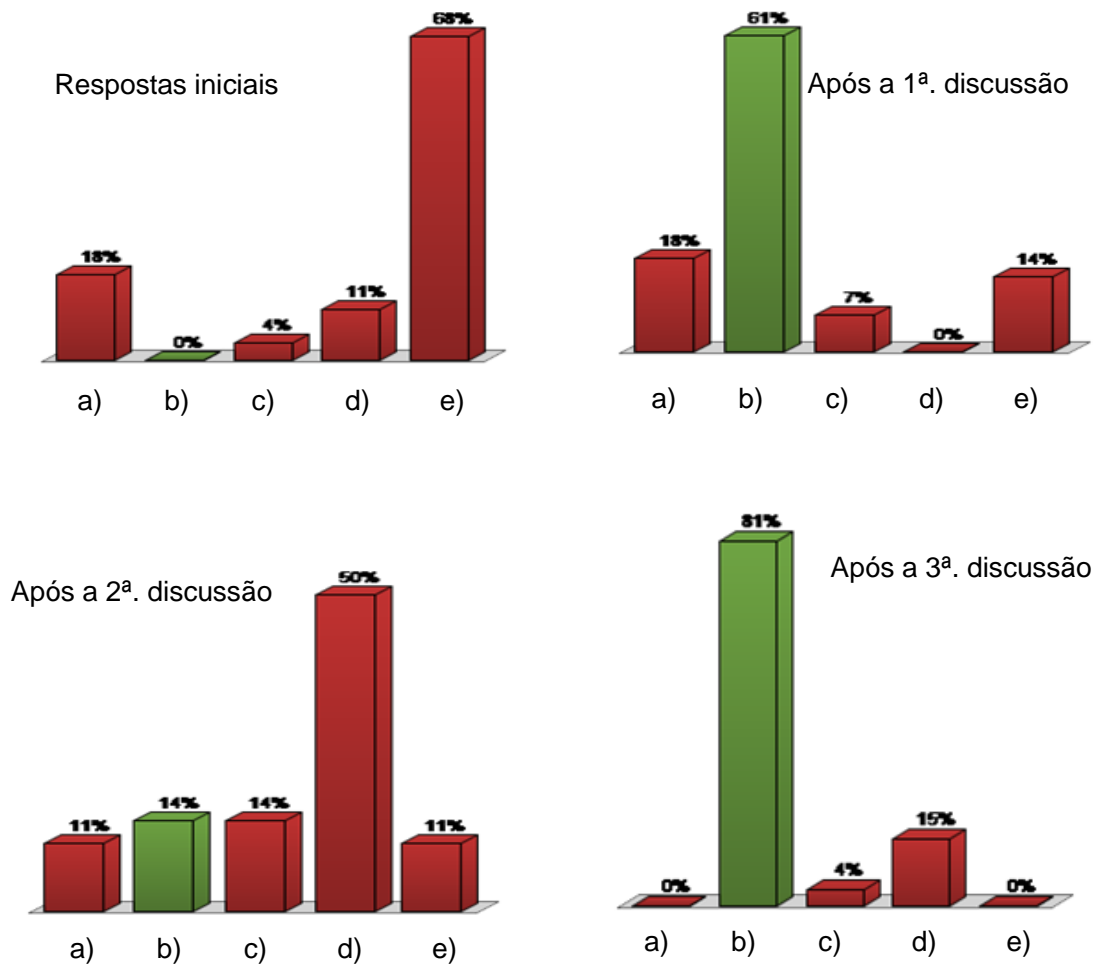


Figura 12: Resposta dos alunos à questão 3 inicialmente e após as discussões. Em verde (letra b) a resposta correta.

Inicialmente, nenhum aluno marcou a opção correta, mostrando a forte associação que o aluno faz entre velocidade e força. A maioria (68%) marcou a opção e), deixando claro também a dificuldade da compreensão das forças peso e normal. Então, o professor explicou novamente o conceito de força, enfatizando que a mesma só ocorre quando há interação entre dois ou mais corpos, seja à distância ou por contato. Formados, então, novos grupos, a discussão foi reiniciada e mediada pelo professor. Após 5 minutos, os alunos submeteram novamente as respostas, e o índice de acertos chegou a 61%, não atingindo o mínimo de acertos estabelecido (70%), sendo que 32% ainda insistiram que havia uma força horizontal. Novamente, o professor explicou o conceito de força, citando exemplos e dizendo novamente o que é força, como a força envolvida ao empurrar a porta da sala, ou então a força envolvida em um aperto de mão. Após a explicação, que durou aproximadamente 7

minutos, novos grupos foram formados. Após a discussão entre os grupos, durando aproximadamente 8 minutos, os alunos submeteram novamente as respostas, mostrando um resultado inesperado: o índice de acertos caiu para 14%, sendo que o item *d)* obteve 60% das respostas, indicando que ainda havia por parte dos alunos uma forte relação entre força e velocidade. Esta associação de força com movimento é tão marcante que muitos alunos que identificavam a presença de uma força peso acabaram mudando de resposta – especulando-se que houve a associação de força com contato direto, que, no caso do peso, não há (apesar do contato com a Terra gerar a normal, o que os alunos não associaram), o que não exclui a hipótese das outras questões terem sido marcadas aleatoriamente. Novamente o professor entrevistou para explicar melhor a questão, induzindo contraexemplos mostrando que se há velocidade não há, necessariamente, a ação de forças. O professor também explicou novamente os conceitos de peso e normal, sem explicitar a resposta. Nessa explicação, os alunos que marcaram a alternativa *d)* foram confrontados a explicar qual a origem da força horizontal, da esquerda para a direita. A maioria mencionou o fato da "tacada" na bola, mas o professor os indagou novamente, perguntando-lhes se existia algum contato do taco com a bola após a "tacada". Sem dar a resposta da pergunta, o professor novamente formou novos grupos e mediou a discussão. Após 5 minutos, os alunos submeteram novamente as respostas e o índice de acertos foi de 81%. Esta questão mostrou a dificuldade do professor em convencer os alunos sobre o conceito de força. Para quebrar os conceitos prévios sobre força, foram necessárias várias intervenções e discussões em grupos até que os alunos entendessem o significado de força.

➤ ANÁLISE DETALHADA DA QUESTÃO 13

Os gráficos abaixo mostram a porcentagem de respostas em cada opção da questão 13, nos distintos momentos de apresentação da questão. Em seguida, são feitas as análises das respostas iniciais e das discussões realizadas.

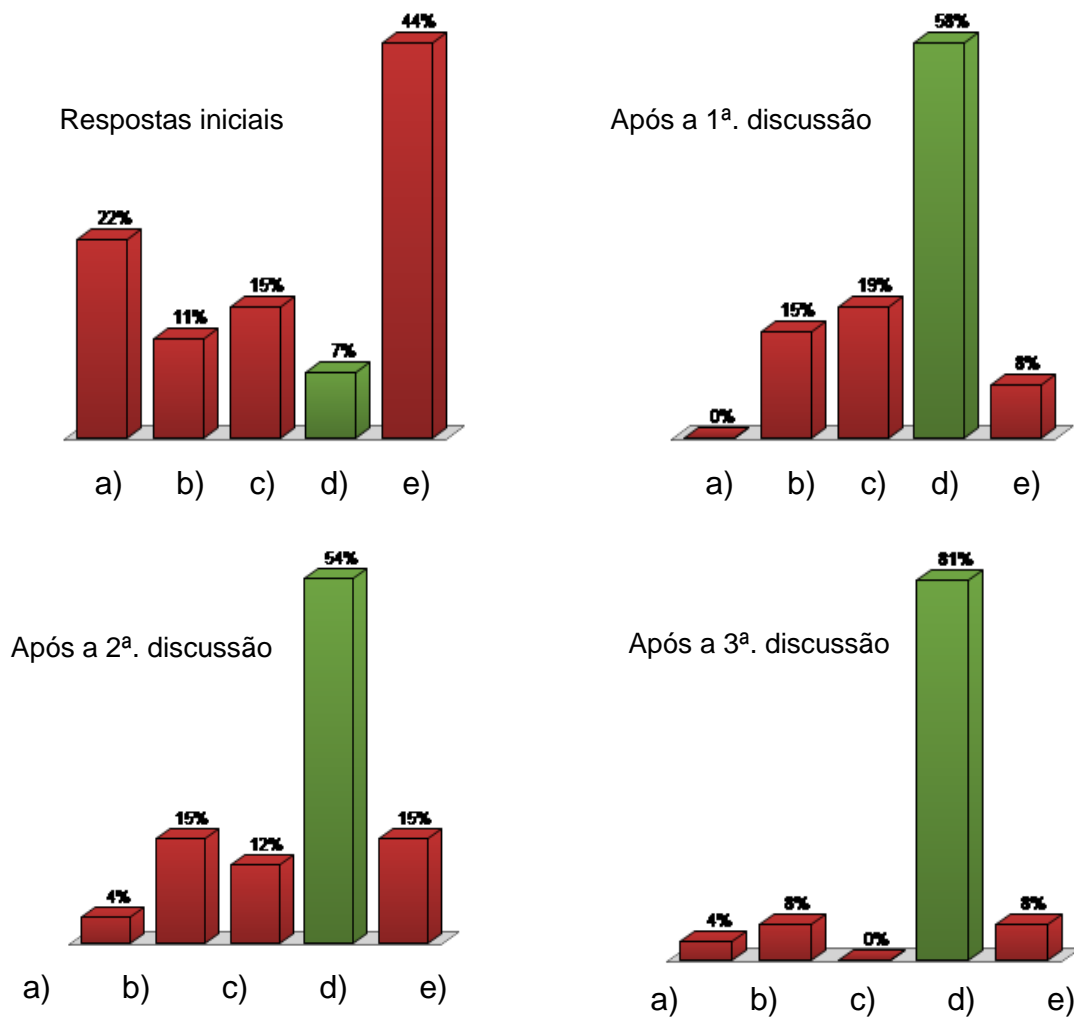


Figura 13: Resposta dos alunos à questão 13 inicialmente e após as discussões. Em verde (letra d) a resposta correta.

Nesta questão, espera-se que o aluno já saiba a definição de aceleração, atendo-se ao gráfico. Se a velocidade é constante, logo não há aceleração. Então a força resultante associada é zero, e vice versa. Esta associação é importante, pois ajudará a compreender problemas envolvendo aplicações diretas das Leis de Newton.

Os alunos, inicialmente, não entenderam a questão, pedindo uma nova explicação. A dúvida principal era na interpretação do gráfico. Eles tiveram uma imensa dificuldade em relacionar a variação da velocidade no tempo com aceleração, e aceleração com força. A dificuldade ficou evidenciada na resposta dos testes individuais. Apenas 7% dos alunos acertaram na primeira resposta, então, a questão foi explicada novamente a questão. Na segunda resposta dos estudantes, o

índice de acertos subiu para 58%, em uma discussão que durou aproximadamente 5 minutos. Novamente, o professor explicou a questão, evidenciando que não há aceleração se a velocidade de um corpo qualquer for constante, e só há força resultante se houver aceleração. Após esta breve explicação, que durou cerca de 6 minutos, foi pedido para os alunos se reunirem novamente, em grupos diferentes. O índice de acertos diminuiu um pouco, foi para 54%, em uma discussão de aproximadamente 4 minutos. A questão foi novamente explicada, usando exemplos gráficos em cinemática, mostrando aos alunos o que ocorre com a aceleração, graficamente, quando a velocidade varia com o tempo, e também quando não varia com o tempo (velocidade constante), ou seja, a aceleração é nula, em aproximadamente 3 minutos. Formaram-se então novos grupos. Após nova discussão entre os alunos, que durou aproximadamente 3 minutos, o índice de acertos foi para 81%. Esta questão mostra a dificuldade de muitos alunos em interpretar gráficos. Muitos não conseguem identificar qual situação o gráfico evidencia. Muitos também não relacionam as variações das grandezas envolvidas, ou seja, entendem que velocidade, aceleração e força não possuem relação alguma graficamente, além da evidente associação de força com velocidade, presente em muitas respostas. A questão também mostrou que os alunos tiveram bastante dificuldade em compreender quais as informações que o gráfico oferecia e qual a relação delas com as opções de resposta, sendo necessárias várias intervenções do professor. Vale ressaltar que a questão é de difícil entendimento até para o bom aluno. Sugere-se ao educador que, ao ler este material, repasse aos alunos exercícios mais simples.

➤ ANÁLISE DETALHADA DA QUESTÃO 16

Os gráficos abaixo mostram a porcentagem de respostas em cada opção da questão 16, nos distintos momentos de apresentação da questão. Em seguida, são feitas as análises das respostas iniciais e das discussões.

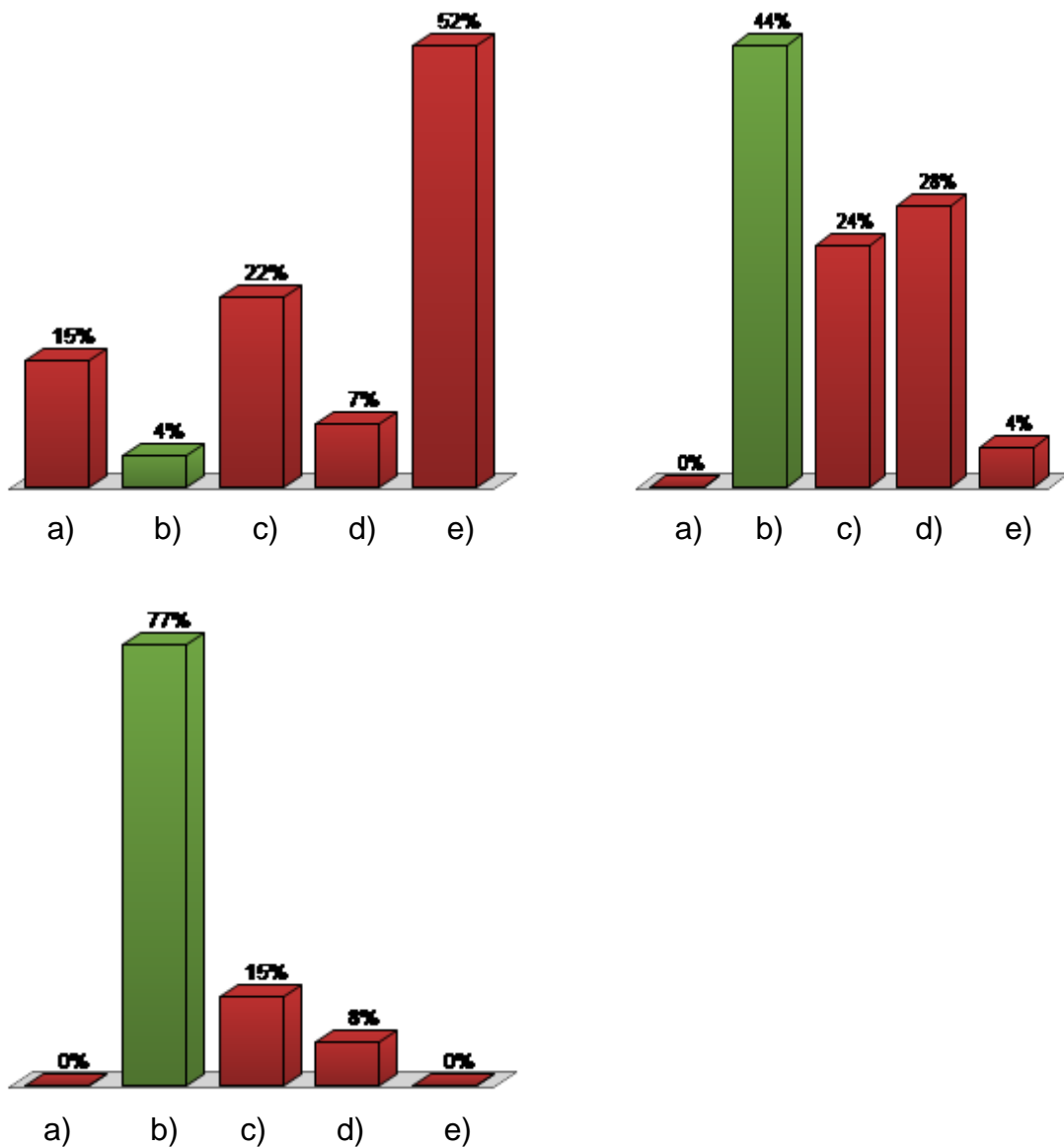


Figura 14: Resposta dos alunos à questão 16 inicialmente e após as discussões. Em verde (letra b) a resposta correta.

Essa questão se refere ao conceito de trabalho realizado por uma força F qualquer. Ela exige que o aluno consiga compreender mais uma aplicação da decomposição de vetores.

Na primeira resposta dos alunos, apenas 4% acertaram a questão. A grande maioria dos alunos ficou entre as alternativas c) e e). Foi explicado mais uma vez a questão, utilizando desenhos no quadro, mostrando a decomposição vetorial aplicada em um exemplo diferente do exercício do teste conceitual, em aproximadamente 4 minutos. Formaram-se os grupos e foi iniciada a discussão. Logo após a discussão, que durou cerca de 5 minutos, apenas 44% convergiram para a resposta correta. A maioria dos alunos respondeu as alternativas c) e d). Os alunos que marcaram esta alternativa não souberam explicar por que marcaram essas respostas. Para melhorar o entendimento da questão, o professor explicou novamente, exemplificando o caso de uma pessoa que levanta algo do chão. A pessoa não realiza trabalho na horizontal, mas na vertical, e foram formados novos grupos. Após o debate, depois da terceira resposta dos alunos, o índice de acertos foi para 77%, em aproximadamente 3 minutos. Esta questão mostrou que os alunos estavam com dificuldade em compreender o conceito de trabalho, em qual situação há realização de trabalho, em qual não há. Para tal, foi necessário que o professor fizesse uma simples decomposição vetorial, mostrando que um vetor não possui componente alguma em um plano perpendicular a ele mesmo.

➤ ANÁLISE DETALHADA DA QUESTÃO 17

Os gráficos abaixo mostram a porcentagem de respostas em cada opção da questão 17, nos distintos momentos de apresentação da questão. Em seguida, são feitas as análises das respostas iniciais e das discussões.

Esta questão envolve a decomposição de forças em um plano inclinado, com o objetivo de que o aluno identifique qual a componente desta decomposição realiza trabalho. A questão foi formulada de maneira incorreta, uma vez que a força normal também realiza trabalho, levando os alunos à ideias erradas. Porém a análise das respostas será feita abaixo, sendo que essa questão foi corrigida no produto educacional.

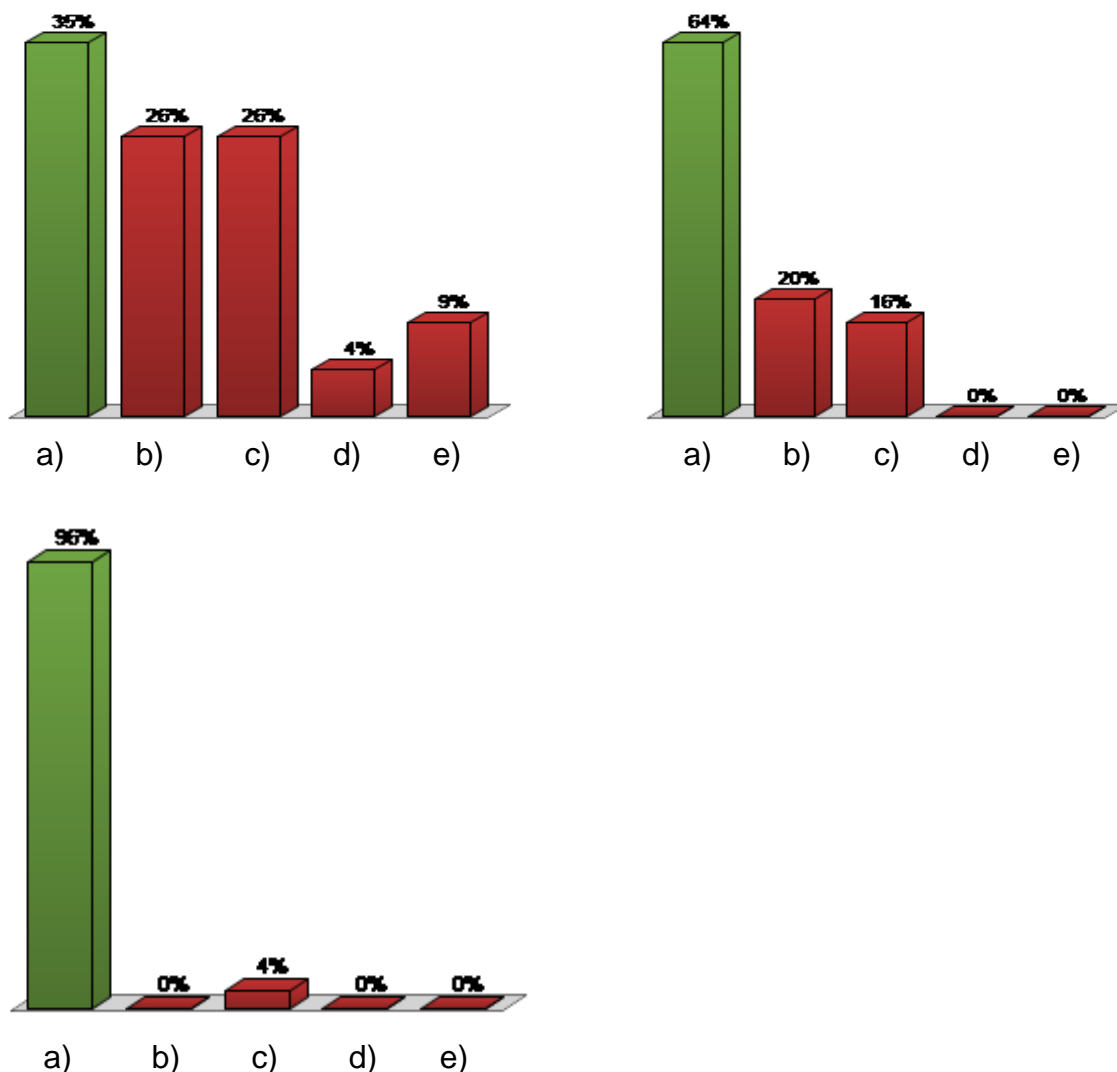


Figura 15: Resposta dos alunos à questão 17 inicialmente e após as discussões. Em verde (letra a) a resposta correta.

Na primeira resposta dos alunos, apenas 35% acertaram. A maioria relatou ter alguma dificuldade em decomposição de forças. O professor então explicou novamente a questão usando uma decomposição de vetores em um exemplo diferente do teste conceitual no quadro, que durou cerca de 4 minutos. Logo após, os pequenos grupos foram formados e iniciou-se a discussão. Encerrada a discussão, em 5 minutos, 64% dos alunos marcaram a alternativa correta, porém, o índice de acertos necessário para passar ao próximo teste conceitual era de 70%, logo, foram formados novos grupos mediados pelo professor. Após nova discussão em grupo, em aproximadamente 4 minutos. Como a maioria dos alunos havia marcado a alternativa correta, o índice de acertos subiu para 96%. A dificuldade

central dos alunos consiste no fato de que, com o plano inclinado, o sistema de coordenadas, centrado no objeto, necessita que um de seus eixos seja paralelo à direção do movimento. Feito isso, os alunos conseguiram compreender a questão.

6 - CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Entendemos que o professor necessita, antes de tudo, refletir sobre a qualidade de seu ensino, ou seja, se seus alunos realmente estão aprendendo, ou se suas aulas são apenas voltadas para memorização de tarefas e conceitos repetitivos. Porém, esta reflexão não é uma tarefa fácil. Como já mencionado, ensinar Física não é trivial. Nos dias atuais, com salas de aula heterogêneas, com alunos dos mais diferentes interesses e personalidades, a tarefa de lecionar está se tornando cada dia mais uma tarefa complexa e desafiadora. Baseado nisso, este trabalho apresentou uma proposta de inovar o ensino de Física, acreditando-se que a aprendizagem se torna efetiva quando o aluno está envolvido com a aprendizagem colaborativa por meio de trocas de ideias em sala de aula, nas discussões em grupos. A aprendizagem colaborativa é o fator fundamental desta pesquisa. O professor deve se concentrar no assunto em que o aluno realmente tem dificuldade, deixando por conta do aluno o conteúdo que ele tem condição de aprender sozinho. Caso não aprenda, o professor estará disponível para ajudá-lo.

O objetivo central deste trabalho, como elucidado no parágrafo anterior, foi apresentar uma metodologia de ensino que modificasse a postura do aluno no processo de ensino e aprendizagem, com a proposta de tornar a aprendizagem em Física mais efetiva, tornando-o mais ativo e participativo nas aulas por meio das interações com seus colegas, e que estudasse antecipadamente para a aula, com o intuito de mostrar que a Física é muito mais que decorar fórmulas e conceitos. Para tal, foi aplicado experimentalmente o método *Peer Instruction* em conjunto com o *JiTT*, acreditando-se que este método é, modestamente, uma alternativa viável ao ensino tradicional de Física.

Acredita-se que a falta de compreensão dos conceitos básicos em Física, por parte dos alunos, seja um dos fatores essenciais para as dificuldades de aprendizagem, principalmente em conteúdos de Mecânica, tema estudado pelos alunos envolvidos nesta pesquisa, compreendido entre forças, Leis de Newton, energia e trabalho e quantidade de movimento e impulso. No desenvolvimento do

trabalho, sempre foi enfatizando a parte conceitual de cada parte da matéria. Entende-se que, ao compreender o conceito básico envolvido em algum fenômeno físico, problemas futuros relacionados com a aprendizagem em Física do aluno podem ser minimizados, substituindo a memorização pela compreensão e entendimento do conteúdo de ensino. Na metodologia desenvolvida, o conceito deve ser priorizado ao invés de todo o "algebrismo" envolvido em muitos cursos de Física do Ensino Médio.

As discussões ocorridas em pequenos grupos de alunos, em função da aplicação dos testes conceituais, mostraram-se bastante eficazes na maioria das vezes, propiciando um envolvimento colaborativo constante entre os alunos, levando a maioria a optar pela resposta correta, sempre com a mediação do professor, incentivando o debate entre os alunos. Acredita-se que, com o método tradicional, dificilmente esse nível de envolvimento e comprometimento dos alunos seria alcançado.

A base teórica deste trabalho foi centrada nas teorias de aprendizagem de Ausubel e Vygotsky, pois entende-se que a aprendizagem é mais eficaz quando o professor procura levar em conta o que o aluno já sabe, identificando seus conhecimentos prévios e ensinando a partir deles, em consonância com a teoria de Ausubel. Para identificar quais são esses conceitos prévios, o professor aplicou um teste antes do início do conteúdo, denominado de pré-teste, com questões envolvendo Mecânica, e baseado nas respostas dadas a essas questões, foram montados os questionários e testes conceituais. Entende-se também que a interação entre os membros de um grupo social promove a aprendizagem mais eficaz, em consonância com as ideias proposta por Vygotsky. As discussões sobre cada fenômeno físico envolvido nos testes conceituais foi fundamental para a aprendizagem dos alunos, pois a troca de ideias pode favorecer a construção correta de um determinado conceito. Entende-se que as ideias propostas por estes dois autores favorecem o desenvolvimento de um pensamento crítico e reflexivo.

Os resultados apresentados neste trabalho devem servir de indicativo para novas pesquisas na área, além de trazer informações sobre a aplicabilidade do método *Peer Instruction*. O método foi bem aceito pelos alunos, sugerindo que as aulas *PI* possam servir também como motivação para os estudos. Esta pesquisa, que melhor se enquadra em um relato de aplicação de uma metodologia alternativa em sala de aula, também tem o objetivo de apresentar aos professores a

metodologia *Peer Instruction*, como um exemplo de aplicação. Espera-se que este trabalho sirva de "ancoradouro" para novas pesquisas nesta área, não só na disciplina de Física, mas de todo o conteúdo curricular do ensino médio, incluindo o ensino fundamental, mostrando aos educadores mais uma possibilidade de inovação dos métodos de ensino. Como fruto deste trabalho, foi gerado um produto educacional voltado para os professores de qualquer nível de ensino (com preferência para o ensino de Física em nível médio), explicando o funcionamento do método, o que são os testes conceituais e como aplicá-los, o que cada teste conceitual cobra e os questionários, como desenvolvê-los e aplicá-los.

Estatisticamente, buscou-se mostrar, por meio do cálculo do *ganho de Hake* $\langle g \rangle$, do teste *t* de Student, e da análise das respostas dos alunos ao pré e pós-teste do *FCl*, que existem evidências estatísticas que comprovam que o método *Peer Instruction* pode proporcionar um melhor aprendizado, mas tais evidências não foram constatadas. Entendemos que, caso o tempo de pesquisa fosse maior, e se a metodologia fosse aplicada durante o ano inteiro, com mais turmas e alunos e mais testes qualitativos, tal hipótese poderia ter ficado mais evidenciada nos resultados apresentados. Mesmo os testes estatísticos não indicando uma melhora significativamente maior nas notas do pós-teste da turma 3, em relação às turmas 1 e 2, a turma 3 obteve um aumento maior nas notas, mesmo com a pior nota no pré-teste.

O produto educacional, bem como a dissertação final, serão disponibilizados gratuitamente⁹ para qualquer professor que tenha interesse no método *Peer Instruction*, mas ainda não se sabe como será feita tal distribuição. A ideia é que seja criado um portal na *internet* com todos os produtos educacionais criados nos polos do MNPEF.

Espera-se que o professor, ao entrar em contato com o material produzido por este trabalho, possa aproveitá-lo e até aprimorá-lo com o objetivo de alcançar uma melhoria na aprendizagem de seus alunos em suas aulas, por meio do método *Peer Instruction*.

Quanto às limitações encontradas pelo professor, destacam-se o pouco tempo para a preparação dos testes conceituais, a intensa carga horária e o cronograma da matéria, muito extenso. Inicialmente, alguns alunos demonstraram

⁹ Para maiores informações, entre em contato com o e-mail: alancorreadiniz@gmail.com

certa resistência ao método, por acreditarem que o professor "não está dando aula", mas esta desconfiança foi contornada com o passar das aulas. Sugere-se ao professor planejar suas aulas com bastante antecedência e ter tempo suficiente para corrigir os questionários, procurando trabalhar com questões validadas, que realmente possam atestar o aprendizado de um dado conteúdo. Vale ressaltar também que algumas questões foram mal formuladas, dificultando análises mais precisas em termos de ensino e aprendizagem.

Este presente trabalho procurou relatar uma experiência didática inovadora, tanto para o professor quanto para o aluno, mostrando as vantagens do método *Peer Instruction*, bem como algumas limitações e dificuldades encontradas. Os resultados não devem ser generalizados, mas devem apontar um indicativo de necessidade de renovação nos métodos tradicionais de ensino. Espera-se que o leitor, ao entrar em contato com este material, tanto a dissertação quanto o produto educacional, possa incrementá-lo com sugestões e propostas construtivas, além de possíveis correções.

REFERÊNCIAS

ALÍS, J. C., **El problema de las concepciones alternativas en la actualidad (parte I). Análisis sobre las causas que la originan y/o mantienen**, Revista Eureka sobre Enseñanza y divulgación de las Ciencias, año/vol. 2, número 002, pp. 183-208, (2005).

ALMEIDA, Maria José P. M.; NARDI, R., **Relações entre pesquisa em ensino de Ciências e formação de professores: algumas representações**. Educ. Pesqui., São Paulo, v. 39, n. 2, p. 335-349, abr./jun. (2013).

ARAÚJO, I. S.; MAZUR, E., **Instrução pelos colegas e ensino sob medida: uma proposta para o engajamento dos alunos no processo de ensino aprendizagem em física**. Cad. Bras. Ens. Fís., v. 30, n. 2: p. 362-384, ago. (2013).

BARBETA, V. B.; YAMAMOTO I., **Dificuldades conceituais em Física apresentadas por alunos ingressantes em um curso de engenharia**. Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 24, no. 3, Setembro, (2002).

BARROS, S. S.; REZENDE, F., **Teoria aristotélica, teoria do impetus ou teoria nenhuma: um panorama das dificuldades conceituais de estudantes de física em mecânica básica** Disponível em: <<http://revistas.if.usp.br/rbpec/article/viewArticle/215>>. Acesso em: 22 dez. (2014).

BEJANARO, N. R. R.; CARVALHO, A. M. P., **A história de Eli. Um professor de física no início de carreira**. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 26, n. 2, p. 165 - 178, (2004).

BENCKERT, S.; LUANGRATH, P. and PETTERSSON, S., **On the Use of Two Versions of the Force Concept Inventory to Test Conceptual Understanding of Mechanics in Lao PDR**, Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education, 103-114, 7(2), (2011).

BONADIMAN, H.; NONENMACHER, Sandra E. B., **O gostar e o aprender no ensino de física: uma proposta metodológica**. Cad. Bras. Ens. Fís., v. 24, n. 2: p. 194-223, ago. (2007).

BRASIL, Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio, Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**, Brasília, (1999).

CAVALCANTE M. A.; *et al*, **O ensino e aprendizagem de física no Século XXI: sistemas de aquisição de dados nas escolas brasileiras, uma possibilidade real**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 31, n. 4, 4501 (2009).

CAVALCANTI, C. J. H.; OSTERMANN, F., **Teorias de Aprendizagem: texto introdutório**, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, (2010).

COVALEDA, R.; RÍOS, S. L., **Ideas de los estudiantes sobre los conceptos de fuerza y fuerza de fricción. Avance de una investigación**, Revista Educación Y Pedagogía, Vol. XVII, 43, (2009).

CROUCH, C. H.; FAGEN, A. P. and MAZUR, E., **Peer Instruction: Results from a Range of Classrooms**, Harvard University, 9 Oxford Street, Cambridge, MA 02138, (2002).

CROUCH, C. H.; FAGEN, A. P., MAZUR and WATKINS, J., **Peer Instruction: Engaging Students One-on-One, All At Once**, University, Cambridge, MA 02138, (2007).

CROUCH, C. H.; MAZUR, E., **Peer Instruction: Ten years of experience and results**, Am. J. Phys. 69 (9), September (2001).

CUMMINGS, K. and ROBERTS S. G., **A Study of Peer Instruction Methods with High School Physics Students**, Physics Education Research Conference, 1064: 103-106 (2008).

DANCY, M. H.; HENDERSON, C., **Impact of physics education research on the teaching of introductory quantitative physics in the United States**, Physical Review Special Topics - Physics Education Research 5, 020107-1 - 020107-9, (2009).

FERNANDES, S. A., **Um estudo sobre a consistência de modelos mentais sobre mecânica de estudantes de ensino médio**. 2011. 212 f. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, (2011).

FERRAZ, G.; OSTERMANN, F.; REZENDE, F., **Ensino-aprendizagem de física no nível médio: o estado da arte da produção acadêmica no século XXI**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 31, n. 1, 1402 (2009).

FILHO, A. R.; PENA, F. L. A., **Relação entre a pesquisa em ensino de física e a prática docente: dificuldades assinaladas pela literatura nacional da área**. Cad. Bras. Ens. Fís., v. 25, n. 3: p. 424-438, dez. (2008).

FONSECA, E. G. S.; NAGEM, R. L., **Implicações da Teoria de Vygotsky em processos de ensino aprendizagem que envolvam a utilização de modelos, analogias e metáforas na construção e ressignificação de conhecimentos**. Disponível em: http://www.senept.cefetmg.br/galerias/Anais_2010/Artigos/GT10/IMPLICACOES_D_A_TEORIA.pdf. Acesso em: 21 dez. (2014).

FREIRE, J. C. A.; RICARDO, E. C., **A concepção dos alunos sobre a física do ensino médio: um estudo exploratório**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 29, n. 2, p. 251-266, (2007).

HAKE, R. R., **Interactive-engagement vs. traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses**, Am. J. Phys. 66 (1), 64–74 (1998).

HEINECK, R., **O Ensino de Física na Escola e a Formação de Professores: Reflexões e Alternativas**. Cad. Cat. Ens. Fís., v. 16, n. 2: p. 226-241, ago. (1999).

HESTENES, D.; WELLS, M. and SWACKHAMMER, G., **Force Concept Inventory**, Phys. Teach. 30, 141–158, (1992).

IVANJEK L.; PLANINIC, M. and SUSAC A., **Rasch model based analysis of the Force Concept Inventory**, Physical Review Special Topics - Physics Education Research 6, 010103-1 - 010103-11, (2010).

LASRY, N., **Clickers or Flashcards: Is There Really a Difference?**, Phys. Teach 46, 242, (2008).

LASRY, N.; MAZUR, E. and WATKINS, J., **Peer instruction: From Harvard to the two-year college**, Am. J. Phys. 76 _11_, November (2008).

LEITE, L. S. F., **Concepções alternativas em mecânica: um contributo para a compreensão do seu conteúdo e persistência**. 1993. 500 f. Tese (Doutorado em Educação) – Instituto de Educação, Universidade do Minho, Braga (Portugal), (1993).

MAZUR, E., **Peer Instruction: A User's Manual**, Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, (1997).

MAZUR, E.; MILLER, K.; LASRY, N.; LUKOFF, B.; SCHELL, J., **Conceptual question response times in Peer Instruction classrooms**, Physical Review Special Topics - Physics Education Research, 10, 020113-1 - 020113-6 (2014).

MOREIRA, M. A., **O que é afinal Aprendizagem Significativa?** Aula Inaugural do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais, Instituto de Física, Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá, MT, 23 de abril de 2012. Aceito para publicação, *Qurrriculum*, La Laguna, Espanha, (2012).

MOREIRA, M. A., **Subsídios Teóricos para o Professor Pesquisador em Ensino de Ciências. Comportamentalismo, Construtivismo e Humanismo**. (2009).

Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/~moreira/Subsidios5.pdf>>. Acesso em: dia 09 de jan. de (2015).

MOREIRA, M. A., **Teorias de Aprendizagem**, São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária, (1999).

MOREIRA, M. A.; ROSA, Paulo R. S., **Uma Introdução à Pesquisa Quantitativa em Ensino**. 2014. Disponível em: <http://pesquisaemeducacaoufrgs.pbworks.com/w/file/fetch/52798222/pesquisa_quantitativa_em_ensino.pdf>. Acesso em 15 dez (2014).

MÜLLER, M. G.; BRANDÃO, R. V.; ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A., **Implementação do método de ensino *peer instruction* com o auxílio dos computadores do projeto “uca” em aulas de física do ensino médio**. Cad. Bras. Ens. Fís., v. 29, n. Especial 1: p. 491-524, set. (2012).

MÜLLER, M. G., **Metodologias interativas na formação de professores de física: um estudo de caso com o *peer instruction***. 2013. 226 f. Dissertação (Mestrado Acadêmico em Ensino de Física) – Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, (2013).

NASCIMENTO, S. S.; VIEIRA R. D, **A argumentação no discurso de um professor e seus estudantes sobre um tópico de mecânica newtoniana**. Cad. Bras. Ens. Fís., v. 24, n. 2: p. 174-193, ago. (2007).

NIEMINEN, P.; SAVINAINEN, A. and VIIRI, J., **Force Concept Inventory-based multiple-choice test for investigating students’ representational consistency**. Physical Review Special Topics - Physics Education Research, 6, 020109-1 - 020109-12 (2010).

NOVAK, G., **Just-In-Time Teaching: Blending Active Learning with Web Technology**, Addison-Wesley, NY, (1999).

OLIVEIRA, T. K. B., **Desmotivação: um fator negativo na prática do professor**. Revista Senso Comum, n. 1, p. 76-85, (2009).

OLIVEIRA, V., **Uma proposta de ensino de tópicos de eletromagnetismo via instrução pelos colegas e ensino sob medida para o ensino médio**. 2012. 236 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, (2012).

OSTERMANN, F.; REZENDE, F., **A prática do professor e a pesquisa em ensino de física: novos elementos para repensar essa relação**. Cad. Bras. Ens. Fís., v. 22, n. 3: p. 316-337, dez. (2005).

PEDUZZI, L. O. Q., **Física aristotélica: por que não considerá-la no ensino da mecânica?**. Cad.Cat.Ens.Fis., v.13,n1: p.48-63, abr. (1996).

PEDUZZI, L. O. Q.; PEDUZZI S. S., **Força no movimento de projéteis**. Cad. Cat. Ens. Fis., Florianópolis, 2(3): 114-127, dez. (1985).

PEDUZZI, L. O. Q.; PEDUZZI S. S., **O Conceito de Força no Movimento e as duas Primeiras Leis de Newton**. Cad. Cat. Ens. Fis., Florianópolis, 2(1), 6-15, abr. (1985).

PELIZZARI, A. *et al*, **Teoria da Aprendizagem Significativa segundo Ausubel**, Rev. PEC, Curitiba, v.2, n.1, p.37-42, jul. 2001-jul. (2002).

PIEKARZ, A, H. *et al*, **Adaptação e validação de um teste diagnóstico de concepções espontâneas em mecânica**. In: Simpósio Nacional de Ensino de Física, 15. 2003. Atas do XV Simpósio Nacional de Ensino de Física. Curitiba : CEFET-PR, 2003. p. 542-551. 1 CD-ROM. (2003)

PIETROCOLA, M.; POGIBIN, A.; ANDRADE, R.; ROMERO, T. R., **Física em contextos: pessoal, social e histórico**. São Paulo: FTD, (2011). v.1, 2.

RABELLO, E.T.; PASSOS, J. S., **Vygotsky e o desenvolvimento humano**. Disponível em: <<http://www.josesilveira.com>>. Acesso em: dia 23 de dez. de (2014).

ROSA, C. W.; ROSA, A. B., **O ensino de ciências (Física) no Brasil: da história às novas orientações educacionais**. Revista Iberoamericana de Educación. n.º 58/2 – 15/02/12, ISSN: 1681-5653, (2008).

ROSSO, Ademir J.; TAGLIEBER, José E., **Métodos ativos e atividades de ensino**. Perspectiva 17, 1992, pp. 37-46. Disponível em <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/perspectiva/article/download/9147/10689>> Acesso em: 25 dez. (2014).

SAVINAINEN, A.; VIIRI, J., **The Force Concept Inventory as a Measure of Students Conceptual Coherence**, Accepted for publication in International Journal of Science and Mathematics Education, (2007).

SEBASTIA, J. M., **Fuerza y movimiento: la interpretacion de los estudiantes**, Enseñanza de las Ciencias, pp. 161-169, (1984).

SILVA, Glauco S. F.; VILLANI, A., **Grupos de aprendizagem nas aulas de física: as interações entre professor e alunos**. Ciência & Educação, v. 15, n. 1, p. 21-46, (2009).

TAGLIATI, J.R. *et al*, **Engajamento interativo no curso de Física I da UFJF**, Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 26, n. 1, p. 63-69, (2004).

TRINDADE, Jorge A., **Dificuldades na Aprendizagem de Física - Algumas Notas**. <http://www.researchgate.net/publication/234026609_Dificuldades_na_Aprendizagem_de_Fisica_Algunas_notas/links/02bfe50e5cfe422e390000000>. Acesso em: 30 mai. (2014).

VILLANI, A., **Considerações sobre a pesquisa em Ensino de Ciência: a interdisciplinaridade**. Revista de Ensino de Física, São Paulo, v. 3, n. 3, p. 68-88, set. (1981).

APÊNDICE A: PESQUISA DE SATISFAÇÃO AO MÉTODO *PEER INSTRUCTION*

No final do ano letivo, os alunos fizeram uma avaliação da metodologia *Peer Instruction*, através de um curto questionário com sete perguntas. Ao todo, compareceram 24 alunos.

1. Comparado com a metodologia tradicional, o *Peer Instruction* foi/está sendo para mim:

Nesta questão, 75% dos alunos aprovaram a metodologia (Muito vantajoso ou Vantajoso), o que já era de se esperar, pois a literatura retrata (CROUCH, MAZUR, 2001) que, geralmente, o *Peer Instruction* é bem recebido pelos alunos. Apenas 17% (Desvantajoso ou Muito desvantajoso) reprovaram o uso do método, enquanto que 13% não tinham opinião formada sobre a metodologia, ou são neutros. Os próximos resultados mostram a opinião dos(as) alunos(as) em relação a pontos específicos do método.

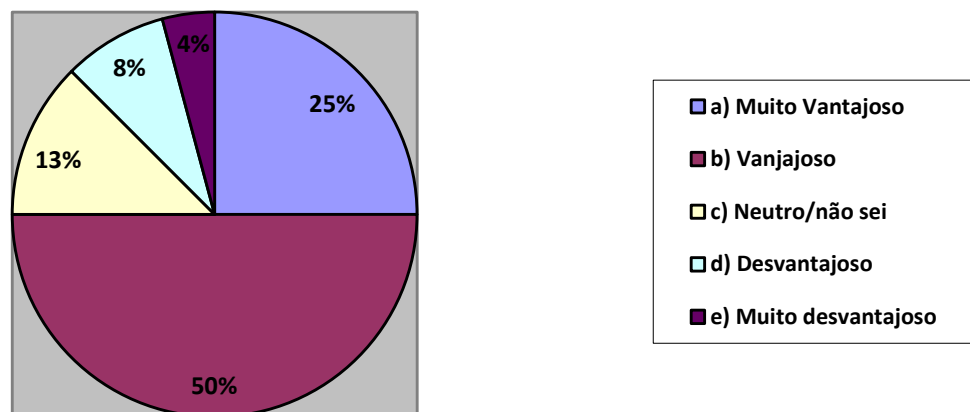


Gráfico 1: Aceitação do método *Peer Instruction*.

2. As questões e as discussões em sala de aula ajudaram na compreensão da matéria?

Na questão 2, os alunos aprovaram, em sua grande maioria, as discussões em sala, em consonância com a literatura (CROUCH, MAZUR, 2001), com 75% de aprovação. Quanto às discussões, 25% reprovaram.

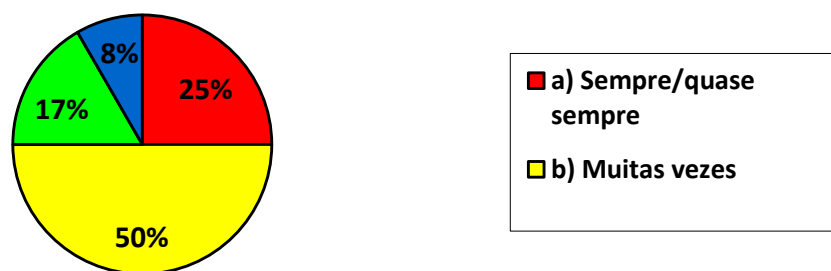


Gráfico 2: Discussões em sala.

3. O estudo prévio ajudou na compreensão da matéria?

Também em acordo com a literatura (MAZUR, 1997; CROUCH, MAZUR, 2001), a questão 3 mostra que 59% dos alunos (opções Sempre/quase sempre e Muitas vezes) que estudaram previamente afirmaram que o estudo ajudou na compreensão da matéria, enquanto que 33% afirmaram que pouco contribuiu e apenas 8% afirmaram que não contribuiu, ou quase não contribuiu.

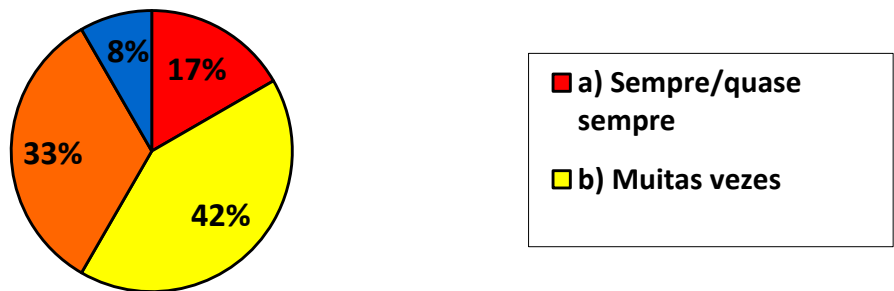


Gráfico 3: Compreensão da matéria.

4. Os questionários pré-aula ajudaram na compreensão da matéria?

Na questão 4, 54% dos alunos disseram que os questionários pré-aula ajudaram na compreensão da matéria, enquanto que 38% afirmaram que pouco contribuiu e apenas 4% afirmaram que não contribuiu, ou quase não contribuiu.



Gráfico

Gráfico 4: Questionários pré-aula.

5. Tipicamente, de quanto tempo de trabalho você precisava para se preparar adequadamente para uma aula (estudo e questionário)?

Nesta questão, 77% dos alunos gastam de meia hora a duas horas de estudo, o que é considerado normal para alunos do ensino médio, visto a carga horária imposta sobre os alunos.

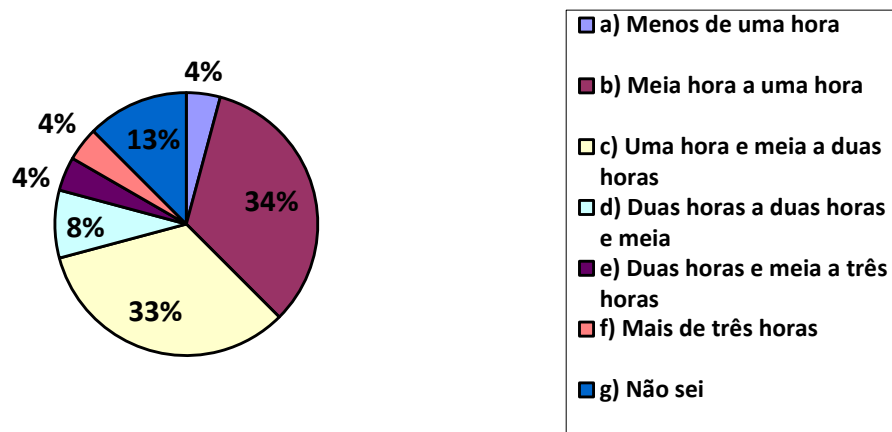


Gráfico 5: Estudos em casa.

6. Em média, de quanto tempo você precisava para responder ao questionário, sem contar o tempo de estudo?

Na questão 6, 80% dos alunos levam entre quinze e quarenta e cinco minutos para responder um questionário.

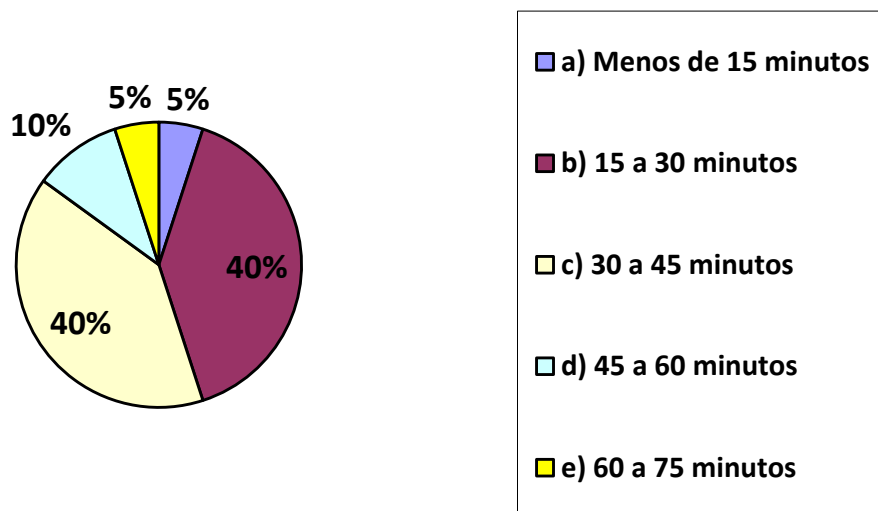


Gráfico 6: Resposta ao questionário.

7. Em média, de quanto tempo você precisava para estudar adequadamente para uma aula (sem contar responder ao questionário)?

Na questão 7, 77% dos alunos (opções *a*) e *b*) levam no mínimo meia hora para estudar adequadamente para uma aula.

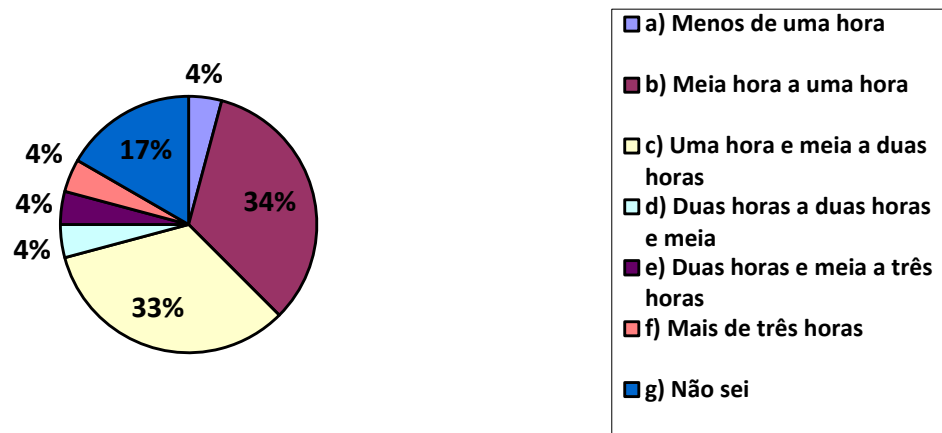


Gráfico 7: Estudos (sem contar o questionário).

A partir desses resultados, pode-se concluir que o método teve uma boa receptividade por parte dos alunos, motivando-os, com a maioria se conscientizando sobre a importância do estudo prévio. Quanto aos questionários, 42% dos alunos afirmaram que pouco contribuíram, nada ou quase nada para a compreensão da matéria, mostrando que, possivelmente, os questionários não fizeram muita diferença no estudo prévio dos alunos. Em relação ao estudo prévio, 59% dos alunos afirmaram que estudar previamente ajudou na compreensão da matéria, sugerindo que o estudo antecipado ajuda o aluno a obter melhores resultados. A grande maioria dos alunos afirmou que as interações com os colegas ajudaram na compreensão da matéria, e que o método *PI* é vantajoso em relação ao ensino tradicional, reforçando a importância das discussões em pequenos grupos na sala de aula.

APÊNDICE B: TESTES CONCEITUAIS

Neste apêndice serão apresentados os testes conceituais utilizados nas aulas, em ordem cronológica, de acordo com a tabela 8, na página 64. No produto educacional, alguns desses testes foram corrigidos e outros foram substituídos por versões revisadas.

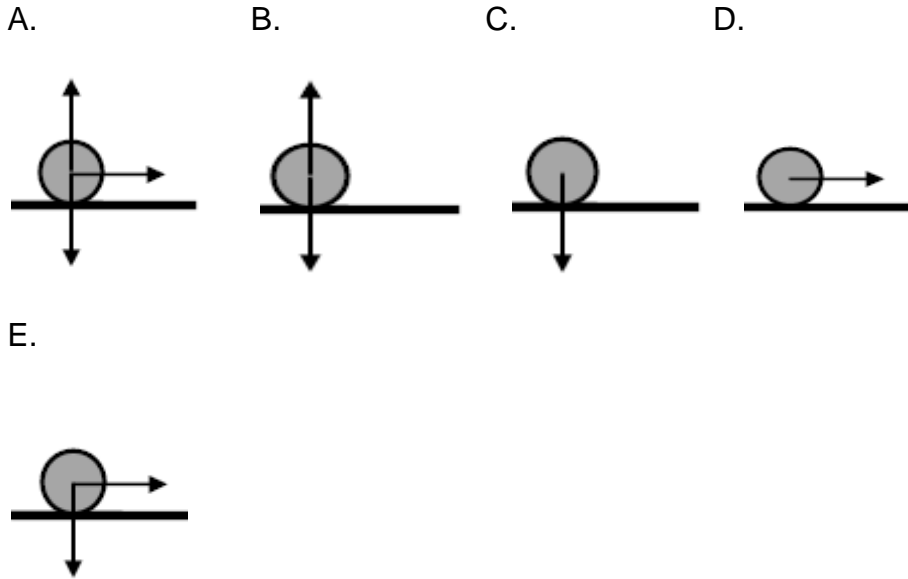
TC 1: A palavra força se refere a uma interação entre uma coisa e outra, basicamente. Imagine uma colisão frontal entre dois veículos, um caminhão e um pequeno carro. Pode-se dizer que, no momento da interação:

- A. a força que o caminhão faz sobre o carrinho é muito maior que a força que o carrinho faz sobre o caminhão, pois o caminhão é bem maior;
- B. a força que o carrinho faz sobre o caminhão é maior, pois por ser menor, o carrinho provavelmente estava a uma velocidade maior;
- C. a força que o caminhão faz sobre o carrinho é maior, pois por ser maior, o caminhão provavelmente estava a uma velocidade maior;
- D. as forças, em módulo, envolvidas na interação são iguais, possuem a mesma direção, porém sentidos contrários;
- E. as forças envolvidas na interação possuem o mesmo sentido e direção, também são iguais em módulo.

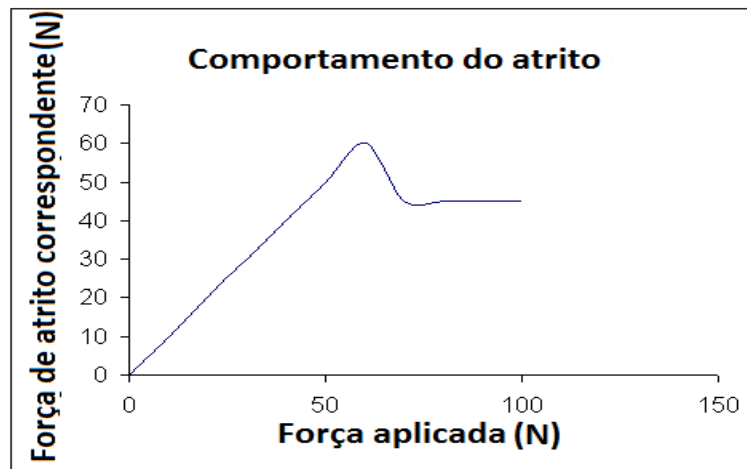
TC 2: De acordo com seu conhecimento sobre a força peso, analise as afirmativas abaixo e marque a CORRETA:

- A. a força peso atua somente em corpos que estão na superfície terrestre;
- B. o peso de uma pessoa é sempre o mesmo, tanto na Terra quanto na Lua;
- C. a aceleração da gravidade diminui quando aumentamos muito a altitude, tomando a superfície da Terra como referência;
- D. um astronauta, dentro de um satélite que orbita em torno da Terra, flutua porque no satélite não há gravidade. Logo, seu peso é igual a zero;
- E. um corpo mais pesado cai mais rápido do que um corpo mais leve.

TC 3 (Adaptado e traduzido de SEBASTIA, 1984): Um jogador de sinuca dá uma tacada numa bola com o objetivo de colocá-la em uma caçapa. Considere que a mesa de sinuca é perfeitamente lisa, isto é, não há atrito. Das alternativas abaixo, marque aquela que melhor representa a(s) força(s) que age(m) sobre a bola um pouco antes de chegar no alvo.



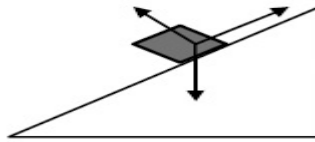
TC 4: O gráfico abaixo mostra o comportamento típico do atrito entre um corpo qualquer e uma superfície qualquer. No eixo vertical temos os respectivos valores para a força de atrito, com a correspondente força aplicada na horizontal. Analise o gráfico e marque a resposta correta:



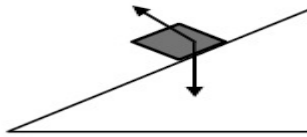
- A. entre 0 e 50 N de força aplicada, o corpo está se movendo com velocidade constante;
- B. o corpo inicia seu movimento quando a força de atrito vale aproximadamente 60 N;
- C. a força de atrito dinâmico atinge seu valor máximo em aproximadamente 60 N;
- D. o corpo inicia seu movimento quando a força de atrito se torna constante;
- E. o eixo vertical se refere apenas à força de atrito estático.

TC 5 (Adaptado e traduzido de SEBASTIA, 1984): Nas figuras abaixo, marque aquela que melhor representa a (s) força (s) que age (m) sobre o objeto quando ele inicia seu movimento na superfície áspera da figura abaixo:

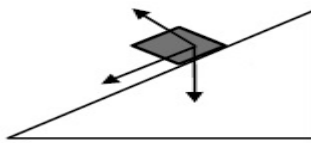
A.



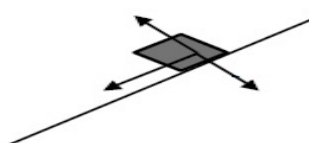
B.



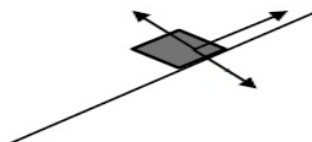
C.



D.



E.



TC 6: Do ponto de vista de um sistema físico, equilíbrio é:

- A. a condição necessária para o corpo ficar parado;
- B. a condição necessária na qual as forças que atuam no sistema se compõem de maneira com que o corpo altere seu estado de movimento ou repouso;
- C. a condição necessária na qual as forças que atuam no sistema se compõem de maneira a não provocar alteração em seu estado de movimento ou repouso;
- D. a condição necessária para fazer com que o corpo continue em movimento acelerado;
- E. nenhuma das questões acima está correta.

TC 7: Imagine um corpo se movendo em MRU e um outro corpo idêntico em queda livre. Quanto à essa situação, marque a única alternativa correta:

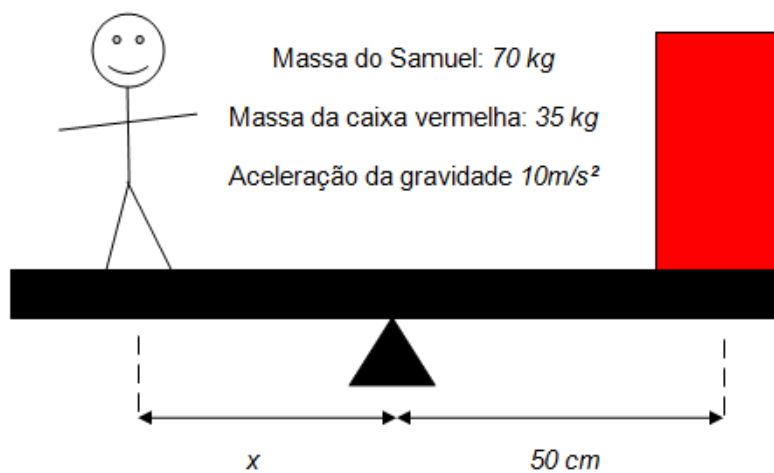
- A. os dois corpos nunca estarão em equilíbrio;
- B. o corpo em MRU está em equilíbrio porque sobre ele não há ação de forças. Já o corpo em queda livre nunca estará em equilíbrio;
- C. pode ser que o corpo em MRU esteja em equilíbrio, desde que a resultante de todas as forças seja nula. Quanto ao corpo em queda livre, este estará em equilíbrio quando a força peso for nula;
- D. pode ser que o corpo em MRU esteja em equilíbrio, desde que a resultante de todas as forças seja nula. Quanto ao corpo em queda livre, este estará em equilíbrio quando sua velocidade for constante;
- E. pode ser que o corpo em MRU esteja em equilíbrio, desde que a resultante de todas as forças seja nula. Quanto ao corpo em queda livre, nada se pode afirmar.

TC 8 (Adaptado e traduzido de MAZUR, 1997): Um corpo rígido, sujeito à ação de forças de resultante não nula, pode adquirir movimento (s):

- A. de translação apenas;

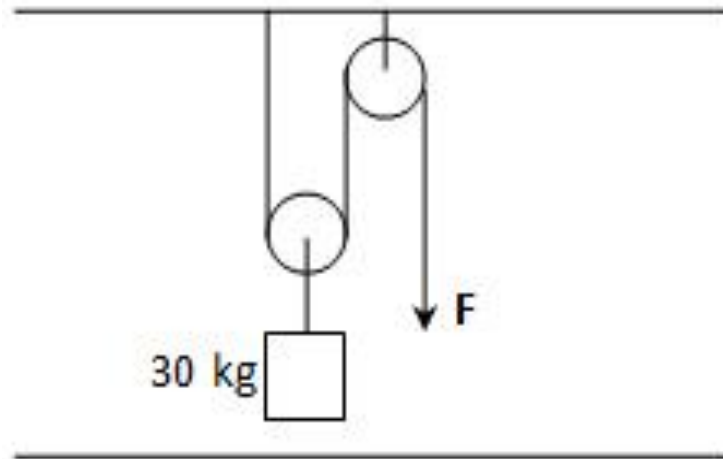
- B. de rotação apenas;
- C. de translação ou rotação, ou ambos simultaneamente;
- D. helicoidal;
- E. N.D.A.

TC 9: Na figura abaixo, qual a distância mínima que Samuel precisa ter, em relação à caixa vermelha, para que a barra se mantenha em equilíbrio?



- A. 25 cm;
- B. 50 cm;
- C. 75 cm;
- D. 100 cm;
- E. 125 cm.

TC 10 (Adaptado traduzido de MAZUR, 1997): Na figura abaixo, uma força F é exercida com o objetivo de sustentar um objeto de 30 kg. Considerando desprezível a massa dos fios e que $g = 10\text{m/s}^2$, qual o valor de F ?



- A. 50 N;
- B. 100 N;
- C. 125 N;
- D. 150 N;
- E. 200 N.

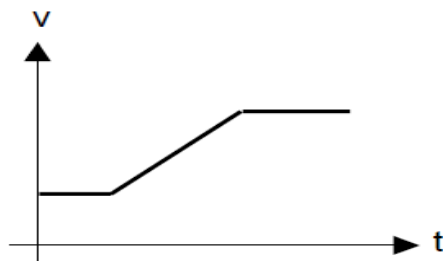
TC 11: Sobre Inércia, analise as afirmativas abaixo e marque a correta:

- A. a Inércia é a condição necessária para o corpo ficar parado;
- B. a Inércia é a razão pela qual um objeto continua em movimento, sem a atuação de forças, mas não tem importância se o corpo estiver parado;
- C. a Inércia é um tipo especial de força restauradora, forçando o corpo a permanecer em seu estado de movimento ou repouso;
- D. a Inércia é uma propriedade do corpo em resistir às mudanças de movimento. Ela (a inércia) faz um corpo continuar em repouso ou em movimento retilíneo uniforme, a menos que uma força resultante não nula mude essa condição;
- E. a Inércia é uma propriedade do corpo em resistir às mudanças de movimento. Ela (a inércia) faz um corpo continuar em repouso ou em movimento retilíneo uniforme, mesmo que uma força resultante não nula mude essa condição.

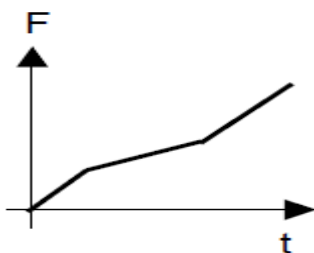
TC 12: Quando você está dentro de um ônibus e ele arranca abruptamente, você é jogado para trás. Isso ocorre porque:

- A. O ônibus exerceu uma força em mim contrária à direção de seu movimento;
- B. A tendência natural do nosso corpo é de permanecer em repouso, estando em repouso;
- C. Normalmente estamos desatentos. Se estivéssemos atentos à qualquer alteração do movimento do ônibus, isso não aconteceria;
- D. A tendência natural do nosso corpo é de alterar seu estado de repouso ou movimento;
- E. O ônibus arrancou muito rapidamente.

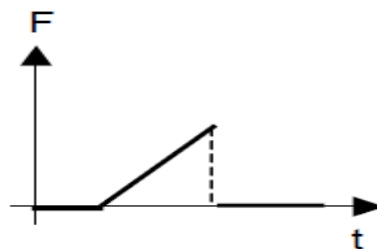
TC 13 (Adaptado de BARBETA, YAMAMOTO, 2002): No gráfico abaixo é mostrada a velocidade de um objeto em função do tempo. Qual dos gráficos seguintes mostra a melhor relação entre a força resultante e o tempo?



A.



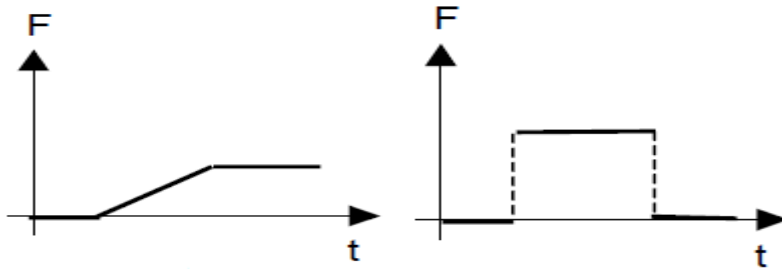
B.



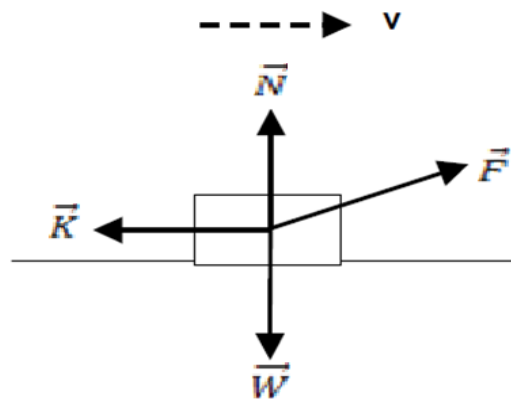
C.

D.

E. N.D.A.



TC 14 (Adaptado de BARBETA, YAMAMOTO, 2002): Yara puxa um bloco com velocidade constante através de uma superfície horizontal rugosa, aplicando uma força \vec{F} . As setas no diagrama indicam corretamente as direções, mas não necessariamente os módulos, das várias forças sobre o bloco. Qual das seguintes relações entre os módulos das forças \vec{W} , \vec{K} , \vec{N} , e \vec{F} deve ser verdadeira?



- A. $|\vec{F}| = |\vec{K}|$;
- B. $|\vec{F}| = |\vec{K}|$ e $|\vec{N}| > |\vec{W}|$;
- C. $|\vec{F}| > |\vec{K}|$ e $|\vec{N}| < |\vec{W}|$;
- D. $|\vec{F}| > |\vec{K}|$ e $|\vec{N}| = |\vec{W}|$;
- E. Nenhuma das alternativas anteriores.

TC 15: Ademilson, um dos maiores jogadores da história do Tupi, chuta uma bola em direção ao gol com uma força de 200 N, da horizontal para a direita (em relação às cabines de rádio).



Foto 1: Vista frontal do estádio a partir de uma cabine de rádio. Fonte: <<http://showdebola879.blogspot.com.br/2010/03/tupijf-tupi-acao-social-criancas.html>>. Acesso em: 05/08/2014.

A reação:

- A. tem módulo de 200 N, da horizontal para a esquerda, aplicada no pé do jogador;
- B. tem o valor de -200 N, da horizontal para a direita, aplicada no pé do jogador;
- C. tem módulo nulo, da horizontal para a esquerda, aplicada no pé do jogador;
- D. tem módulo maior que 200 N, da horizontal para a direita, aplicada no pé do jogador;
- E. tem módulo maior que 200 N, da horizontal para a esquerda, aplicada no pé do jogador.

TC 16: Em qual situação o trabalho realizado por uma força F sobre um corpo é igual a zero?

- A. Quando a aceleração do corpo for constante;
- B. quando a força aplicada fizer um ângulo de 90° com a direção do deslocamento;
- C. quando a força aplicada fizer um ângulo de 0° com a direção do deslocamento;
- D. quando a força aplicada for menor que o peso do corpo;
- E. o trabalho de uma força nunca será igual a zero.

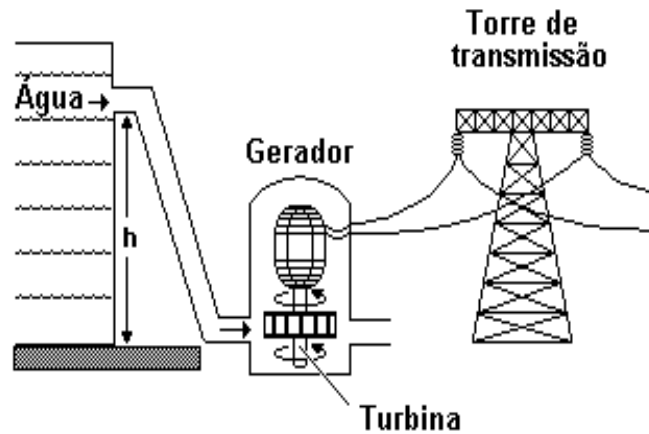
TC 17: Um corpo de peso P escorrega em um plano inclinado com atrito, com aceleração diferente de zero. Qual(ais) força(s) realiza(am) trabalho?

- A. A componente de força peso ao longo da trajetória e a de atrito;
- B. somente a força peso;
- C. somente a força de atrito;
- D. nenhuma, pois se equilibram;
- E. todas as forças atuantes.

TC 18 (Adaptado e traduzido de MAZUR, 1997): Um carro de massa m sobe uma ladeira de altura h . Depois de subir a ladeira, o carro seguiu em linha reta. Durante a subida, seu motor gasta uma energia igual a mgh . Então, pode-se dizer que:

- A. no topo da ladeira, a velocidade do carro aumentou;
- B. no topo da ladeira, a velocidade do carro diminuiu;
- C. no topo da ladeira, a velocidade do carro permaneceu constante;
- D. no topo da ladeira, a velocidade do carro é nula;
- E. o carro não conseguiu chegar ao topo.

TC 19 (ENEM 1998): A figura abaixo mostra o esquema de funcionamento de uma hidrelétrica. Quais são as possíveis transformações de energia, baseando-se na figura?

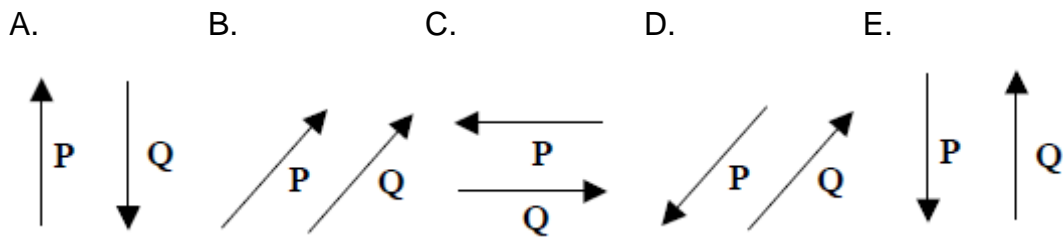
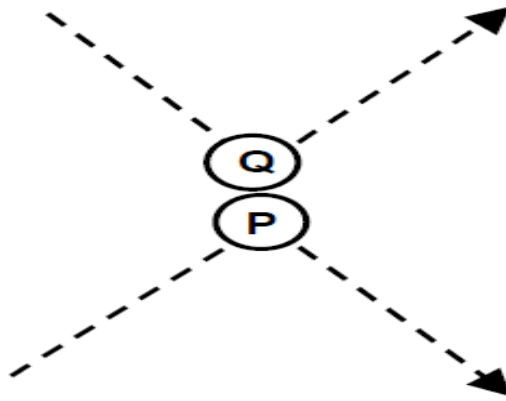


- A. cinética - potencial - elétrica;
- B. química - cinética – elétrica
- C. cinética - elástica - elétrica;
- D. potencial - cinética - elétrica;
- E. potencial - química - elétrica.

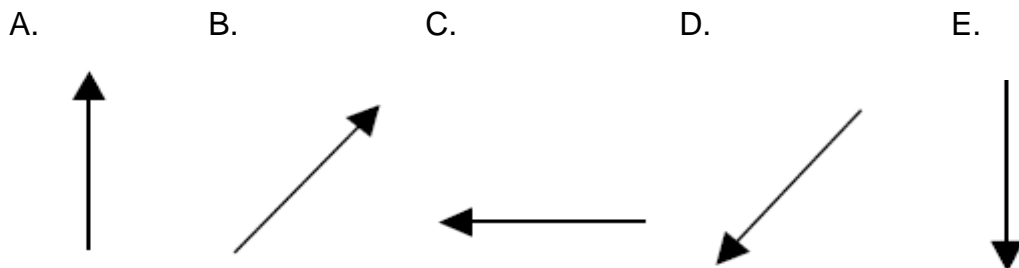
TC 20 (Adaptado e traduzido de MAZUR, 1997): Um corpo A tem massa m e um corpo B tem massa $4m$. Para que a energia cinética do corpo A seja igual à do corpo B, a velocidade de A tem que ser:

- A. a metade da velocidade de B;
- B. igual à velocidade de B;
- C. um quarto da velocidade de B;
- D. o dobro da velocidade de B;
- E. quatro vezes maior que a velocidade de B.

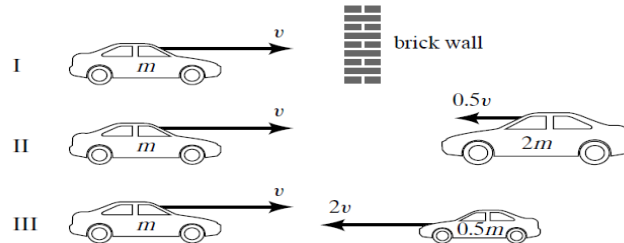
TC 21 (Adaptado de BARBETA, YAMAMOTO, 2002): O diagrama abaixo indica as trajetórias de duas bolas de aço, P e Q, que colidem. Qual das setas representa melhor a direção da variação do momento linear (quantidade de movimento) de cada bola?



TC 22 (Adaptado de BARBETA, YAMAMOTO, 2002): Ainda em referência à figura da questão anterior, qual das setas abaixo melhor representa a direção do impulso aplicado à bola Q pela bola P durante a colisão?



TC 23 (Adaptado e traduzido de MAZUR, 1997): Se todas as três colisões indicadas na figura abaixo são totalmente inelásticas, em qual(is) dela(s) o dano causado é maior?



- A. I;
- B. II;
- C. III;
- D. I e II;
- E. II e III.

TC 24 (Adaptado e traduzido de MAZUR, 1997): Uma bola de massa m é disparada em direção a uma outra bola de massa $2m$, que inicialmente está em repouso. Após a colisão, elas ficam grudadas. A bola de massa m , após a colisão, adquire:

- A. maior energia cinética e maior quantidade de movimento;
- B. maior energia cinética e menor quantidade de movimento;
- C. menor energia cinética e menor quantidade de movimento;
- D. menor energia cinética e maior quantidade de movimento;
- E. nada, pois a energia cinética e a quantidade de movimento se mantiveram constante.

TC 25 (Adaptado e traduzido de MAZUR, 1997): Em uma colisão entre de dois corpos, a energia cinética é conservada somente:

- A. quando suas massas forem iguais;

- B. quando a colisão for perfeitamente inelástica;
- C. quando a colisão for perfeitamente elástica;
- D. quando suas velocidades forem iguais;
- E. ela nunca é conservada.

Testes conceituais	Respostas
TC 1	D.
TC 2	B.
TC 3	B.
TC 4	D.
TC 5	B.
TC 6	C.
TC 7	D.
TC 8	C.
TC 9	C.
TC 10	D.
TC 11	D.
TC 12	B.
TC 13	D.
TC 14	C.
TC 15	A.
TC 16	B.
TC 17	A.
TC 18	C.
TC 19	D.
TC 20	D.
TC 21	E.
TC 22	A.
TC 23	D.
TC 24	D.
TC 25	C.

APÊNDICE C: QUESTIONÁRIOS

Os questionários apresentados abaixo foram elaborados de acordo com o *JiTT* (NOVAK, 1999), com o objetivo de fazer com que o aluno leia diversas vezes o livro e, em alguns casos, busque informações em outras fontes. O questionário cobra uma linha de raciocínio coerente com o que foi lido no material, não precisando necessariamente estar correto.

Questionário 1 (Q1) - Investigando a Ação das Forças

Questão 1 - Nos átomos que compõem o seu livro de Física, existem milhões e milhões de forças empurrando e puxando as moléculas. Por que essas forças nunca se somam para formar uma resultante em certa direção, fazendo com que seu livro acelere "espontaneamente"?

Questão 2 - O livro texto fala sobre vários tipos de forças. Quais delas estão mais presentes em seu dia a dia? JUSTIFIQUE falando sobre a força e a situação em que ela se aplica.

Questão 3 - Do material marcado para estudo, qual foi o ponto mais obscuro, ou difícil? Não mencione meramente uma página, seção, ou o nome de um assunto. Explique precisamente o que você vê de confuso, ou difícil.

Questionário 2 (Q2) - Equilíbrio

Questão 1 - Um objeto pode NÃO estar em equilíbrio mesmo se o somatório de todas as forças resultantes sobre ele for zero? Explique.

Questão 2 - O que é mais fácil: carregar um balde de água cheio em uma das mãos ou dividir a mesma quantidade de água em dois baldes, carregando os baldes nas duas mãos? Explique.

Questão 3 - Do material marcado para estudo, qual foi o ponto mais obscuro, ou difícil? Não mencione meramente uma página, seção, ou o nome de um assunto. Explique precisamente o que você vê de confuso, ou difícil.

Questionário 3 (Q3) - Newton e suas Leis

Questão 1 - Uma bola que rola ao longo de um piso não se mantém assim indefinidamente. Isso ocorre por que ela sempre busca um lugar de repouso ou por que alguma força está sendo exercida sobre ela? Caso houver tal força, identifique-a.

Questão 2 - Quando uma pessoa salta de um degrau em uma escada em direção ao solo, ela "puxa" a Terra para cima? Em caso afirmativo, por que esta aceleração não é "sentida" pela pessoa?

Questão 3 - Do material marcado para estudo, qual foi o ponto mais obscuro, ou difícil? Não mencione meramente uma página, seção, ou o nome de um assunto. Explique precisamente o que você vê de confuso, ou difícil.

Questionário 4 (Q4) - Energia e Trabalho

Questão 1 - Identifique os principais tipos de energia (e suas transformações) envolvidas no seu dia a dia, do acordar ao dormir novamente. Explique cada transformação detalhadamente.

Questão 2 - Se um caminhão e um Fusca movem-se com a mesma energia cinética, você pode dizer qual deles é mais veloz? Explique em termos da definição de Energia Cinética.

Questão 3 - Do material marcado para estudo, qual foi o ponto mais obscuro, ou difícil? Não mencione meramente uma página, seção, ou o nome de um assunto. Explique precisamente o que você vê de confuso, ou difícil.

Questionário 5 (Q5) - Quantidade de Movimento e Impulso

Questão 1 - Imagine que você está navegando em uma canoa no rio Paraibuna. Ao chegar próximo à terra firme, você se desloca para a proa (parte dianteira de uma embarcação) da canoa e pula em direção à margem. Mas você cai na água. Por que isso aconteceu? **JUSTIFIQUE** sua resposta.

Questão 2 - Quem tem maior quantidade de movimento: um caminhão parado ou uma formiga em movimento? Por quê? **JUSTIFIQUE** sua resposta.

Questão 3 - Do material marcado para estudo, qual foi o ponto mais obscuro, ou difícil? Não mencione meramente uma página, seção, ou o nome de um assunto. Explique precisamente o que você vê de confuso, ou difícil.

ANEXO A: TERMO DE ANUÊNCIA DA ESCOLA



UNIVERSIDADE
FEDERAL DE JUIZ DE FORA
COLÉGIO DE APLICAÇÃO JOÃO XXIII
Portaria de Regularidade de Estudos n.º 080 - 25/09/81 - MEC

TERMO DE ANUÊNCIA

Declaramos para os devidos fins que concordamos com a execução do projeto de pesquisa intitulado “Implementação do Método *Peer Instruction* no ensino de Mecânica no Colégio de Aplicação João XXIII/UFJF”, sob a coordenação e a responsabilidade do Prof. Alan Corrêa Diniz, solteiro, CPF 103.813.486-28 e RG MG-15.414.490, entre agosto e dezembro de 2014, no Colégio de Aplicação João XXIII/UFJF, o qual obteve o apoio desta Instituição.

Declaramos, também, que o Prof. Alan tem a permissão de divulgação plena dos resultados do projeto de pesquisa, na forma de dissertação/tese, artigo, seminário, por escrito ou *online* envolvendo o nome do Colégio de Aplicação João XXIII/UFJF, devendo o Prof. Alan, no entanto, manter o sigilo dos 67 (sessenta e seis) alunos(as) do primeiro ano do Ensino Médio que participaram da pesquisa, sem a exposição de nomes, fotografias ou turmas que permitam a identificação dos alunos e alunas.

Juiz de Fora, 09 de junho de 2015.

Prof.ª Dra. Andréa V. Stagnini
Diretora Geral
C.A. João XXIII/UFJF
Portaria n.º 811 de julho de 2013

Prof.º Dr. José Luiz Lacerda
Diretor de Ensino
C.A. João XXIII/UFJF
Portaria n.º 811 de julho de 2013

ANEXO B: Tabela t para hipóteses unilaterais e bilaterais¹⁰

*g _i	<i>Nível de significância para hipótese unilateral</i>									
	.40	.25	.10	.05	.025	.01	.005	.0025	.001	.0005
	<i>Nível de significância para hipótese bilateral</i>									
	.80	.50	.20	.10	.05	.02	.01	.005	.002	.001
1	0.325	1.000	3.078	6.314	12.706	31.821	63.657	127.32	318.31	636.62
2	0.289	0.816	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925	14.089	22.326	31.598
3	0.277	0.765	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841	7.453	10.213	12.924
4	0.271	0.741	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604	5.598	7.173	8.610
5	0.267	0.727	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032	4.773	5.893	6.869
6	0.265	0.718	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707	4.317	5.208	5.959
7	0.263	0.711	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499	4.029	4.785	5.408
8	0.262	0.706	1.397	1.860	2.306	2.896	3.355	3.833	4.501	5.041
9	0.261	0.703	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250	3.690	4.297	4.781
10	0.260	0.700	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169	3.581	4.144	4.587
11	0.260	0.697	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106	3.497	4.025	4.437
12	0.259	0.695	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055	3.428	3.930	4.318
13	0.259	0.694	1.350	1.771	2.160	2.650	3.012	3.372	3.852	4.221
14	0.258	0.692	1.345	1.761	2.145	2.624	2.977	3.326	3.787	4.140
15	0.258	0.691	1.341	1.753	2.133	2.602	2.947	3.286	3.733	4.073
16	0.258	0.690	1.337	1.746	2.120	2.583	2.921	3.252	3.686	4.015
17	0.257	0.689	1.333	1.740	2.110	2.567	2.898	3.222	3.646	3.965
18	0.257	0.688	1.330	1.734	2.101	2.552	2.878	3.197	3.610	3.922
19	0.257	0.688	1.328	1.729	2.093	2.539	2.861	3.174	3.579	3.883
20	0.257	0.687	1.325	1.725	2.086	2.528	2.845	3.153	3.552	3.850
21	0.257	0.686	1.323	1.721	2.080	2.518	2.831	3.135	3.527	3.819
22	0.256	0.686	1.321	1.717	2.074	2.508	2.819	3.119	3.505	3.792
23	0.256	0.685	1.319	1.714	2.069	2.500	2.807	3.104	3.485	3.767
24	0.256	0.685	1.318	1.711	2.064	2.492	2.797	3.091	3.467	3.745
25	0.256	0.684	1.316	1.708	2.060	2.485	2.787	3.078	3.450	3.725
26	0.256	0.684	1.315	1.706	2.056	2.479	2.779	3.067	3.435	3.707
27	0.256	0.684	1.314	1.703	2.052	2.473	2.771	3.057	3.421	3.690
28	0.256	0.683	1.313	1.701	2.048	2.467	2.763	3.047	3.408	3.674
29	0.256	0.683	1.311	1.699	2.045	2.462	2.756	3.038	3.396	3.659
30	0.256	0.683	1.310	1.697	2.042	2.457	2.750	3.030	3.385	3.646
40	0.255	0.681	1.303	1.684	2.021	2.423	2.704	2.971	3.307	3.551
60	0.254	0.679	1.296	1.671	2.000	2.390	2.660	2.915	3.232	3.460
120	0.254	0.677	1.289	1.658	1.980	2.358	2.617	2.860	3.160	3.373
∞	0.253	0.674	1.282	1.645	1.960	2.326	2.576	2.807	3.090	3.291

*g_i: número de graus de liberdade ($N_1 + N_2 - 2$).

¹⁰ Retirado da referência "Introdução à Pesquisa Quantitativa no Ensino" (MOREIRA, ROSA, 2009).

ANEXO C: MATERIAL ACADÊMICO: “INSTRUÇÕES PARA A APLICAÇÃO DO MÉTODO PEER INSTRUCTION EM AULAS DE FÍSICA NO ENSINO MÉDIO”

MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



INSTRUÇÕES PARA APLICAÇÃO DO MÉTODO *PEER INSTRUCTION* EM AULAS DE FÍSICA NO ENSINO MÉDIO

¹Alan Corrêa Diniz, ²Alvaro Vianna Novaes de Carvalho Teixeira

¹alancorreadiniz@gmail.com

²alvaro@ufv.br

Viçosa/MG, 2015

ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS

Este trabalho é pré-requisito parcial para a obtenção do título de "Mestre em Ensino de Física", pela Universidade Federal de Viçosa, juntamente com a dissertação final de mestrado.

Lista de Tabelas:

Tabela 1 - Página 5

Tabela 2 - Página 8

Lista de Figuras:

Figura 1 - Página 3

Figura 2: Página 13

Figura 3: Página 22

Lista de abreviações:

ENEM: Exame Nacional do Ensino Médio

FUVEST: Fundação Universitária para o Vestibular

INATEL: Instituto Nacional de Telecomunicações

PI: Peer Instruction

JiTT: Just-in-Time Teaching

UFV: Universidade Federal de Viçosa

UFJF: Universidade Federal de Juiz de Fora

TC - Teste Conceitual

UFPI: Universidade Federal do Piauí

Viçosa/MG, 2015

SUMÁRIO

1. APRESENTAÇÃO E UTILIZAÇÃO.....	1
1.10 MÉTODO <i>PEER INSTRUCTION</i>	1
1.2 MATERIAIS E MÉTODOS.....	4
2. TESTES CONCEITUAIS.....	8
2.1 AFINAL, O QUE É FORÇA?.....	8
2.2 EQUILÍBRIO DE FORÇAS.....	13
2.3 NEWTON E SUAS LEIS.....	16
2.4 ENERGIA E TRABALHO.....	20
2.5 QUANTIDADE DE MOVIMENTO E IMPULSO.....	23
3. QUESTIONÁRIOS.....	26
QUESTIONÁRIO 1 (Q1) - INVESTIGANDO A AÇÃO DAS FORÇAS.....	27
QUESTIONÁRIO 2 (Q2) - EQUILÍBRIO.....	27
QUESTIONÁRIO 3 (Q3) - NEWTON E SUAS LEIS.....	28
QUESTIONÁRIO 4 (Q4) - ENERGIA E TRABALHO.....	28
QUESTIONÁRIO 5 (Q5) - QUANTIDADE DE MOVIMENTO E IMPULSO.....	29
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	30
APÊNDICE A: RESPOSTAS DOS TESTES CONCEITUAIS.....	32
APÊNDICE B: AVALIAÇÕES TRIMESTRAIS.....	33

Viçosa/MG, 2015

1. APRESENTAÇÃO E UTILIZAÇÃO

Este material é um produto da dissertação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, da Sociedade Brasileira de Física, polo UFV em Viçosa/MG, intitulada "Implementação do Método *Peer Instruction (PI)* em aulas de Física no Ensino Médio". Neste trabalho, estão incluídos todos os questionários e testes conceituais (corrigidos e/ou modificados) aplicados em sala de aula, em uma turma de primeiro ano do Ensino Médio, com comentários feitos pelo autor, que orientam o professor sobre as competências avaliadas por cada questão. Quanto à organização deste trabalho, no primeiro capítulo é explicado o método *Peer Instruction*, bem como os materiais e métodos necessários para a aplicação desta metodologia, enquanto que no segundo capítulo, há uma introdução do conteúdo cobrado nos testes conceituais, bem como os testes conceituais (e o que são), baseados no livro texto: *Física em Contextos* (PIETROCOLA et. al, 2011), volumes 1 e 2. O capítulo 3 foi reservado para os questionários.

1.1 O MÉTODO *PEER INSTRUCTION*

O método *Peer Instruction*, proposto pelo Prof. Eric Mazur, da Universidade de Harvard (EUA), no início da década de 1990, mais precisamente no ano de 1991, foi introduzido em uma disciplina de Física básica nessa mesma universidade e se difundiu rapidamente pelo mundo, em especial nos Estados Unidos, Canadá e Austrália, tornando-se hoje um método de ensino consolidado e utilizado em diversas disciplinas, especialmente no ensino superior (CUMMINGS, ROBERTS, 2008; MAZUR, 1997; CROUCH, MAZUR, 2001; LASRY, MAZUR, WATKINS, 2008). Baseado no estudo prévio do aluno e na interação com seus colegas de classe, através de discussões sobre questões conceituais mediadas pelo professor, o método *Peer Instruction (PI)* tem por objetivo modificar o comportamento do aluno em sala de aula, fazendo com que todos os alunos se envolvam com o conteúdo de ensino, por meio de questionamentos estruturados, promovendo o aprendizado colaborativo (MAZUR, 1997).

No Brasil, métodos de ensino semelhantes ao *Peer instruction*, inclusive o próprio *PI*, ainda são pouco conhecidos e utilizados pelos professores, tanto aqueles mais experientes quanto para os que ainda estão em formação (ARAUJO, MAZUR, 2013; ROSSO, 1992). O trecho abaixo mostra a definição de um método ativo de ensino, no qual que o método *PI* se encaixa, uma vez que a aprendizagem do aluno depende de sua vontade natural de aprender:

Compreendemos Métodos Ativos e Atividades de Ensino como processo "de fazer fluir" naturalmente o ímpeto, a energia próprios do desenvolvimento mental e a vontade natural de aprender do aluno, direcionando-os à aprendizagem escolar. (ROSSO, TAGLIEBER, 1992, p. 37).

A implementação deste método permite que o mesmo possa ser usado em conjunto com outros métodos, como por exemplo, o uso do *Peer Instruction* com o *JiTT* (em resumo, questionários estruturados sobre tópicos desafiadores da matéria), podendo ser uma estratégia potencialmente significativa para o ensino, contribuindo para a compreensão correta dos conceitos físicos, desenvolvendo habilidades de comunicação e facilitando a identificação das dificuldades assinaladas pelos alunos pelo professor (CROUCH, MAZUR, 2001).

Os questionários propostos pelo *JiTT* exigem do aluno não só "dar uma olhada" no livro ou no material indicado, mas, refletir, raciocinar e até mesmo confrontar o material de estudo. Na pesquisa desenvolvida, a cada semana foi dado aos alunos um questionário, com três perguntas, que deveria ser entregue até um dia antes da aula, sendo que as duas primeiras perguntas eram referentes ao conteúdo, e a terceira referente às dúvidas em relação ao conteúdo estudado, pedindo ao estudante que exemplificasse o ponto mais obscuro ou difícil do texto, sem mencionar meramente uma página, seção ou o nome de um assunto, explicando com precisão o que ele viu de confuso ou difícil.

Como já referido na introdução, a aula *PI* é baseada em testes conceituais e de acordo com a porcentagem de acertos em cada questão o professor decide sobre a sequência da aula. A figura abaixo mostra o fluxograma da aula *Peer Instruction*.

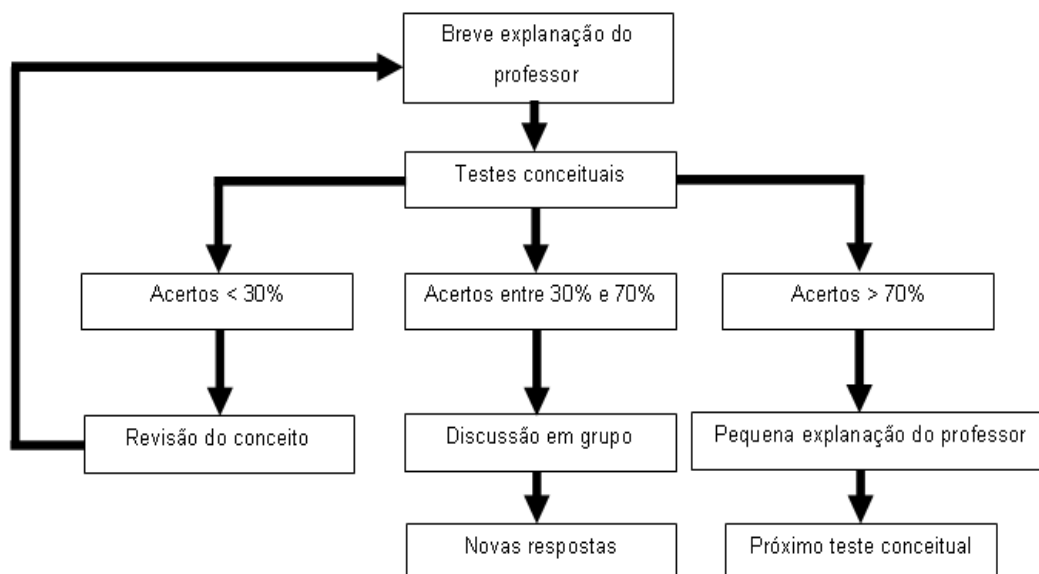


Figura 1: Fluxograma do *Peer Instruction* (MAZUR, 1997).

A breve explicação do professor deve se conter em tópicos nos quais os alunos não compreenderam direito, relatados a partir do estudo prévio que eles fizeram, ou então de um tópico que, segundo o professor, seria de difícil compreensão no estudo prévio do aluno. Essa "mini exposição" deve durar cerca de 7 a 10 minutos, cabendo ao professor iniciar os testes conceituais ou explicar novamente esses tópicos, caso os alunos não o tivessem entendido corretamente.

Sugere-se que o tempo necessário para cada aluno responder ao teste conceitual fique entre 2 e 4 minutos. Caso o índice de acertos seja inferior a 30%, provavelmente a maioria não compreendeu o conceito corretamente, sendo necessária uma nova explicação do professor sobre o conteúdo do teste com outra abordagem. Caso o índice de acertos seja maior que 70%, há um indicativo de a maioria entendeu os conceitos, então, o professor segue para o próximo conteúdo, podendo fazer algum comentário sobre o teste, ou explicando a resposta correta. Caso necessário, os valores de 30% e 70% podem mudar.

A metodologia alcança uma maior eficiência quando o índice de acertos fica entre 30% e 70%, uma vez que, neste caso, há discussão em pequenos grupos de alunos mediada pelo professor (MAZUR, 1997). Essas discussões geralmente ajudam a desenvolver habilidades de comunicação, além de facilitar a identificação das dúvidas assinaladas pelos alunos (CROUCH, MAZUR, 2001). A troca de argumentos favorece a estruturação da estrutura cognitiva dos alunos, favorecendo a aprendizagem (OLIVEIRA, 2012).

Pesquisas nacionais recentes (OLIVEIRA, 2012; MÜLLER, 2013; ARAUJO, MAZUR, 2013; MÜLLER, 2012) e internacionais (CUMMINGS, ROBERTS, 2008; MAZUR, 1997; CROUCH, MAZUR, 2001; LASRY, 2008; CROUCH et. al, 2007; LASRY, MAZUR, WATKINS, 2008) apontam que, após a discussão entre os grupos de colegas, as respostas dadas pelos alunos geralmente convergem para a opção correta, pois os argumentos corretos normalmente convencem os mais equivocados. Pesquisas semelhantes também apontam que o uso do *JiTT*, em conjunto com o *Peer Instruction*, pode tornar a aprendizagem mais expressiva e eficaz (CROUCH, MAZUR, 2001; CROUCH, FAGEN, MAZUR, 2002; CROUCH et. al, 2007).

A escolha dos testes conceituais feitas pelo professor influencia diretamente no rendimento dos alunos durante a aplicação do método *Peer Instruction*. São considerados "bons" testes conceituais aqueles que cobram o conceito básico de cada questão, com alternativas semelhantes, porém apenas uma é correta, evitando que o aluno responda sem pensar e raciocinar, podendo, inclusive, basear-se em questões que possam causar certa confusão na mente dos alunos (MAZUR, 1997; CROUCH et. al, 2007).

1.2 MATERIAIS E MÉTODOS

Este material serve de apoio para a preparação de aulas *PI* pelo professor. Sugere-se que o conteúdo deste trabalho seja aplicado em três aulas semanais, com uma aula reservada (das três semanais) ao esclarecimento de dúvidas referentes aos questionários e as outras duas para aplicação dos testes conceituais, em um período compreendido entre 2 e 4

meses. Fica a critério do professor, decidir quanto ao andamento das aulas e a substituição ou não da aula tradicional, adequando este método de acordo com as necessidades da turma e possibilidades da escola, além do número de aulas. A aplicação deste método sugere que o professor utilize:

- 01 *datashow*;
- 01 microcomputador ou *notebook*;
- *cliker's* suficientes para todos os alunos (dispensáveis, caso a escola não possua);
- 01 receptor de sinal dos *clicker's*, que conectado ao *notebook*/microcomputador, informará o professor sobre as respostas dos alunos a cada teste conceitual (também dispensáveis caso a escola não possua);
- 01 *software* computacional que reproduza as respostas dos alunos em termos de porcentagem de acertos, e o números de alunos por questão. Sugere-se que o professor utilize o programa *Turning Point*¹

Os materiais sugeridos acima não são essenciais para a aplicação do método *Peer Instruction*, pois o objetivo deste trabalho não é a apresentação de um recurso tecnológico, mas proporcionar certo conforto no decorrer das aulas, pois facilita a análise das respostas. Caso o professor não queira utilizar os *cliker's*, uma outra sugestão é a utilização de pequenos cartões resposta, ou *flashcards* (OLIVEIRA, 2012), em que cada aluno teria cartões resposta para cada opção do teste conceitual.

Abaixo, é sugerido um cronograma de aplicação do método *Peer Instruction*:

Tabela 1: Sugestão de cronograma.

Semana 1	Conteúdo a ser ministrado	Tarefas aos alunos
Aula 1	Apresentação do método.	Entrega dos <i>clicker's</i> e leitura do livro texto (páginas 194 a 202) para a próxima aula.

¹ Para maiores informações, acesse o *site*: <http://www.turningtechnologies.co.uk>

Aula 2	Investigando a Ação das Forças.	TC 1 e TC 2, leitura do livro texto (páginas 203 a 212) para a próxima aula e entrega do primeiro questionário (Q1) aos alunos.
Aula 3	Investigando a Ação das Forças.	TC 3, TC 4 e TC 5 e entrega do primeiro questionário ao professor.
Semana 2	Conteúdo a ser ministrado	Tarefas aos alunos
Aula 1	Discussão das dúvidas referentes a Q1.	Leitura do livro texto (páginas 230 a 235) para a próxima aula.
Aula 2	Equilíbrio de Forças.	TC 6, TC 7 e TC 8, leitura do livro texto (páginas 236 a 243) para a próxima aula e entrega do segundo questionário (Q2) aos alunos.
Aula 3	Equilíbrio de Forças.	TC 9 e TC 10 e entrega do segundo questionário ao professor.
Semana 3	Conteúdo a ser ministrado	Tarefas aos alunos
Aula 1	Discussão das dúvidas referentes a Q2.	Leitura do livro texto (páginas 262 a 274) para a próxima aula.
Aula 2	Newton e suas Leis.	TC 11 e TC 12, leitura do livro texto (páginas 275 a 287) para a próxima aula e entrega do terceiro questionário (Q3) aos alunos.
Aula 3	Newton e suas Leis.	TC 13, TC 14 e TC 15 e entrega do terceiro questionário ao professor

Semana 4	Conteúdo a ser ministrado	Tarefas aos alunos
Aula 1	Revisão do conteúdo das semanas 1, 2 e 3 e discussão das dúvidas referentes a Q3.	Esclarecimentos de dúvidas dos alunos.
Aula 2	Avaliação.	
Aula 3	Correção da avaliação.	Entrega do quarto questionário (Q4) aos alunos.
Semana 5	Conteúdo a ser ministrado	Tarefas aos alunos
Aula 1	Discussão das dúvidas referentes a Q4.	Leitura do livro texto (páginas 57 a 62) para a próxima aula.
Aula 2	Energia e Trabalho.	TC 16 e TC 17, leitura do livro texto (páginas 63 a 78) para a próxima aula e entrega do quinto questionário (Q5) aos alunos.
Aula 3	Energia e Trabalho.	TC 18, TC 19, TC 20 e leitura do livro texto (páginas 118 a 125) para a próxima aula.
Semana 6	Conteúdo a ser ministrado	Tarefas aos alunos
Aula 1	Quantidade de movimento e Impulso.	TC 21 e TC 22. e leitura do livro texto (páginas 126 a 136) para a próxima aula.
Aula 2	Quantidade de movimento e Impulso e discussão das dúvidas referentes a Q5.	Entrega do quinto questionário (Q5) ao professor.
Aula 3	Quantidade de movimento e Impulso.	TC 23, TC 24 e TC 25.
Semana 7	Conteúdo a ser ministrado	Tarefas aos alunos
Aula 1	Revisão do conteúdo das semanas 4, 5 e 6.	Esclarecimentos de dúvidas dos alunos.
Aula 2	Avaliação (referente às	

	semanas 4, 5 e 6).	
Aula 3	Correção da avaliação.	
Semana 8	Conteúdo a ser ministrado	Tarefas aos alunos
Aula 1	Questionário de avaliação do método.	
Aula 2	Opcional.	
Aula 3	Opcional.	

Lembra-se que o cronograma pode ser alterado de acordo com o número de aulas.

2. TESTES CONCEITUAIS

Os testes conceituais constituem em questões de múltipla escolha, cada uma com 05 opções de resposta, que têm como conteúdo a matéria estudada pelo aluno antes da aula, relacionadas na tabela abaixo:

Tabela 2: Relação entre as questões e os conteúdos relacionados.

<u>Conteúdo</u>	<u>Questões</u>
Investigando a Ação das Forças	TC 1 à TC 5
Equilíbrio	TC 6 à TC 10
Newton e suas Leis	TC 11 à TC 15
Energia e Trabalho	TC 16 à TC 20
Quantidade de movimento e Impulso	TC 21 à TC 25

2.1. AFINAL, O QUE É FORÇA?

De acordo com o livro adotado para elaboração deste trabalho (PIETROCOLA, et. al, 2011), este capítulo tem por objetivo introduzir o conceito de força, bem como sua natureza vetorial e as principais forças

envolvidas no cotidiano do aluno. O objetivo deste capítulo é familiarizar o aluno com o conceito correto de força.

TC 1: A palavra força se refere a uma interação entre uma coisa e outra, basicamente. Imagine uma colisão frontal entre dois veículos, um caminhão e um pequeno carro. Pode-se dizer que, no momento da interação:

- A. a força que o caminhão faz sobre o carrinho é muito maior que a força que o carrinho faz sobre o caminhão, pois o caminhão é bem maior;***
- B. a força que o carrinho faz sobre o caminhão é maior, pois por ser menor, o carrinho provavelmente estava a uma velocidade maior;***
- C. a força que o caminhão faz sobre o carrinho é maior, pois por ser maior, o caminhão provavelmente estava a uma velocidade maior;***
- D. as forças, em módulo, envolvidas na interação são iguais, possuem a mesma direção, porém sentidos contrários;***
- E. as forças envolvidas na interação possuem o mesmo sentido e direção, também são iguais em módulo.***

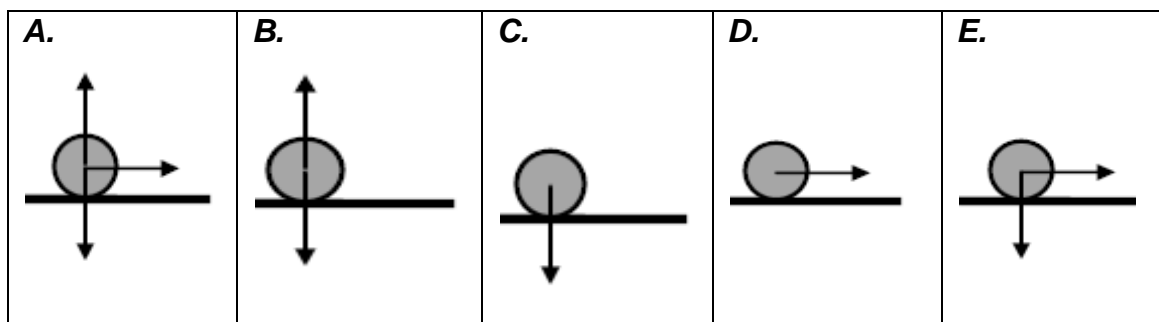
O TC 1 vai de encontro ao senso comum dos alunos (PIEKARZ et. al, 2003; FERNANDES, 2011), ou seja, se o caminhão é mais “pesado”, a força que ele exerce sobre o carrinho é maior que a força que o carrinho exerce sobre o caminhão. A questão já introduz ao aluno o conceito de ação e reação. O que difere as forças, neste caso, é o efeito consequente da resistência mecânica dos automóveis. O caminhão, por ser maior e mais “pesado”, deforma com facilidade o pequeno carro. Para responder a esta questão, o aluno necessita saber corretamente o significado da força e o efeito que ela pode produzir. Deve-se deixar claro que forças iguais não produzem efeitos iguais.

TC 2: Se numa partícula em movimento a resultante das forças que atuam sobre ela é zero, pode-se afirmar que:

- A. a partícula tem aceleração resultante zero e vetor velocidade constante;**
- B. a partícula tem aceleração resultante diferente de zero e o vetor velocidade variável;**
- C. a partícula tem aceleração resultante diferente de zero e velocidade necessariamente zero;**
- D. a partícula tem aceleração resultante zero e velocidade necessariamente zero;**
- E. a partícula tem aceleração resultante diferente de zero e vetor velocidade constante.**

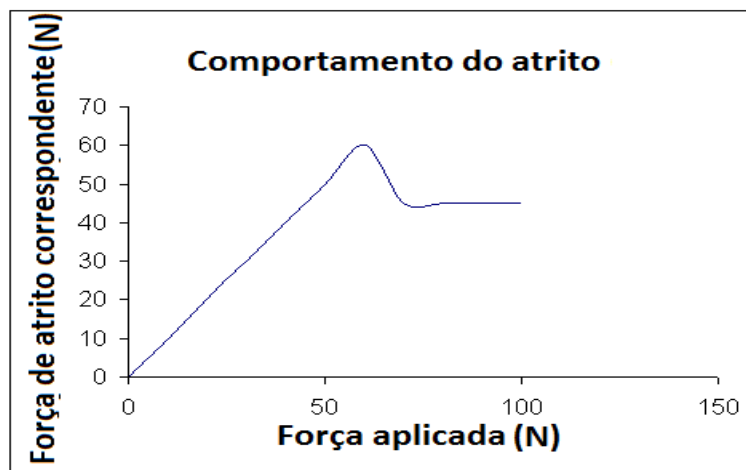
Esta questão busca verificar se o aluno compreendeu o conceito de equilíbrio aplicado a pontos materiais. Ele necessita perceber que, para que um ponto material esteja em equilíbrio, não necessariamente a velocidade deste ponto tem que ser zero em relação a um referencial fixo adotado.

TC 3 (Adaptado e traduzido de SEBASTIA, 1984): Um jogador de sinuca dá uma tacada numa bola com o objetivo de colocá-la em uma caçapa. Considere que a mesa de sinuca é perfeitamente lisa, isto é, não há atrito. Das alternativas abaixo, marque aquela que melhor representa a(s) força(s) que age(m) sobre a bola um pouco antes de chegar no alvo.



Esta questão visa a compreensão do aluno quanto o significado de força. Pode parecer óbvio, mas a maioria dos alunos pensa que, antes de a bola cair na caçapa, existe uma força que “empurra” a bola para dentro da caçapa. Porém a tacada age por um pequeno instante de tempo. Eles relacionam que, quanto maior a velocidade, maior a força, ou seja, como se $F = kv$, em que k seria uma constante (PEDUZZI, PEDUZZI, 1985).

TC 4: O gráfico abaixo mostra o comportamento típico do atrito entre um corpo qualquer e uma superfície qualquer. No eixo vertical temos os respectivos valores para a força de atrito, com a correspondente força aplicada na horizontal. Analise o gráfico e marque a resposta correta:

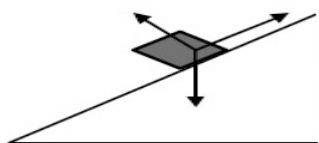


- A. entre 0 e 50 N de força aplicada, o corpo está se movendo com velocidade constante;
- B. o corpo inicia seu movimento quando a força de atrito vale aproximadamente 60 N;
- C. a força de atrito dinâmico atinge seu valor máximo em aproximadamente 60 N;
- D. o corpo inicia seu movimento quando a força de atrito se torna constante;
- E. o eixo vertical se refere apenas à força de atrito estático.

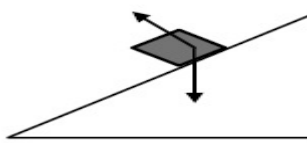
O TC 4 exige interpretação do gráfico e conhecimento básico sobre a força de atrito. Ele terá que observar que, até um dado ponto, a força de atrito aumenta e, depois, ela cai para um valor constante. Sabendo que a força de atrito estático age até a eminência do movimento, ele deverá interpretar que, pelo gráfico, o valor para a força de atrito estático máximo ocorre por volta de 60 N. Logo este valor cai e fica constante, quando entra em ação o atrito dinâmico e o corpo começa a se mover.

TC 5 (Adaptado e traduzido de SEBASTIA, 1984): Nas figuras abaixo, marque aquela que melhor representa a (s) força (s) que age (m) sobre o objeto quando ele inicia seu movimento na superfície áspera da figura abaixo:

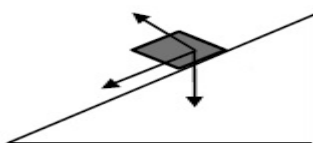
A.



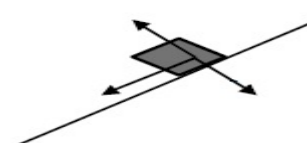
B.



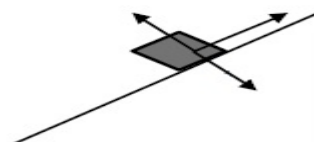
C.



D.



E.



Nesta questão, o aluno necessita saber corretamente a decomposição de forças aplicadas em um corpo localizado num plano inclinado, além de identificar as forças que estão agindo sobre o corpo (força peso) e as componentes das forças que o plano exerce sobre o corpo (força normal e força de atrito).

2.2 EQUILÍBRIO DE FORÇAS

Nesta parte da matéria, como os alunos já sabiam o conceito de força e como decompor um vetor representado por uma força qualquer, foram feitas aplicações de forças em situação de equilíbrio. Propõe-se estudar, neste capítulo, o equilíbrio de um ponto material, corpo rígido e corpo extenso.

TC 6: Do ponto de vista de um sistema físico, equilíbrio é:

- A. a condição necessária para o corpo ficar parado;***
- B. a condição necessária na qual as forças que atuam no sistema se compõem de maneira com que o corpo altere seu estado de movimento ou repouso;***
- C. a condição necessária na qual as forças que atuam no sistema se compõem de maneira a não provocar alteração em seu estado de movimento ou repouso;***
- D. a condição necessária para fazer com que o corpo continue em movimento acelerado;***
- E. nenhuma das questões acima está correta.***

Esta questão exige que o aluno saiba o conceito de equilíbrio corretamente. Algumas respostas são semelhantes, exigindo também uma comparação e interpretação das opções.

TC 7: Querendo-se arrancar um prego com um martelo, conforme mostra a figura, qual das forças indicadas (todas elas de mesma intensidade) será mais eficiente?

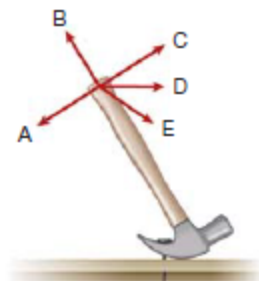


Figura 2: TC 7

- A. A;**
- B. B;**
- C. C;**
- D. D;**
- E. E.**

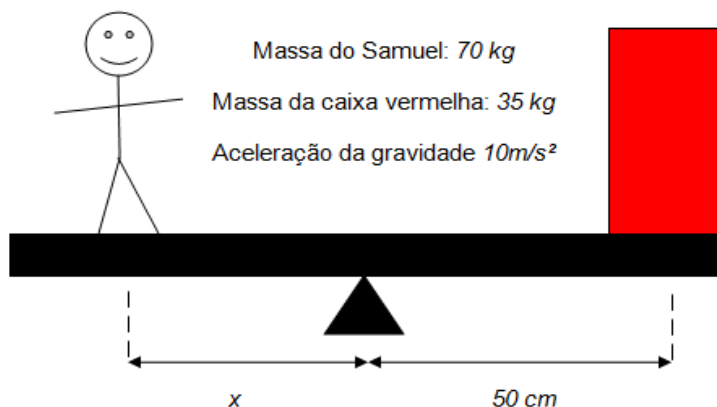
Nesta questão, o aluno necessita identificar quais das forças produziria maior *torque* (ou *momento* de uma força) para arrancar o prego com maior eficiência.

TC 8: Para que três forças se equilibrem:

- A. elas deverão ter necessariamente a mesma intensidade;**
- B. elas certamente terão a mesma direção;**
- C. elas deverão formar ângulos iguais entre si;**
- D. elas serão obrigatoriamente paralelas;**
- E. elas deverão ser coplanares.**

Para resolver esta questão, o aluno necessita compreender que a única situação em que três forças se equilibrem é quando elas pertencem a um mesmo plano.

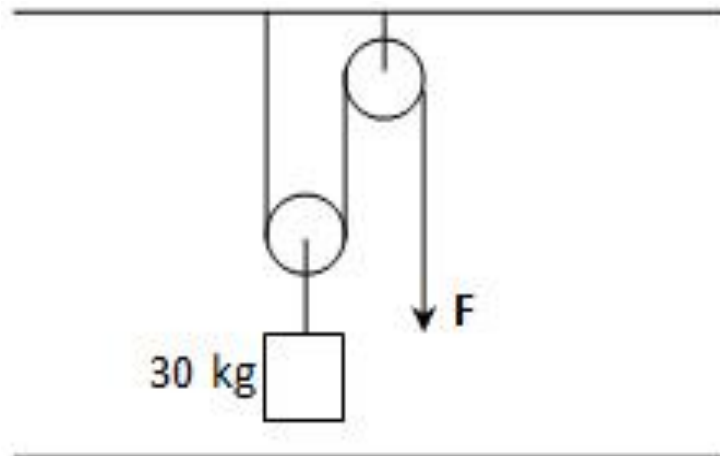
TC 9: Na figura abaixo, qual a distância mínima que Samuel precisa ter, em relação à caixa vermelha, para que a barra se mantenha em equilíbrio?



- A. 25 cm;
- B. 50 cm;
- C. 75 cm;
- D. 100 cm;
- E. 125 cm.

Esta é a primeira questão que envolve cálculos. O cálculo é simples, porém o aluno necessita compreender que não é só o valor de "x" que ele precisa encontrar. Ele precisa associar esse valor à distância do ponto de apoio à caixa.

TC 10 (Adaptado traduzido de MAZUR, 1997): Na figura abaixo, uma força F é exercida com o objetivo de sustentar um objeto de 30 kg. Considerando desprezível a massa dos fios e que $g = 10\text{m/s}^2$, qual o valor de F ?



- A. 50 N;
- B. 100 N;
- C. 125 N;
- D. 150 N;
- E. 200 N.

Esta questão envolve cálculos simples envolvendo roldanas, aplicação direta da primeira Lei de Newton. Como base para esta questão, o aluno precisa saber representar corretamente as forças que estão agindo no sistema através de um diagrama de forças.

2.3 NEWTON E SUAS LEIS

Este capítulo talvez seja o mais importante do conteúdo. Os dois primeiros capítulos estudados anteriormente, segundo o livro texto, são para dar uma base sólida para a compreensão da Leis de Newton (PIETROCOLA et. al, 2011). Neste capítulo, serão estudadas as Leis de Newton, com

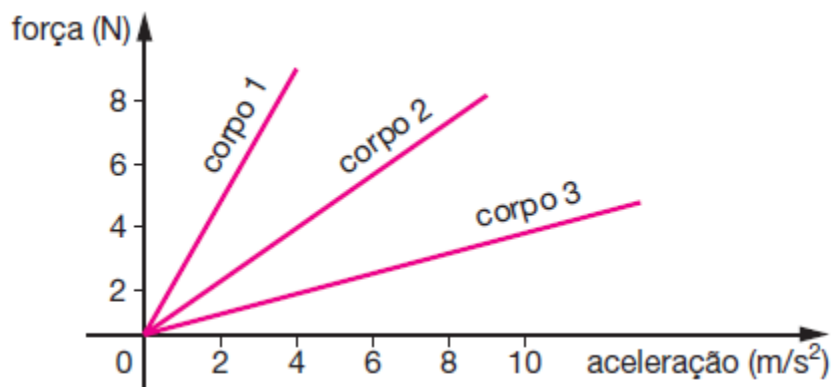
aplicações diárias e alguns cálculos numéricos, onde não preferi aprofundar, pois não é o objetivo do curso e nem do método *Peer Instruction* (MAZUR, 1997).

TC 11: Sobre Inércia, analise as afirmativas abaixo e marque a correta:

- A. a Inércia é a condição necessária para o corpo ficar parado;**
- B. a Inércia é a razão pela qual um objeto continua em movimento, sem a atuação de forças, mas não tem importância se o corpo estiver parado;**
- C. a Inércia é um tipo especial de força restauradora, forçando o corpo a permanecer em seu estado de movimento ou repouso;**
- D. a Inércia é uma propriedade do corpo em resistir às mudanças de movimento. Ela (a inércia) faz um corpo continuar em repouso ou em movimento retilíneo uniforme, a menos que uma força resultante não nula mude essa condição;**
- E. a Inércia é uma propriedade do corpo em resistir às mudanças de movimento. Ela (a inércia) faz um corpo continua em repouso ou em movimento retilíneo uniforme, mesmo que uma força resultante não nula mude essa condição.**

A questão é básica e apenas cobra do aluno que ele saiba o que é *Inércia*. Esta questão exige também um pouco de raciocínio do aluno, pois as alternativas são acompanhadas de justificativas, cabe ao aluno avaliar quais são falsas e qual é verdadeira.

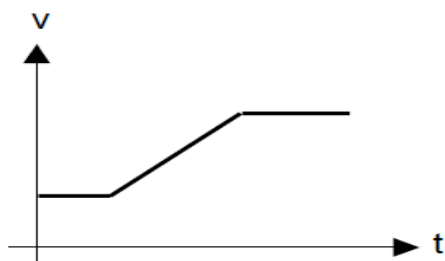
TC 12: (UFPI) A figura abaixo mostra a força em função da aceleração para três diferentes corpos 1, 2 e 3. Sobre esses corpos é correto afirmar:



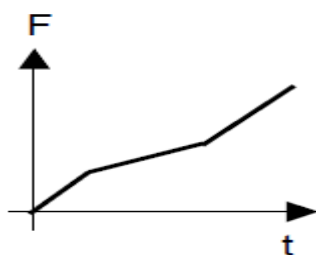
- A. O corpo 1 tem a menor inércia.**
- B. O corpo 3 tem a maior inércia.**
- C. O corpo 2 tem a menor inércia.**
- D. O corpo 1 tem a maior inércia.**
- E. O corpo 2 tem a maior inércia.**

Essa questão exige do aluno que, além de compreender o significado de *inércia*, ele compreenda também que a *inércia* é uma forma de "medir" sua massa, logo, a reta com maior inclinação indica o corpo com maior massa (a massa pode ser identificada no gráfico, numericamente, como a *tangente* do ângulo entre a força e a aceleração).

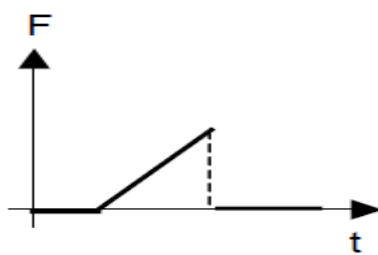
TC 13 (Adaptado de BARBETA, YAMAMOTO, 2002): No gráfico abaixo é mostrada a velocidade de um objeto em função do tempo. Qual dos gráficos abaixo mostra a melhor relação entre a força resultante e o tempo?



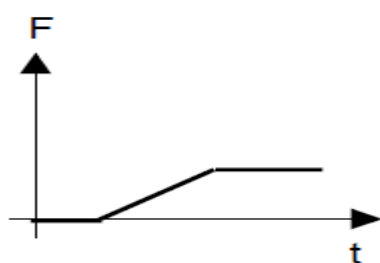
A.



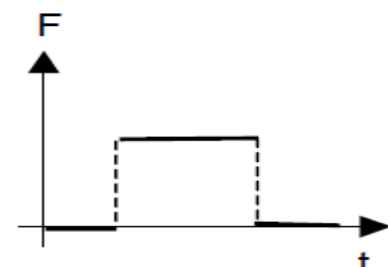
B.



C.



D.

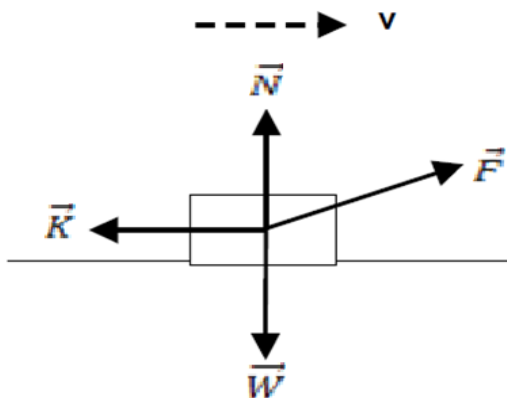


E. N.D.A.

O TC 13 exige interpretação do gráfico. Espera-se que o aluno já saiba a definição de aceleração, atendo-se ao gráfico. Se a velocidade é constante,

logo não há aceleração. Então a força resultante associada é zero, e vice versa. Esta associação é importante, pois ajudará a compreender problemas envolvendo aplicações diretas das Leis de Newton.

TC 14 (Adaptado de BARBETA, YAMAMOTO, 2002): *Yara puxa um bloco com velocidade constante através de uma superfície horizontal rugosa, aplicando uma força \vec{F} . As setas no diagrama indicam corretamente as direções, mas não necessariamente os módulos, das várias forças sobre o bloco. Qual das seguintes relações entre os módulos das forças \vec{W} , \vec{K} , \vec{N} , e \vec{F} deve ser verdadeira?*



- A. $|\vec{F}| = |\vec{K}|$;
- B. $|\vec{F}| = |\vec{K}|$ e $|\vec{N}| > |\vec{W}|$;
- C. $|\vec{F}| > |\vec{K}|$ e $|\vec{N}| < |\vec{W}|$;
- D. $|\vec{F}| > |\vec{K}|$ e $|\vec{N}| = |\vec{W}|$;
- E. Nenhuma das alternativas anteriores.**

Esta questão exige conhecimento sobre decomposição de vetores, aliada à identificação de forças. Em problemas semelhantes encontrados na literatura (BARBETA, V. B., YAMAMOTO I.; FILHO, A. R., PENA, F. L. A), é verificado que o aluno não compreende corretamente como se decompõe

forças, levando à interpretações errôneas, que, neste caso, está concentrada na proposição de que a força normal é sempre igual à força peso.

TC 15: Ademilson, um dos maiores jogadores da história do Tupi, chuta uma bola em direção ao gol com uma força de 200 N, da horizontal para a direita. A reação:

- A. tem módulo de 200 N, da horizontal para a esquerda, aplicada no pé do jogador;**
- B. tem o valor de -200 N, da horizontal para a direita, aplicada no pé do jogador;**
- C. tem módulo nulo, da horizontal para a esquerda, aplicada no pé do jogador;**
- D. tem módulo maior que 200 N, da horizontal para a direita, aplicada no pé do jogador;**
- E. tem módulo maior que 200 N, da horizontal para a esquerda, aplicada no pé do jogador.**

A questão tem por objetivo exigir do aluno a compreensão correta da segunda e terceira *Lei de Newton*, através da identificação das forças atuantes na bola. Foi relacionada à questão um fato corriqueiro do cotidiano dos alunos, um simples jogo de futebol.

2.4 ENERGIA E TRABALHO

Esta parte da matéria estuda as formas de energia envolvidas no dia a dia e suas possíveis transformações. O livro texto enfatiza a construção do conceito de energia e seus aspectos históricos. Enfatiza também o *Teorema do Trabalho Energia*.

TC 16: Em qual situação o trabalho realizado por uma força F sobre um corpo é igual a zero?

- A. Quando a aceleração do corpo for constante;**
- B. quando a força aplicada fizer um ângulo de 90° com a direção do deslocamento;**
- C. quando a força aplicada fizer um ângulo de 0° com a direção do deslocamento;**
- D. quando a força aplicada for menor que o peso do corpo;**
- E. o trabalho de uma força nunca será igual a zero.**

Esta primeira questão se refere ao conceito de trabalho realizado por uma força F qualquer. Ela exige que o aluno consiga compreender o caso em que uma força F não realiza trabalho, ou seja, quando o vetor F faz um ângulo de 90° com a direção do deslocamento.

TC 17: (INATEL) Num experimento de mecânica, um carrinho desce um plano inclinado e continua movendo-se por um plano horizontal. O carrinho possui um pequeno tanque cheio de tinta, que vaza por um pequeno furo na sua parte inferior, com as gotas caindo em intervalos de tempos iguais. Desprezando-se a resistência do ar, e possíveis forças de atrito no eixo do carrinho, podemos afirmar, a respeito da posição das gotas de tinta deixadas na superfície pela qual o carrinho se move (desconsiderando qualquer tipo de resistência), que elas:

- A. estarão igualmente espaçadas durante todo o trajeto;**
- B. estarão aumentando suas distâncias na descida e permanecerão igualmente espaçadas na horizontal;**
- C. estarão aumentando suas distâncias tanto na descida quanto na horizontal;**
- D. estarão diminuindo suas distâncias na descida e aumentando na horizontal;**
- E. estarão diminuindo suas distâncias tanto na descida quanto na horizontal.**

Nessa questão, o aluno precisa identificar que, na descida do plano inclinado, sua velocidade aumenta com o tempo, logo, os espaços entre as gotas aumenta, enquanto que na horizontal a velocidade do carrinho permanecerá constante, pois não há nenhum tipo de força resistiva.

TC 18 (FUVEST) *Um ciclista desce uma ladeira, com forte vento contrário ao movimento. Pedalando vigorosamente, ele consegue manter a velocidade constante. Pode-se então afirmar que a sua:*

- A. energia cinética está aumentando;***
- B. energia cinética está diminuindo;***
- C. energia potencial gravitacional está aumentando;***
- D. energia potencial gravitacional está diminuindo;***
- E. energia potencial gravitacional é constante.***

Essa questão exige que o aluno tenha compreendido corretamente o conceito de *conservação de energia*.

TC 19 (ENEM 1998): *A figura abaixo mostra o esquema de funcionamento de uma hidrelétrica. Quais são as possíveis transformações de energia, baseando-se na figura?*

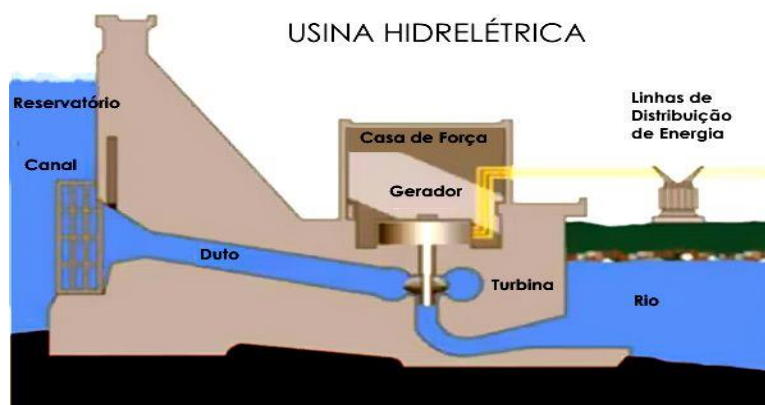


Figura 3: Esquema de funcionamento de uma usina hidrelétrica. Imagem extraída de:
<http://www.portalsaofrancisco.com.br/alfa/energia-hidreletrica/Energi31.jpg>

A. cinética - potencial - elétrica;

B. química - cinética – elétrica

C. cinética - elástica - elétrica;

D. potencial - cinética - elétrica;

E. potencial - química - elétrica.

Esta questão trata novamente de *conservação de energia*, puramente conceitual. Ele precisa identificar as possíveis transformações de energia envolvidas na figura.

TC 20 (Adaptado e traduzido de MAZUR, 1997): Um corpo A tem massa m e um corpo B tem massa $4m$. Para que a energia cinética do corpo A seja igual à do corpo B, a velocidade de A tem que ser:

A. a metade da velocidade de B;

B. igual à velocidade de B;

C. um quarto da velocidade de B;

D. o dobro da velocidade de B;

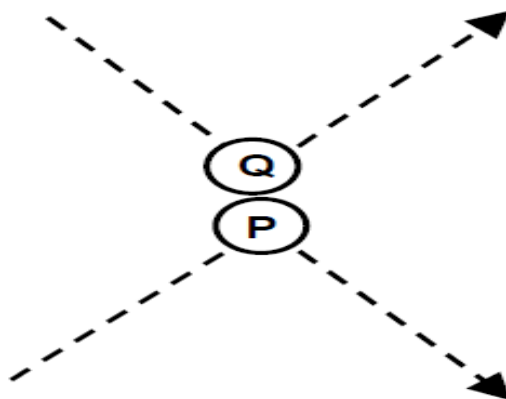
E. quatro vezes maior que a velocidade de B.

Esta questão envolve pequenos cálculos de *energia cinética* e relações de proporcionalidade. Ele precisa calcular a energia cinética de um dos corpos e, em seguida, igualá-las para descobrir a velocidade do outro corpo.

2.5 QUANTIDADE DE MOVIMENTO E IMPULSO

Este capítulo tem por objetivo introduzir a conservação da *quantidade de movimento*, os fenômenos envolvidos com tal conservação e os tipos de colisões entre os corpos, evidenciando o significado físico das grandezas envolvidas.

TC 21 (Adaptado de BARBETA, YAMAMOTO, 2002): O diagrama abaixo indica as trajetórias de duas bolas de aço, P e Q, que colidem. Qual das setas representa melhor a direção da variação do momento linear (quantidade de movimento) de cada bola?



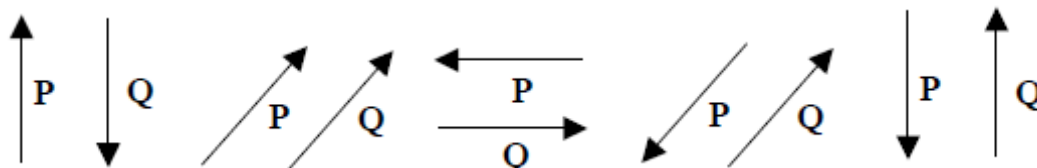
A.

B.

C.

D.

E.



A questão acima se refere à colisão entre dois corpos, exigindo do aluno conhecimento sobre decomposição de vetores envolvendo a resultante da quantidade de movimento na colisão. Sugere-se que o professor faça um esquema da colisão no quadro.

TC 22 (Adaptado de BARBETA, YAMAMOTO, 2002): Ainda em referência à figura da questão anterior, qual das setas abaixo melhor representa a direção do impulso aplicado à bola Q pela bola P durante a colisão?

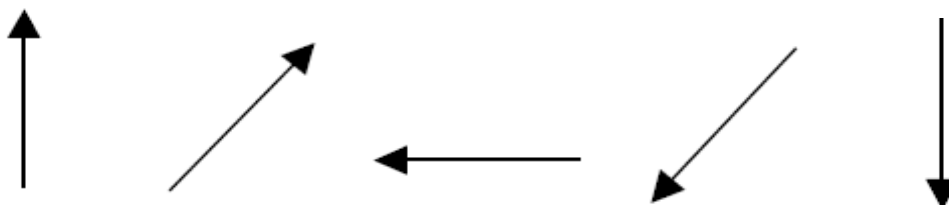
A.

B.

C.

D.

E.



Esta questão é similar à TC 22, exigindo conhecimento sobre decomposição de vetores, mas ligados ao conceito de *impulso* no momento da colisão. Sugere-se ao professor evidenciar o caráter vetorial do impulso e sua relação com força.

TC 23 (FUVEST) Uma partícula se move com velocidade uniforme v ao longo de uma reta e choca-se frontalmente com outra partícula idêntica, inicialmente em repouso. Considerando o choque elástico e desprezando atritos, podemos afirmar que, após o choque:

- A. as duas partículas movem-se no mesmo sentido com velocidade $v/2$;**
- B. as duas partículas movem-se em sentidos opostos com velocidades $-v$ e $+v$;**
- C. a partícula incidente reverte o sentido do seu movimento, permanecendo a outra em repouso;**
- D. a partícula incidente fica em repouso e a outra se move com velocidade v ;**
- E. as duas partículas movem-se em sentidos opostos com velocidades $-v$ e $2v$.**

Essa questão exige que o aluno compreenda que, em um choque perfeitamente elástico, com partículas idênticas, em que uma esteja parada e a outra em movimento, há "troca" de velocidades.

TC 24 (Adaptado e traduzido de MAZUR, 1997): Uma bola de massa m é disparada em direção a uma outra bola de massa $2m$, que inicialmente está em repouso. Após a colisão, elas ficam grudadas. A bola de massa m , após a colisão, em relação à bola de massa $2m$, adquire:

- A. maior energia cinética e maior quantidade de movimento;**
- B. maior energia cinética e menor quantidade de movimento;**
- C. menor energia cinética e menor quantidade de movimento;**

D. menor energia cinética e maior quantidade de movimento;

E. nada, pois a energia cinética e a quantidade de movimento se mantiveram constante.

Esta questão também envolve *quantidade de movimento* e *conservação de energia*. Esta questão envolve poucos cálculos, pois o aluno precisa comparar a situação da bola de massa m antes e depois da colisão, em termos de energia cinética.

TC 25 (Adaptado e traduzido de MAZUR, 1997): Em uma colisão entre de dois corpos, a energia cinética é conservada somente:

A. quando suas massas forem iguais;

B. quando a colisão for perfeitamente inelástica;

C. quando a colisão for perfeitamente elástica;

D. quando suas velocidades forem iguais;

E. ela nunca é conservada.

Esta questão envolve novamente a relação entre *quantidade de movimento* e *conservação de energia*, em uma situação em que a energia cinética é conservada a partir de uma colisão.

3. QUESTIONÁRIOS

Os questionários foram elaborados de acordo com o *JiTT* (NOVAK, 1999), com o objetivo de fazer com que o aluno leia diversas vezes o livro e, em alguns casos, busque informações em outras fontes. O questionário cobra uma linha de raciocínio coerente com o que foi lido no material, não precisando, necessariamente, estar correto. Sugere-se que o professor anule os questionários que contenham cópias de outras fontes. Sugere-se também que o professor aplique um questionário por conteúdo.

Questionário 1 (Q1) - Investigando a Ação das Forças

A matéria correspondente ao questionário a ser respondido encontra-se entre as páginas 194 e 217 do livro adotado neste trabalho.

Questão 1 - Nos átomos que compõem o seu livro de Física, existem milhões e milhões de forças empurrando e puxando as moléculas. Por que essas forças nunca se somam para formar uma resultante em uma certa direção, fazendo com que seu livro acelere "espontaneamente"?

Questão 2 - O livro texto fala sobre vários tipos de forças. Quais delas estão mais presentes em seu dia a dia? JUSTIFIQUE falando sobre a força e a situação em que ela se aplica.

Questão 3 - Do material marcado para estudo, qual foi o ponto mais obscuro, ou difícil? Não mencione meramente uma página, seção, ou o nome de um assunto. Explique precisamente o que você vê de confuso, ou difícil.

Questionário 2 (Q2) - Equilíbrio

A matéria correspondente ao questionário a ser respondido encontra-se entre as páginas 230 e 241.

Questão 1 - Um objeto pode NÃO estar em equilíbrio mesmo se o somatório de todas as forças resultantes sobre ele for zero? Explique.

Questão 2 - O que é mais fácil: carregar um balde de água cheio em uma das mãos ou dividir a mesma quantidade de água em dois baldes, carregando os baldes nas duas mãos? Explique.

Questão 3 - Do material marcado para estudo, qual foi o ponto mais obscuro, ou difícil? Não mencione meramente uma página, seção, ou o nome de um assunto. Explique precisamente o que você vê de confuso, ou difícil.

Questionário 3 (Q3) - Newton e suas Leis

A matéria correspondente ao questionário a ser respondido encontra-se entre as páginas 262 e 272

Questão 1 - Uma bola que rola ao longo de um piso não se mantém assim indefinidamente. Isso ocorre por que ela sempre busca um lugar de repouso ou por que alguma força está sendo exercida sobre ela? Caso houver tal força, identifique-a.

Questão 2 - Quando uma pessoa salta de um degrau em uma escada em direção ao solo, ela "puxa" a Terra para cima? Em caso afirmativo, por que esta aceleração não é "sentida" pela pessoa?

Questão 3 - Do material marcado para estudo, qual foi o ponto mais obscuro, ou difícil? Não mencione meramente uma página, seção, ou o nome de um assunto. Explique precisamente o que você vê de confuso, ou difícil.

Questionário 4 (Q4) - Energia e Trabalho

A matéria correspondente ao questionário a ser respondido encontra-se entre as páginas 57 e 84 (volume 2).

Questão 1 - Identifique os principais tipos de energia (e suas transformações) envolvidas no seu dia a dia, do acordar ao dormir novamente. Explique cada transformação detalhadamente.

Questão 2 - Se um caminhão e um Fusca movem-se com a mesma energia cinética, você pode dizer qual deles é mais veloz? Explique em termos da definição de Energia Cinética.

Questão 3 - Do material marcado para estudo, qual foi o ponto mais obscuro, ou difícil? Não mencione meramente uma página, seção, ou o nome de um assunto. Explique precisamente o que você vê de confuso, ou difícil.

Questionário 5 (Q5) - Quantidade de Movimento e Impulso

A matéria correspondente ao questionário a ser respondido encontra-se entre as páginas 118 e 142 (volume 2).

Questão 1 - Imagine que você está navegando em uma canoa no rio Paraibuna. Ao chegar próximo à terra firme, você se desloca para a proa (parte dianteira de uma embarcação) da canoa e pula em direção à margem. Mas você cai na água. Por que isso aconteceu? **JUSTIFIQUE** sua resposta.

Questão 2 - Quem tem maior quantidade de movimento: um caminhão parado ou uma formiga em movimento? Por quê? **JUSTIFIQUE** sua resposta.

Questão 3 - Do material marcado para estudo, qual foi o ponto mais obscuro, ou difícil? Não mencione meramente uma página, seção, ou o nome de um assunto. Explique precisamente o que você vê de confuso, ou difícil.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, I. S.; MAZUR, E., **Instrução pelos colegas e ensino sob medida: uma proposta para o engajamento dos alunos no processo de ensino aprendizagem em física.** Cad. Bras. Ens. Fís., v. 30, n. 2: p. 362-384, ago. (2013).

BARBETA, V. B.; YAMAMOTO I., **Dificuldades conceituais em Física apresentadas por alunos ingressantes em um curso de engenharia.** Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 24, no. 3, Setembro, (2002).

CROUCH, C. H.; FAGEN, A. P. and MAZUR, E., **Peer Instruction: Results from a Range of Classrooms,** Harvard University, 9 Oxford Street, Cambridge, MA 02138, (2002).

CROUCH, C. H.; FAGEN, A. P., MAZUR and WATKINS, J., **Peer Instruction: Engaging Students One-on-One, All At Once,** University, Cambridge, MA 02138, (2007).

CROUCH, C. H.; MAZUR, E., **Peer Instruction: Ten years of experience and results,** Am. J. Phys. 69 (9), September (2001).

CUMMINGS, K. and ROBERTS S. G., **A Study of Peer Instruction Methods with High School Physics Students,** Physics Education Research Conference, 1064: 103-106 (2008).

FERNANDES, S. A., **Um estudo sobre a consistência de modelos mentais sobre mecânica de estudantes de ensino médio.** 2011. 212 f. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, (2011).

FILHO, A. R.; PENA, F. L. A., **Relação entre a pesquisa em ensino de física e a prática docente: dificuldades assinaladas pela literatura nacional da área.** Cad. Bras. Ens. Fís., v. 25, n. 3: p. 424-438, dez. (2008).

LASRY, N., **Clickers or Flashcards: Is There Really a Difference?,** Phys. Teach 46, 242, (2008).

LASRY, N.; MAZUR, E. and WATKINS, J., **Peer instruction: From Harvard to the two-year college**, Am. J. Phys. 76 _11_, November (2008).

MAZUR, E., **Peer Instruction: A User's Manual**, Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, (1997).

MÜLLER, M. G., **Metodologias interativas na formação de professores de física: um estudo de caso com o *peer instruction***. 2013. 226 f. Dissertação (Mestrado Acadêmico em Ensino de Física) – Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, (2013).

NOVAK, G., **Just-In-Time Teaching: Blending Active Learning with Web Technology**, Addison-Wesley, NY, (1999).

OLIVEIRA, V., **Uma proposta de ensino de tópicos de eletromagnetismo via instrução pelos colegas e ensino sob medida para o ensino médio**. 2012. 236 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, (2012).

PEDUZZI, L. O. Q.; PEDUZZI S. S., **Força no movimento de projéteis**. Cad. Cat. Ens. Fis., Florianópolis, 2(3): 114-127, dez. (1985).

PIEKARZ, A, H. *et al*, **Adaptação e validação de um teste diagnóstico de concepções espontâneas em mecânica**. In: Simpósio Nacional de Ensino de Física, 15. 2003. Atas do XV Simpósio Nacional de Ensino de Física. Curitiba : CEFET-PR, 2003. p. 542-551. 1 CD-ROM. (2003)

PIETROCOLA, M.; POGIBIN, A.; ANDRADE, R.; ROMERO, T. R., **Física em contextos: pessoal, social e histórico**. São Paulo: FTD, (2011). v.1, 2. SEBASTIA, J. M., **Fuerza y movimiento: la interpretacion de los estudiantes**, Enseñanza de las Ciencias, pp. 161-169, (1984).

ROSSO, Ademir J.; TAGLIEBER, José E., **Métodos ativos e atividades de ensino**. Perspectiva 17, 1992, pp. 37-46. Disponível em <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/perspectiva/article/download/9147/10689>> Acesso em: 25 dez. (2014).

APÊNDICE A: RESPOSTAS DOS TESTES CONCEITUAIS

Testes conceituais	Respostas
TC 1	D
TC 2	A
TC 3	B
TC 4	D
TC 5	B
TC 6	C
TC 7	C
TC 8	C
TC 9	C
TC 10	D
TC 11	D
TC 12	D
TC 13	D
TC 14	C
TC 15	A
TC 16	B
TC 17	B
TC 18	D
TC 19	D
TC 20	D
TC 21	E
TC 22	A
TC 23	D
TC 24	D
TC 25	C

APÊNCIDE B: AVALIAÇÕES TRIMESTRAIS

1ª AVALIAÇÃO DE FÍSICA DO TERCEIRO TRIMESTRE - 10 PONTOS

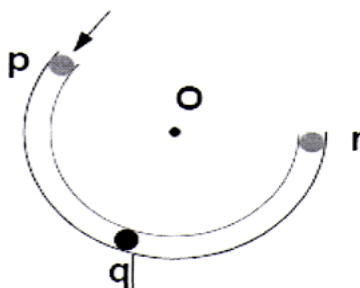


Colégio de Aplicação
João XXIII

NOME:

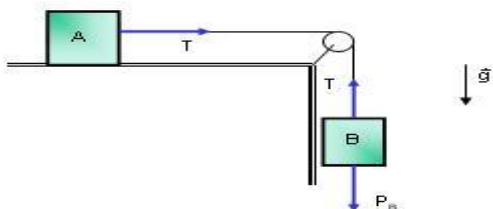
NÚMERO:

1 – A figura abaixo mostra um tubo sem atrito na forma de um segmento de círculo com centro em “O”. O tubo encontra-se preso a uma mesa horizontal sem atrito. O observador olha a mesa de cima. As forças exercidas pelo ar são insignificantes. Uma esfera é disparada a alta velocidade no tubo em “p” e sai em “r”. Considere as seguintes forças distintas:



1. Uma força para baixo devido à gravidade.
2. Uma força exercida pelo tubo que aponta de “q” para “O”.
3. Uma força no sentido do movimento.
4. Uma força que aponta de “O” para “q”.

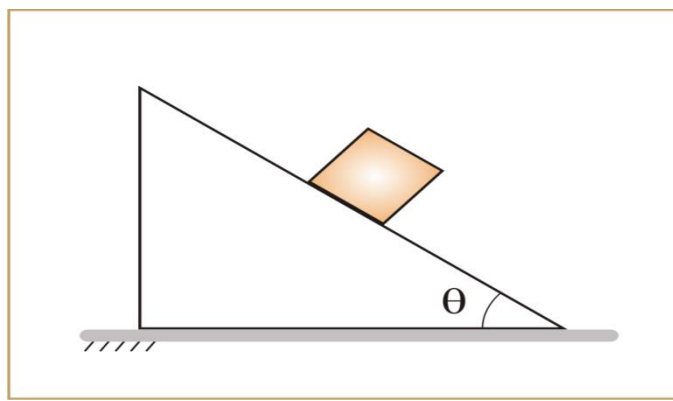
3 – A figura representa dois corpos A e B, ligados entre si por um fio flexível que passa por uma polia P. Despreze os atritos, a massa do fio e da polia. Sabe-se que a intensidade da força de tensão do fio é 5,0 N e a massa do corpo A é de 2,0 kg. Adote $g = 10 \text{ m/s}^2$.



a) Qual o módulo da aceleração do sistema e a massa do corpo B?

b) Determinar o módulo, a direção e o sentido da resultante das forças exercidas pelo fio sobre a polia.

4 – Um bloco de massa de 4,0 kg é abandonado num plano inclinado de $\theta = 37^\circ$ com a horizontal com o qual tem coeficiente de atrito 0,25, de acordo com a figura abaixo. Qual sua aceleração, em m/s^2 ? **Dados:** $g = 10 \text{ m/s}^2$; $\text{sen } 37^\circ = 0,60$; $\text{cos } 37^\circ = 0,80$.



Boa Sorte

2ª AVALIAÇÃO DE FÍSICA DO TERCEIRO TRIMESTRE - 10 PONTOS



NOME:

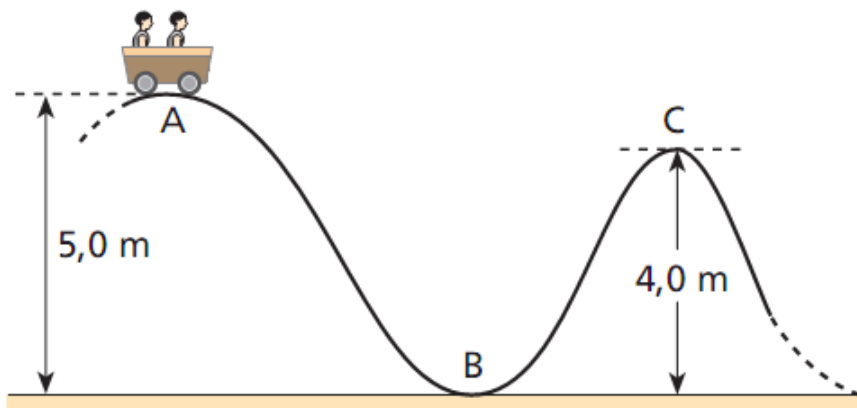
NÚMERO:

1 – Se um caminhão e um Fusca movem-se com a mesma energia cinética, você pode dizer qual deles é mais veloz? Explique em termos da definição de Energia Cinética.

2 – Um jogador de vôlei realiza um saque perfeito. Ao realizar o saque sobre a bola, de massa 400 g, o jogador, durante um tempo de 0,16 segundo, aplica sobre a bola uma força de 100 N. Determine o módulo da velocidade da bola imediatamente após a aplicação dessa força.

--

3 – Numa montanha-russa, um carrinho com 300 kg de massa é abandonado do repouso de um ponto A, que está a 5,0 m de altura. Supondo que os atritos sejam desprezíveis e que $g = 10 \text{ m/s}^2$, calcule:



a) o valor da velocidade do carrinho no ponto B;

b) a energia cinética do carrinho no ponto C, que está a 4,0 m de altura.

4 – Um projétil com velocidade de 500m/s e massa $0,05\text{kg}$ atinge horizontalmente um bloco de madeira de massa $4,95\text{ kg}$, em repouso sobre um plano horizontal sem atrito, e nele se aloja.



Determine com que velocidade o conjunto bala bloco se moverá após o choque.

Boa Sorte