



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
Instituto de Física
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física
Mestrado Profissional em Ensino de Física
Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física



**UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA INSPIRADA NA APRENDIZAGEM BASEADA
EM EQUIPES VOLTADA PARA O ENSINO MÉDIO**

Thiago Nascimento Higino da Silva

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Instituto de Física, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientadora:
Marta Feijó Barroso

Rio de Janeiro
Agosto de 2018

UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA INSPIRADA NA ARENDIZAGEM BASEADA EM
EQUIPES VOLTADA PARA O ENSINO MÉDIO.

Thiago Nascimento Higino da Silva

Orientadora:
Marta Feijó Barroso

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Instituto de Física, da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada por:

Dra. Marta Feijó Barroso (Presidente)

Dr. Alexandre Lopes de Oliveira

Dr. Antonio Carlos Fontes dos Santos

Dr. Germano Maioli Penello

Rio de Janeiro
Agosto de 2018

FICHA CATALOGRÁFICA

S586a Silva, Thiago Nascimento Higino da
Uma sequência didática inspirada na Aprendizagem Baseada em Equipes voltada para o ensino médio/ Thiago Nascimento Higino da Silva - Rio de Janeiro: UFRJ / IF, 2018.
f.147
Orientadora: Marta Feijó Barroso
Dissertação (mestrado) – UFRJ / Instituto de Física / Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, 2018.

1. Ensino de Física. 2. Aprendizagem ativa. 3. Aprendizagem baseada em equipes. 4. Resolução de problemas. 5. Ensino sob medida. I. Barroso, Marta Feijó, orient. II. Título

Dedico a meus pais

Agradecimentos

Em primeiro lugar agradeço a meus pais, que com todas as dificuldades sempre lutaram para que eu tivesse condições para estudar.

Gostaria de agradecer a minha orientadora Marta Feijó Barroso por toda ajuda e incentivo durante a produção deste trabalho e pelas excelentes aulas das disciplinas de Aprendizagem em Física que contribuíram muito para minha formação como professor.

Também agradeço à minha namorada Thamires pela grande ajuda durante a confecção dos cartões resposta e por estar sempre ao meu lado ajudando e incentivando nos momentos difíceis. Você é especial.

Aos meus companheiros de mestrado que foram fundamentais durante esta jornada, ajudando durante as dificuldades e que me propiciaram excelentes trocas de ideias durante os tradicionais açáís nos intervalos entre as aulas.

A todos os amigos que sempre me incentivaram a prosseguir, em especial ao grande amigo Leandro Almeida pelo incentivo e ajuda durante a aplicação das atividades.

Por fim, aos estudantes da 3ª série do Colégio Pedro II, campus Duque de Caxias, que contribuíram com este trabalho participando com dedicação das atividades desenvolvidas.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

RESUMO

UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA INSPIRADA NA APRENDIZAGEM BASEADA EM EQUIPES VOLTADA PARA O ENSINO MÉDIO.

Thiago Nascimento Higino da Silva

Orientadora:
Marta Feijó Barroso

Resumo da Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Instituto de Física, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Este trabalho desenvolve e aplica uma sequência didática baseada na metodologia Aprendizagem Baseada em Equipes (*Team-Based Learning*) em conjunto com o Ensino sob Medida (*Just-in-Time Teaching*) sobre os temas Estática e Hidrostática para turmas de Ensino Médio. A sequência foi desenvolvida a partir de concepções que os alunos possuem sobre os assuntos e que estão descritas na literatura da área, e aplicada em uma escola da rede pública federal da região da Baixada Fluminense do Estado do Rio de Janeiro em turmas de 3ª série. Um questionário foi aplicado aos alunos com o objetivo de captar suas impressões sobre as aulas. As respostas a este questionário e as impressões do professor foram utilizadas para avaliar a sequência. No geral os resultados obtidos foram positivos. Ocorreu aumento expressivo da participação e engajamento dos alunos durante as aulas e o ambiente criado nas equipes foi considerado agradável e se mostrou propício a discussões sobre física. Dessa forma conclui-se que a adaptação desta metodologia para o referido contexto é viável e se mostrou uma boa alternativa para o ensino de física. Os materiais instrucionais associados a este trabalho são constituídos de uma sequência didática sobre Estática dos Sólidos e dos Líquidos, e uma sequência didática sobre Movimento Circular e Torque que foi aplicada como atividade piloto anteriormente.

Palavras-chave: Ensino de Física, Aprendizagem ativa, Aprendizagem baseada em equipes, Resolução de problemas, Ensino sob medida.

Rio de Janeiro
Agosto de 2018

ABSTRACT

A TEAM-BASED LEARNING TEACHING SEQUENCE APPLIED TO HIGH SCHOOL STUDENTS

Thiago Nascimento Higino da Silva

Supervisor:
Marta Feijó Barroso

Abstract of master's thesis submitted to Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Instituto de Física, Universidade Federal do Rio de Janeiro, in partial fulfillment of the requirements for the degree Mestre em Ensino de Física.

In this work, the development and application of a didactic sequence based on the Team-Based Learning methodology in conjunction with Just-in-time Teaching in a high school context is presented. The physics subjects are static and hydrostatic. The sequence was developed taking into account the conceptions that students possess about these subjects described in Physics Education literature, and applied in 12th grade classes in a federal public school of Duque de Caxias, in Rio de Janeiro state. A questionnaire was applied to the students in order to capture their impressions about the classes. Responses to this questionnaire and teacher impressions were used to evaluate the sequence. The overall results were positive. There was a significant increase in the participation and engagement of the students during the classes and the environment created in the teams was considered pleasant and adequate to discussions about physics. Thus, this work provides evidence that the adaptation of this methodology to high school is feasible and has proved to be a good alternative for physics teaching. The instructional materials associated with this work are composed of a didactic sequence on Statics of Solids and Liquids, and a didactic sequence on Circular Motion and Torque.

Keywords: Physics education, Active Learning, Team Based Learning, Problem Solving, Just in Time Teaching

Rio de Janeiro
August of 2018

Sumário

Capítulo 1.	Introdução	1
Capítulo 2.	Aprendizagem ativa	3
	2.1. Sala de Aula Invertida	4
	2.2 Instrução pelos Colegas – Peer Instruction	5
	2.3. Ensino sob medida– Just in Time Teaching	6
	2.4. Aprendizagem por Equipes - Team-Based Learning	7
	2.4. Diferentes metodologias ativas aplicadas em conjunto	11
Capítulo 3.	Concepções dos alunos sobre os temas abordados	12
	3.1. Torque e Equilíbrio	12
	3.2. Hidrostática	16
Capítulo 4.	A resolução de situações problema nas aulas de Física	20
	4.1. Situação Problema	20
	4.2. Como orientar os alunos para a resolução	23
Capítulo 5.	A sequência	25
	5.1 Atividade Piloto	25
	5.2 A escola	28
	5.3 Caracterização das Turmas	29
	5.4 Preparação das equipes	30
	5.5 A sequência	32
	5.6 A Fase de Preparação	33
	5.7 A Fase de Aplicação	34
Capítulo 6.	Impressões sobre a aplicação	37
	6.1 A participação nas aulas	40
	6.2 O ambiente nas equipes	42
	6.3 A Responsabilidade com a própria aprendizagem	46
	6.4 A Aprendizagem dos conteúdos	49
	6.5 O Comprometimento com as atividades	56
Capítulo 7.	Considerações Finais	59
	Referências Bibliográficas	62
Apêndice A.	Resolução de Problemas Baseado em Equipe: uma Sequência Didática	64
Apêndice B.	Sequência Didática baseada na Aprendizagem por Equipes para o Ensino de Movimento Circular e Torque	107
Apêndice C.	Depoimentos dos alunos sobre a atividade	138

Capítulo 1

Introdução

Na década de 90, as pesquisas em ensino de física começam a indicar que aulas em que o aluno tem posição passiva são menos eficazes para produzir ganhos na aprendizagem quando comparadas a metodologias em que o aluno tem maior engajamento [Hake 1998]. Nesse contexto, passa-se a considerar fundamental a participação maior do aluno como sujeito ativo do processo de ensino-aprendizagem, construindo seu conhecimento por meio de discussões, deixando de lado o processo de memorização e passando para o processo de entendimento [Barros 2004].

A partir da criação dos Parâmetros Nacionais Curriculares (PCN) para o Ensino Médio, em 1998, sugere-se a necessidade da contextualização do ensino de Física. O ensino médio deveria assumir o papel de qualificar o aluno para o exercício da cidadania, e desse modo torná-lo um ser crítico em sociedade, capaz de comunicar-se, argumentar, e, ao se deparar com problemas, compreendê-los e enfrentá-los apresentando propostas embasadas em seu conhecimento científico [Brasil 2002].

Dessa forma entende-se que aulas de física devem deixar de privilegiar a memorização de fórmulas para incentivar um pensamento crítico. Estimular discussões entre os estudantes sobre os conceitos abordados ao invés de mantê-los em posição de ouvintes. E propor situações problema para que possam utilizar o conhecimento que possuem para buscar soluções e aprender ainda mais com a troca de informações e argumentação sobre estas soluções.

Este trabalho se propõe a investigar a viabilidade da adoção de uma metodologia ativa (inspirada na Aprendizagem Baseada em Equipes) quando aplicada no ensino de física em turmas de ensino médio. Também pretende-se apresentar uma sequência didática sobre os temas de Estática e Hidrostática, que possa ser utilizada por outros professores que desejem implementar princípios de aprendizagem ativa em suas aulas.

Para isso primeiramente foi feito um levantamento sobre trabalhos que relatam a utilização de metodologias ativas de aprendizagem em aulas de física, e este levantamento está apresentado no Capítulo 2.

Foi feita uma busca na literatura de pesquisa em ensino de Física a respeito das concepções que os estudantes possuem sobre os conteúdos trabalhados, Estática e Hidrostática, e um resumo é apresentado no Capítulo 3

No Capítulo 4, discute-se como elaborar e aplicar em sala de aula sequências didáticas usando técnicas de resolução de problemas, a partir da proposição de situações-problema.

Em seguida, no Capítulo 5, discute-se a sequência, apresentando as características da escola e das turmas onde foram aplicadas

No Capítulo 6, faz-se o relato das impressões que o professor e os alunos apresentaram em relação às atividades. Esse relato utiliza resultados de questionário e dos trabalhos apresentados pelos estudantes e as anotações do professor. É esse relato que serve de base para a avaliação feita sobre a aplicação da sequência.

No Capítulo final, apresentam-se as considerações finais. Concluiu-se que a metodologia utilizada apresentou bons resultados no que se refere à participação e engajamento dos estudantes, em relação ao ambiente colaborativo criado entre os participantes das equipes. Foi possível perceber que os alunos durante as atividades utilizaram os conceitos trabalhados de forma cientificamente correta. As notas das turmas em que a sequência foi aplicada não apresentaram diferenças significativas quando comparada às notas de uma quarta turma que não passou pela aplicação e realizou prova idêntica ao fim do semestre.

Foram elaborados materiais instrucionais para os estudantes, que estão apresentados nos Apêndices A (a sequência didática sobre Estática dos Sólidos e dos Líquidos) e B (a sequência utilizada na atividade piloto, sobre Movimento Circular e Torque).

Capítulo 2

Aprendizagem ativa

Na década de 90 Richard R. Hake [Hake 1998] desenvolve uma pesquisa a partir das respostas de 6542 alunos ao *Force Concept Inventory* (FCI), ao *Mechanics Diagnostic* (MD) e *Mechanics Baseline Test* (MBT) com o objetivo de identificar se o envolvimento interativo dos alunos durante a aula aumenta a eficácia dos cursos de mecânica básica. A pesquisa se baseia nas respostas de estudantes de 60 cursos introdutórios diferentes de disciplina de mecânica básica; dentre eles estavam alunos de *High School* (o equivalente ao ensino médio no Brasil) e também de estudantes de graduação.

Hake (1998) define Métodos de Engajamento Interativo (EI) como sendo aqueles que foram planejados para promover compreensão conceitual por meio de atividades feitas pelo estudante do tipo mão na massa ou atividades práticas, que produzem um *feedback* por via de discussão com seus colegas ou com instrutores. Em todos os níveis de instrução pesquisados, as instituições que ofereçam aulas a partir de metodologias EI foram as que obtiveram um maior ganho de aprendizagem na comparação entre os testes pré e pós instrução.

Além disso, foi possível perceber que existia grande correlação entre o ganho na aprendizagem obtido por alunos que passaram por cursos de caráter de EI e as respostas nos FCI, MD e MBT. Esse resultado é curioso, tendo em vista que o FCI e o MD são testes baseados em conceitos e o MBT exige um maior raciocínio matemático por parte dos alunos. Isso parece indicar que as atividades EI também são mais eficazes para aumentar a capacidade dos alunos em resolução de problemas que exigem formalismo matemático, e não apenas na aprendizagem de conceitos.

O que Hake chamou de Engajamento Interativo será chamado no presente trabalho de Aprendizagem Ativa. Com as constatações feitas por Hake (1998) surge uma tendência no Ensino de Física, a de serem estabelecidas metodologias que permitam e incentivem uma maior participação dos alunos durante as aulas. Serão descritas algumas dessas metodologias a seguir.

2.1. Sala de Aula Invertida

Segundo Oliveira, Solano e Veit (2016a), a metodologia da Sala de Aula Invertida é uma das formas de criar um ambiente de aprendizagem ativa que tem tido destaque nos últimos anos. Nela, os alunos devem ter um contato prévio com os conteúdos que serão trabalhados em sala, o que pode ser feito por meio de textos, mídias digitais, ou qualquer instrumento. Em sala os alunos têm que se envolver em atividades colaborativas, como resolução de problemas, experimentos, projetos, simulações de computadores ou qualquer outra atividade que os permita trabalhar o conteúdo estudado previamente.

Para os autores [Oliveira 2016a], esse método ressignifica o papel do professor, que deixa de ser transmissor de conhecimento e passa a ter papel de mediador. Dessa forma, fica responsável por preparar materiais educacionais e situações que permitam a aprendizagem do conteúdo desejado. O tempo gasto com a exposição verbal e apresentação de soluções de exercícios repetitivos pode ser então gasto com outras atividades que propiciem um melhor aprendizado.

Nesse cenário, os alunos adquirem maior responsabilidade sobre seu aprendizado e também pelo aprendizado de seus colegas. Já que no mundo atual o acesso ao conhecimento científico é muito facilitado pela internet e pelos smartphones, eles não precisam do professor para relatá-lo para eles. Mas precisam do professor para direcioná-los sobre onde procurar informações, tirar suas dúvidas e para auxiliá-los na resolução das atividades.

Também é importante destacar que as diferenças entre os alunos podem ser melhor trabalhadas com essa perspectiva de aula, já que o primeiro contato do aluno com o conteúdo é individual: ele pode levar o tempo que desejar para seguir em frente e avançar para o próximo conceito. Em uma aula expositiva, porém, é o professor que escolhe o ritmo com que os conceitos serão apresentados, não respeitando a individualidade de cada um.

Existem diversas formas para “inverter a sala de aula”; alguns métodos já são utilizados com frequência no ensino de ciências no exterior e têm apresentado bons resultados. A seguir descreveremos rapidamente alguns destes métodos de mais simples aplicação e sobre os quais já existem relatos de utilização no ensino de Física.

2.2. Instrução pelos Colegas – Peer Instruction

O método *Peer Instruction* (PI), ou Instrução pelos Colegas, foi criado pelo professor da Universidade de Harvard, Eric Mazur, e está baseado na mudança do foco das aulas. A aula deixa de ser centrada na exposição de temas por parte do professor e, com esta metodologia, passa a ser preponderantemente uma discussão de ideias e conceitos pelos próprios alunos. Mazur (1999) percebeu que as suas aulas exclusivamente expositivas não eram tão eficientes, já que ele distribuía notas de aula e o que fazia em sala era basicamente repetir o que estava escrito em suas notas. Após ser questionado por estudantes, fez uma pesquisa e constatou que de fato, os alunos que liam o material previamente não obtinham ganho significativo com suas aulas; buscando melhorar este panorama chegou ao PI.

A metodologia consiste em disponibilizar um material prévio para o aluno de forma que ele se apresente à aula já tendo estudado o conteúdo; assim o processo em sala será dividido em rodadas onde acontecem rápidas exposições teóricas pelo professor e logo em seguida a aplicação de pequenos testes conceituais. É na aplicação destes testes que a interação entre os alunos acontece; os alunos são instruídos a primeiramente responder as questões sozinhos sem consultar os colegas. Após essa rodada de respostas, o professor incentiva que os alunos procurem um colega que marcou uma alternativa diferente da sua e convença-o de que a sua resposta é a correta. [Araujo e Mazur 2013].

Ao tentar justificar a validade de suas respostas, os alunos precisam argumentar com base nos conceitos que estão sendo trabalhados. Isto permite que raciocinem criticamente sobre suas respostas e da mesma forma escutem argumentos contrários de seus colegas que os farão criar explicações para as questões. Então, após essa rodada de discussão, mais uma vez o professor pede que os alunos votem nas respostas que julgam ser as corretas e então, na maioria dos casos, é possível perceber a mudança nas respostas.

Para que a interação entre os alunos aconteça de forma construtiva é necessário que parte considerável da turma tenha acertado a questão. Sendo assim, se o índice de acerto individual em uma questão do teste for muito baixo, o criador do método recomenda que o professor, ao invés de abrir uma rodada de discussão, explique a resposta da pergunta e em seguida utilize uma outra pergunta diferente da anterior, mas que avalie o mesmo conteúdo.

No Brasil já existem muitos relatos de utilização dessa metodologia no ensino de Física. Seu foco é a aprendizagem de conceitos, mas pode perfeitamente ser utilizada em conjunto com outra metodologia. Para que o professor tenha acesso às respostas de cada aluno às questões, pode-se utilizar um sistema de cartões para a votação, ou ainda aplicativos como o Plickers¹ que, com o auxílio do celular do professor e alguns cartões impressos, pode fazer a estatística das respostas rapidamente.

2.3. Ensino sob medida – Just-in-Time Teaching

Esta metodologia proposta por Gregor Novak juntamente outros pesquisadores [Novak 1999 apud Araujo e Mazur 2013] tem o objetivo de fazer com que a aula seja direcionada para um trabalho mais específico com cada turma, levando em consideração suas particularidades. Para isso o professor deve tomar ciência dos conhecimentos dos alunos e dessa forma preparar as atividades que serão desenvolvidas em sala de aula a partir destes conhecimentos.

Segundo Araújo e Mazur (2013), o *Just in Time Teaching* (JTT), ou Ensino sob Medida, é dividido três etapas. A primeira é chamada de Tarefa de Leitura (TL) e é encarada como uma preparação para aula presencial; nela o professor deve indicar o material prévio, que pode ser um texto, um vídeo, um conjunto de sites, entre outros, e criar um questionário que os alunos devem responder após a utilização do material. As respostas devem ser enviadas eletronicamente para o professor num prazo estipulado (o prazo deve ser suficiente para que o professor as analise e planeje a aula a partir delas).

Na segunda parte os professores devem utilizar as questões das TLs em sala e transcrever as respostas dos alunos que tenham potencial para provocar as discussões dos assuntos que serão abordados durante a aula, alinhando a discussão de forma a questionar e colocar as concepções alternativas em conflito e assim mostrar que elas não se sustentam. É importante tomar cuidado ao se referir às respostas dos alunos para não constrangê-los.

A terceira parte do processo seria de atividades em grupo durante a aula, que devem estimular o pensamento crítico e a argumentação. Araújo e Mazur (2013) relatam que estas atividades dependem da estrutura da escola, número de alunos e uma

¹ O Plickers é um aplicativo que pode ser instalado em celulares e permite que as respostas dos alunos sejam recolhidas com a utilização da câmera do celular e de cartões resposta. Possui uma plataforma online onde o professor pode criar turmas e colocar as questões que utilizará em sala. O programa fornece também as estatísticas de acertos em cada questão. <https://www.plickers.com/>

série de fatores deste tipo. Mas ressaltam que o importante é que as exposições orais por parte do professor sejam curtas e sempre intercaladas com atividades colaborativas ou do tipo “mãos-na-massa”. Ainda é recomendado que após a aula os estudantes recebam outros questionários para responder eletronicamente, os chamados “*puzzles*”. Estes devem conter questões intrigantes sobre o conteúdo trabalhado e preferivelmente com uma mudança de conceito para permitir que o professor perceba como o aluno está lidando com o que foi aprendido.

Existem alguns trabalhos que utilizam este método em conjunto com o *Peer Instruction*; como exemplo, Araujo e Mazur (2013) analisam uma aplicação. Apesar de terem sido criados independentemente um do outro, eles se complementam e podem fazer parte de uma mesma sequência didática.

2.4. Aprendizagem por Equipes – Team-Based Learning

Oliveira, Araújo e Veit (2016b) propõem a Aprendizagem Baseada em Equipes ou *Team-Based Learning* (TBL) como uma metodologia que permite a abordagem de problemas que exigem um maior raciocínio matemático por parte dos alunos, uma alternativa para o PI e o JTT que a princípio são desenvolvidos para abordar conceitos de física básica. Para os autores, o trabalho em grupos favorece o processo de aprendizagem, já que propicia discussões estimulando a argumentação e ainda permite resolver problemas mais complexos quando comparado com atividades individuais.

O método utiliza a resolução de problemas em equipes, mas para isso garante que os alunos executem uma preparação individual prévia e baseada em *feedbacks* instantâneos [Michaelsen 2014]. As equipes devem ser permanentes e se auto gerenciar, o que para Michaelsen et al (2014) é o que diferencia esta metodologia de outras formas de aprendizagem ativa. Assim a ideia é que o aluno se sinta responsável por sua própria aprendizagem e pela dos colegas.

A formação das equipes é um dos pontos principais para a metodologia TBL. As equipes não são simples grupos, já que necessitam de alto nível de comprometimento individual e confiança entre os membros [Oliveira 2016b]. Michaelsen et al (2014) recomendam que estas equipes devem conter em torno de 6 alunos selecionados pelo professor de forma a ser um grupo heterogêneo no que se refere a desempenho na disciplina, aspectos culturais, interesse, conhecimentos prévios e outros fatores, de forma a ter equipes equilibradas quando ao nível de interatividade. As equipes devem

ser planejadas para trabalharem em longo prazo, já que serão permanentes ao longo do curso. Michaelsen et al (2014) sugerem ainda que os possíveis subgrupos pré-existent, como amizades, devem ser evitados em uma mesma equipe, para que o risco de assuntos paralelos às discussões seja minimizado.

Na fase de Preparação, o professor deve disponibilizar um material para que o aluno estude previamente, de forma a chegar à aula já com conhecimento sobre o tema. Assim no início da aula os estudantes passam pelo teste de preparação individual em que respondem algumas questões de múltipla escolha sobre o material já estudado. Em seguida é aplicado o teste de preparação em equipe, que é idêntico ao individual só que agora deve ser feito em conjunto com a equipe; dessa forma as discussões serão mais produtivas uma vez que os estudantes já pensaram sobre as questões previamente.

Como forma de dar um *feedback* instantâneo sobre as conclusões dos grupos, Oliveira, Araújo e Veit (2016b) utilizaram cartões no estilo raspadinha². Estes cartões são diferentes daqueles em que o estudante apenas marca a alternativa que julga ser correta. Os alunos tinham que raspar tinta sobre a alternativa que achavam ser a correta; se encontrassem uma estrela eles estavam certos, se não encontrassem deveriam discutir e procurar a resposta certa novamente. Os estudantes têm oportunidade de interpor um recurso se não concordarem com a formulação da questão ou duvidarem da resposta.

A fase de Aplicação consiste em uma série de tarefas em equipe que podem ser resolução de problemas, desenvolvimento de projetos, atividades computacionais, experimentais e ainda problemas que envolvam a tomada de decisão. Os autores (Oliveira 2016b) recomendam que sigam quatro princípios: deve-se garantir que o problema seja significativo para os estudantes, as equipes devem fazer todas o mesmo problema para que as respostas sejam comparadas e discutidas, todos os problemas propostos devem exigir uma escolha ou resposta, e a simultaneidade das respostas deve ser garantida para que os alunos não sejam influenciados pelas respostas das outras equipes

A Tabela 2.1 apresenta um resumo sobre as atividades que os alunos fazem em casa e em aula, nas fases de Preparação e Aplicação em um módulo da metodologia TBL.

Oliveira, Araújo e Veit (2016b), ao aplicar o TBL, utilizaram ao mesmo tempo o JTT. Dessa forma as atividades em sala sempre eram acompanhadas de exposições

² No apêndice A é explicado como esses cartões podem ser produzidos.

breves por parte do professor. Também utilizaram as Tarefas de Leitura (TL) com questões sobre o conteúdo como parte da fase de Aplicação. As respostas dos alunos às questões presentes na TL eram utilizadas pelo professor em sala durante sua exposição inicial. A justificativa para a adoção de tais práticas foi de tornar a explanação do professor mais direcionada para as dúvidas e dificuldades que os alunos mostraram durante a TL.

	Em casa	Em aula
Preparação	Estudo Prévio sobre o conteúdo da aula seguinte	Teste de Preparação Individual (TPI) Teste de Preparação em Equipe (TPE)
Aplicação	Tarefa individual	Resolução de Problemas em equipe (RPE) Discussão sobre as soluções entre as equipes

Tabela 2.1. Representação de um módulo do TBL.

No presente trabalho também optou-se pela utilização do JTT e do TL em conjunto, porém com algumas diferenças quando comparado com o que foi feito por esses autores. Como o contexto do ensino médio é diferente do de um curso superior de física, algumas alterações foram feitas, também influenciadas por observações durante a aplicação de uma atividade piloto no mesmo modelo.

A avaliação neste método não deve ser feita exclusivamente por provas; critérios de participação e os raciocínios utilizados para responder às questões devem ser levados em consideração e não apenas a correção das respostas. É recomendado que parte do grau seja atribuída aos testes individual e por equipes, o que deixa claro para os alunos que se eles não fizerem as tarefas em casa estarão prejudicando toda sua equipe.

Também é recomendado fazer uma avaliação entre os colegas, que devem levar em consideração a preparação dos membros das equipes para a aula, a contribuição para as discussões e tarefas, o respeito demonstrado frente às ideias dos outros estudantes das equipes e a flexibilidade de seu colega para lidar com as discordâncias e conflitos.

O trabalho de Oliveira, Araújo e Veit (2016b) é a principal inspiração para a construção da sequência didática que será apresentada neste trabalho. Algumas modificações foram feitas: primeiro por causa do contexto do Ensino Médio ser diferente de uma disciplina de Física no ensino superior. Também foram feitas algumas

alterações a partir da aplicação de uma atividade piloto no ano de 2017, quando foram percebidas algumas características que serão relatadas na sequência.

Em resumo, as atividades que serão desenvolvidas na sequência didática, pelo professor e pelos alunos em cada módulo, estão na Tabela 2.2. Em uma coluna temos as tarefas feitas em casa e na outra o que será feito em aula. As atividades desenvolvidas, a quantidade de aulas utilizadas e outras informações da sequência serão detalhados no capítulo 5.

	Em Casa	Em Sala
Preparação	<ul style="list-style-type: none"> • Professor - Envia a Tarefa de leitura e algumas perguntas via formulário eletrônico. • Alunos – estudam a TL, respondem as questões e enviam suas respostas com antecedência para o professor 	<ul style="list-style-type: none"> • Professor – Faz uma explanação sobre o conteúdo da TL. Respondendo as questões e apresentando algumas das respostas dos alunos. • Alunos – tiram dúvidas, fazem o Teste de preparação Individual (TPI), fazem o teste de preparação em Equipe (TPE)
Aplicação	<ul style="list-style-type: none"> • Professor – Envia outra Tarefa de Leitura e um formulário • Alunos – estudam a TL, respondem o formulário e enviam suas respostas com antecedência. 	<ul style="list-style-type: none"> • Professor – Faz uma explanação sobre o conteúdo da TL e apresenta um problema • Alunos – resolvem o Problema para a Resolução em Equipe (PRE); Anotam as respostas em uma folha para entregar ao professor e utilizam quadros brancos para explicar sua solução para as outras equipes. Discutem e criticam as soluções obtidas pelas equipes.

Tabela 2.2: Representação de um módulo inspirado no TBL e no JTT que foi utilizado no presente trabalho.

2.5. Exemplo de uma disciplina usando metodologias ativas

Como exemplo da adoção de várias práticas de aprendizagem ativa, é possível destacar a que ocorreu na disciplina de Física I do Departamento de Física da Universidade Federal de Juiz de Fora em 2001 [Barros 2004]. Foi feita uma mistura de várias metodologias diferentes para reestruturar a disciplina. As aulas de 2h eram sempre divididas em 1h expositiva e 1h de atividades em grupo.

O período das aulas classificado como expositivo era constituído por práticas de *Peer Instruction* e do que foi chamado de Mini relatórios. Os estudantes tinham que entregar em alguns momentos das aulas pequenos relatórios de apenas um parágrafo onde respondiam questões do tipo: “qual foi o ponto principal da aula até agora?” e “o que ainda está não está claro para você nessa aula?”.

Já no período classificado como atividades em grupo, os estudantes eram divididos pelo professor em grupos fixos e heterogêneos de 4 a 5 pessoas e desenvolviam atividades do tipo resolução de problemas. Cada integrante do grupo assumia um papel (Líder, Anotador, Cético), e essa função era revezada a cada atividade. Cada grupo ganhava um quadro branco para que pudesse fazer cálculos, anotações ou explicar seu raciocínio. Neste período da aula também eram aplicadas atividades do tipo tutorial [McDermott 1998]. E dessa forma os estudantes eram confrontados com suas concepções alternativas.

Para avaliar os resultados da aplicação, foi utilizado o *Force Concept Inventory* (FCI) como pré-teste e pós-teste. Segundo os autores [Barros 2004], os resultados obtidos são melhores que os resultados que existem na literatura internacional da aplicação do FCI com a utilização de aulas somente expositivas. E também é superior ao resultado de uma aplicação na mesma universidade em um ano anterior quando não foram utilizadas metodologias ativas.

A aplicação de várias metodologias ativas na mesma disciplina do curso vem de encontro ao que se propõe no presente trabalho. Apesar de ter sido aplicado em um contexto de ensino superior, esta aplicação mostra que não é necessário reproduzir uma metodologia exatamente como foi desenvolvida para se obter bons resultados. Dessa forma não é entendido como um problema fazer uma adaptação da metodologia TBL em conjunto com a JTT para o contexto em que será utilizada neste trabalho.

No próximo capítulo, serão discutidos as concepções que os alunos possuem sobre os temas de física a serem abordados no trabalho.

Capítulo 3

Concepções dos alunos sobre os temas abordados

Neste capítulo são apresentadas algumas das concepções dos estudantes sobre os dois temas abordados neste trabalho, Estática e Hidrostática, que já foram relatadas na literatura referente à pesquisa em ensino de Física. Estas concepções foram consideradas como orientações para a abordagem a ser utilizada durante a produção do material instrucional. O material é composto pelas Tarefas de Leitura (TL) e os Testes de Preparação (TPI, Individuais; TPE, por Equipes) da fase de preparação, e dos problemas que foram utilizados na aula de Resolução de Problemas em Equipe (RPE). Todos estão apresentados no Apêndice A.

3.1. Torque e Equilíbrio

Rimoldini e Singh (2005), em uma pesquisa para identificar as concepções de estudantes sobre movimentos de rotação e rolamento, aplicaram um teste constituído por entrevistas e por perguntas de múltipla escolha. Nas entrevistas eram apresentadas situações em que corpos descreviam movimentos de rotação. Os alunos deviam fazer previsões sobre o que aconteceria e explicá-las. Já nas questões de múltipla escolha os alunos deveriam responder às perguntas e justificar seu raciocínio.

Com as entrevistas, os autores [Rimoldini 2005] perceberam que a diferença entre os conceitos de torque e força não é clara para os alunos. Em diversas situações a força resultante era associada à causa da rotação de um corpo; outros alunos utilizavam os conceitos como se fossem equivalentes. Problemas com o conceito de eixo de rotação e braço de alavanca também foram recorrentes. Por exemplo, muitos alunos lembravam de que o torque resultante é nulo em um corpo em equilíbrio, porém tentavam calcular o torque de diferentes forças em relação a diferentes pontos. Muitos alunos também não reconheciam a relação entre o torque e a aceleração angular; em algumas situações associaram inclusive um torque constante a uma velocidade constante. Essa é uma concepção muito comum na descrição do movimento retilíneo, na qual os alunos costumam associar a existência de movimento a uma força e a intensidade desta força à intensidade da velocidade do corpo e não à sua aceleração.

A diferença entre força e torque é abordada na TL que introduz o conceito de torque. Na mesma TL, existe a preocupação com a definição de braço de alavanca. São apresentadas situações em que forças de mesma intensidade possuem diferentes braços de alavanca em relação ao mesmo eixo de rotação. O conceito de aceleração angular não é abordado durante a sequência, já que o tema das aulas era a estática.

Arons (1997) relata que o conceito de torque para a muitos estudantes não é uma extensão simples que pode ser facilmente aprendida. Por isso recomenda a utilização da estratégia de se estabelecer primeiramente a ideia física da grandeza para depois nomeá-la. Dessa forma, sugere que a abordagem comece por uma prática de balanceamento de pesos com massas diferentes e colocados a diferentes distâncias. Assim, descreve como é possível fazer com que os alunos cheguem à condição de equilíbrio para o sistema, igualando o produto dos pesos por seus respectivos braços de alavanca. Neste ponto, a recomendação é que ocorra um diálogo com os estudantes com o objetivo de associar o produto de força por distância ao que ele chama de efeito de giro.

A proposta de utilizar o balanceamento de pesos diferentes colocados a diferentes distâncias é utilizada como uma das situações problema que os alunos terão que resolver em equipe na aula de Resolução de Problemas em Equipe (RPE); também está presente no formulário da primeira TL e na forma de questões conceituais dos testes de preparação.

Com o objetivo de identificar se estudantes compreendem as condições básicas para que corpos rígidos fiquem em equilíbrio, Ortiz, Heron e Shaffer (2005) conduziram uma pesquisa com estudantes de Física Básica da Universidade de Washington e de outras universidades. A pesquisa consistia na aplicação de um questionário e de entrevistas com os estudantes. As perguntas continham situações em que um corpo rígido era posto em equilíbrio, sustentado por uma base ou pivô. Os estudantes tiveram uma instrução prévia sobre o conteúdo de estática de sólidos, com aulas expositivas e práticas de laboratório. Após a análise dos resultados das entrevistas, foi desenvolvido um tutorial para tentar ajudar os alunos a aprofundar sua compreensão sobre os conceitos trabalhados nas perguntas.

Como o propósito deste trabalho [Ortiz 2005] era investigar os conhecimentos dos estudantes sobre o equilíbrio estático, parte de seus questionamentos envolvia o entendimento do conceito de centro de massa. Isso evidenciou uma confusão que os alunos fazem com este conceito, já que muitos associaram o centro de massa como sendo o “centro da massa”, dessa forma dividindo a massa ao meio. Também ficou

evidente que representar a força gravitacional como atuante em um único ponto não é de fácil entendimento para os alunos. Neste trabalho não há menção ao centro de gravidade.

Os estudantes ainda apresentaram grande dificuldade com a relação entre força e torque [Ortiz 2005]. Não conseguiram distingui-los satisfatoriamente e em certas ocasiões chegaram a tentar modificar o conceito de força para justificar uma contradição. Foi utilizado o argumento que um objeto mais distante do ponto de rotação se comportaria como um objeto “mais leve”. Algumas respostas ainda indicaram a crença na existência de uma situação natural de equilíbrio, o que para os autores mostrou incompreensão sobre como funciona o mecanismo de equilíbrio. Os autores ainda fazem alguns comentários sobre a persistência das concepções relatadas anteriormente mesmo após uma instrução tradicional.

Na primeira TL, existe a preocupação em diferenciar os conceitos de torque e força por meio da discussão do equilíbrio de um corpo sujeito a um binário de forças. É feita a discussão de que quando a resultante das forças é nula, nem sempre o equilíbrio é estabelecido. O conceito de centro de massa é abordado rapidamente, e o conceito de centro de gravidade é apresentado em maior detalhe. Esses conceitos são relevantes na resolução dos TPI e TPE. Na primeira atividade RPE, um dos problemas a ser resolvido pelos estudantes exige a identificação da posição do centro de gravidade. Na discussão com os alunos, utilizaram-se apenas corpos com simetrias bem definidas e corpos com distribuição de massa homogênea, por ser uma primeira abordagem do tema.

Em resumo, serão utilizadas aqui as recomendações dos autores; como estas recomendações influenciaram a abordagem e os materiais produzidos neste trabalho estão apresentados na Tabela 3.1.

Concepções e Recomendações	Como foi utilizado neste trabalho
Diferenciar torque e força [Arons 1997; Rimoldini 2005]	<p>Na TL1 o texto abordará situações em que a força resultante é zero, porém o corpo gira.</p> <p>No formulário que acompanha a tarefa de leitura existe uma questão que aborda diferentes situações em que as mesmas forças (que se anulam) atuam sobre uma barra.</p> <p>No TPI 1 e TPE 1 existem problemas conceituais em que a força resultante é zero, porém o torque resultante não é nulo.</p>
Começar a definir torque a partir do balanceamento de pesos [Arons 1997]	<p>Ao tratar de equilíbrio na TL 1 será feita a abordagem do balanceamento de pesos no texto.</p> <p>Nos TPI e TPEs existem questões neste formato.</p> <p>A aula de RPE 1 é exatamente esta tarefa.</p>
Dificuldades em identificar o eixo de rotação e o braço de alavanca [Rimoldini 2005]	<p>A TL 1 faz a definição de braço de alavanca.</p> <p>No questionário da TL 1 há uma questão com forças que possuem diferentes braços de alavanca.</p> <p>No TPI 1 questões abordam os efeitos de forças de mesmo módulo com braços de alavancas diferentes.</p>
Dificuldades com centro de massa [Ortiz 2005]	<p>A TL1 aborda o conceito de Centro de Gravidade.</p> <p>No TPI 1 e TPE 1 existem questões abordando o equilíbrio de corpos em que a posição do centro de massa é relevante.</p> <p>No RPE 1 também é relevante a posição do Centro de Massa.</p>

Tabela 3.1. Abordagem das concepções no material instrucional

3.2. Hidrostática

Sobre a compreensão do tema Pressão Hidrostática, Arons (1997) relata que não depende apenas da assimilação do conceito “força sobre área”. E aponta que um dos aspectos importantes é interpretação do “Princípio de Pascal” no sentido de que “A pressão em qualquer ponto de um fluido é a mesma em todas as direções”.

O autor propõe uma abordagem a partir de uma situação problema com uma mistura de dois líquidos em um recipiente que não possua seção transversal uniforme. Esta mistura, inicialmente homogênea, com o tempo iria se separando até estabelecer a configuração mostrada na figura. Dessa forma, o estudante deve ser questionado sobre o que ocorre com a pressão no fundo do recipiente durante este processo.

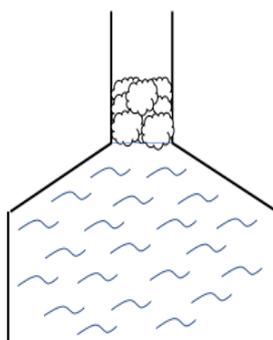


Figura 3.1. Recipiente de seção não uniforme preenchido com líquidos.

Arons (1997) relata que os estudantes de desempenho mais fraco em Física costumam dizer que não sabem responder a esta questão. Porém, segundo o autor, estudantes mais experientes e até mesmo alguns com formação em Física costumam afirmar que a pressão não irá mudar, já que o peso do líquido não muda.

Este raciocínio se mostra equivocado, uma vez que a densidade do líquido que está na parte mais fina do recipiente diminuiu; desta forma a pressão sobre os pontos do líquido em contato com as paredes inclinadas também diminuiu, o que acarreta uma força menor das paredes do recipiente sobre o líquido. Como a pressão no fundo do recipiente depende dessas forças, a pressão no fundo também irá diminuir.

Dessa forma, Arons (1997) recomenda que os alunos sejam orientados a fazer o diagrama de forças que atua sobre líquidos em recipientes cilíndricos e em recipientes de paredes inclinadas. No trabalho apresentado aqui, os autores deste trabalho pensam que esta proposta funciona melhor em turmas que já tenham alguma compreensão sobre

o assunto; portanto, a proposta de construção de diagramas de força será utilizada durante a sequência e não como forma de introduzir o conceito.

Para investigar as concepções e raciocínios a respeito de fluidos e pressão hidrostática, Besson (2004) desenvolve uma pesquisa que envolve quase 1000 estudantes da Itália e da Bélgica e ainda alguns professores recém-formados. Partiu de uma pesquisa anterior que indicou algumas hipóteses sobre as dificuldades dos alunos e o principal raciocínio conectado a estas dificuldades. O autor construiu um questionário que tinha como objetivo colocar as ideias dos alunos em situação crítica e assim gerar uma contradição entre elas e a resposta correta. A partir da análise respostas e de justificativas utilizadas pelos alunos, Besson (2004) apresenta algumas das concepções mais comuns presentes na estrutura cognitiva dos estudantes.

Sobre o tema pressão em fluidos, a pesquisa mostrou as concepções dos estudantes: que a pressão em um ponto de um fluido depende da profundidade ou da elevação local (no caso de uma caverna submersa, a profundidade, ou elevação, do corpo em relação ao interior da caverna e não a todo o líquido); que a pressão depende apenas da quantidade de água acima deste ponto; e que a pressão é maior em locais fechados/ apertados.

Para o autor [Besson 2004], as duas primeiras concepções se associam ao pensamento de que apenas o peso do fluido cria a pressão ponto logo abaixo, o que dá ao fluido um papel ativo de “empurrar”. Já a terceira concepção certas vezes é justificada com uma interpretação errada de o que seria a área na expressão $P=F/A$. Utilizando esta interpretação estudantes afirmar que em locais pequenos, ou seja, onde a área da superfície é menor, a pressão é maior.

No mesmo trabalho foi possível perceber a dificuldade que os alunos possuem em entender a força que é resultado da pressão em um líquido. Muitos afirmam que a força exercida no fundo de um recipiente, aberto e cheio por um líquido, é exclusivamente a força peso do líquido, desprezando desta a forma a pressão atmosférica e ainda tendo problemas na hora de entender situações de paradoxo hidrostático, já que quantidades diferentes de líquido acarretariam em forças e pressões diferentes.

Os alunos também apresentaram dificuldades para relacionar as forças geradas pela pressão da água com o empuxo. Ao serem indagados sobre as forças atuantes na superfície de uma bola de futebol totalmente imersa em água, a maioria não conseguiu responder satisfatoriamente. Muitos relatam que só existem forças no eixo vertical,

outros dizem que as forças na vertical e nas laterais seriam todas iguais. Quando ao invés de uma bola o objeto era um balão no ar, outras dificuldades aparecem. Muitos dizem que apenas existirá força para baixo, ou seja, tratam o ar e a água de forma totalmente diferentes.

Essas constatações são fundamentais para o módulo de Hidrostática da sequência desenvolvida neste trabalho. Nas TLs, serão utilizadas questões semelhantes às que Besson (2004) utilizou em sua pesquisa. O objetivo é que os estudantes, ao tentar explicar seus raciocínios, apresentem concepções parecidas com as já relatadas pelo autor e desta forma possibilitem ao professor abordá-las durante as aulas de Preparação, utilizando as respostas dos alunos e mostrando as explicações adotadas pela comunidade científica para essas situações.

Sobre a dificuldade com a natureza da força de empuxo, que também foi constatada por Besson (2004), a TL sobre este tema apresentará a força de empuxo como resultado da diferença de pressão nas superfícies do objeto submerso. A estratégia escolhida parte da analogia que a pressão é determinada pela quantidade de colisões das moléculas do fluido com as faces do objeto.

Um assunto que não foi tratado na abordagem aqui apresentada foi o de equilíbrio de corpos flutuantes. A localização do centro de empuxo, definido como a localização do centro de gravidade da porção de fluido substituída pelo objeto flutuante [Nussenzveig 1981], não foi abordada nos materiais, embora em um dos problemas das aulas de RPE ele possa surgir durante as discussões.

Na Tabela 3.2, é mostrado um resumo das concepções que foram retiradas da literatura e como elas serão utilizadas no material instrucional.

No próximo capítulo, será discutida a metodologia de resolução de problemas em sala de aula.

Concepções e Recomendações	Como foi utilizado em nossa proposta
Dificuldades no paradoxo hidrostático [Besson 2004; Arons 1997]	Questões sobre o assunto no TPI 2 e TPE 2. Construção do diagrama de forças sobre líquidos em recipientes cilíndrico e de paredes inclinadas pelo professor durante sua exposição.
Pressão só depende do Peso do líquido acima [Besson 2004]	Na TL 3 a definição de pressão é feita a partir do número de colisões de moléculas. Questões sobre o assunto no formulário da TL3. Questões sobre o assunto no TPI 2 e TPE 2.
Relacionar o empuxo com a diferença de Pressão [Besson 2004]	Na TL 4 o empuxo é apresentado como resultado da diferença de pressão (colisões) sobre um corpo submerso. Questões sobre o assunto no TPI 3 e TPE 3.

Tabela 3.2. Concepções retiradas da literatura e como foram abordadas.

Capítulo 4

A resolução de situações problema nas aulas de Física

Na fase de aplicação da sequência didática produzida, apresentada neste trabalho, existe um momento de resolução de problemas em equipe. Neste momento são apresentadas situações problema para que os estudantes, em equipe, discutam, criem hipóteses e cheguem a uma solução.

É comum que os professores de física considerem o desempenho de seus alunos na resolução de problemas como insatisfatório. E associem as dificuldades dos alunos a problemas com a interpretação dos enunciados, à falta de conhecimentos matemáticos, à não compreensão dos conceitos necessários, entre outros. A forma de abordagem dos problemas pelos professores não costuma ser apontada como origem da dificuldade dos alunos.

Para que essa atividade de resolução de problemas seja bem sucedida, a seguir será caracterizado o que o autor entende como uma situação problema e apresentada a abordagem que parece ser a mais adequada para a apresentação destas situações, com base em trabalhos existentes sobre o assunto relatados na literatura da área de Ensino de Física.

4.1. Situação Problema

Peduzzi (1997) chama de situação problema um cenário em que a solução não é automática para um indivíduo que tenta resolvê-la, ou seja, exige-lhe reflexão e tomada de decisão. Seu objetivo ao estabelecer esta definição é fazer uma distinção entre problema e exercício. O exercício é aquele em que a solução é imediata, geralmente por causa de sua prática continuada, e dessa forma não exige nenhum novo conhecimento ou habilidade.

Como destaca Perez (1992), esta diferença não está simplesmente atrelada à dificuldade; depende do conhecimento e das experiências prévias de quem se dispõe a resolvê-lo. Peduzzi (1997) também aponta que esta separação é muito tênue, e assim depende do indivíduo, podendo uma mesma tarefa se apresentar como um problema genuíno para um aluno e um simples exercício para outro.

Peduzzi (1997) lembra que é comum que os professores de Física tratem de situações problema como exercícios durante sua resolução. Na maioria das vezes as soluções das tarefas já são de conhecimento do professor, não lhe exigindo nenhuma habilidade nova, então o problema para ele se transforma em um simples exercício. Dessa forma, acaba por privilegiar a quantidade de resoluções frente à qualidade delas. Como destacam Clement e Terrazzan (2011), a prioridade acaba sendo a de resoluções mecânicas que não propiciam um pensamento reflexivo por parte dos alunos.

Para Perez (1992), a simples inclusão no enunciado de dados e de todas as condições como ponto de partida já exclui o caráter crítico do problema. Essas informações fazem com que o estudante seja obrigado a buscar equações matemáticas que resolvam o problema utilizando aquelas grandezas que foram fornecidas. E assim, segundo Perez (1992), nesta situação o estudante não cria hipóteses nem faz reflexões qualitativas. Recomenda que seja feita uma “tradução” de enunciados já existentes para torná-los mais abertos, retirando o excesso de informações e dados, assim permitindo que os alunos criem hipóteses e reflitam sobre o problema.

No presente trabalho, é adotada a definição de Peduzzi (1997) para situação problema e são utilizadas situações deste tipo na fase de aplicação (RPE) dos módulos da sequência didática. Perez (1992) tem alguma razão no sentido de que a existência de muitas informações no enunciado de um problema limita sua solução e reduz o potencial reflexivo da situação.

Porém entende-se que quanto mais aberto é o problema maior será o tempo necessário para resolvê-lo. Como trabalha-se com aulas de períodos não muito longos, e a resolução dos problemas não será a única atividade a ser desenvolvida, propõe-se que sejam escolhidos problemas num estilo que poderia ser denominado de *semiaberto*. Devem ser capazes de incentivar a reflexão e a criação de hipóteses por parte dos alunos, mas também é necessário que possam ser resolvidos no tempo disponível da aula.

Foram propostas situações em que os dados não são fornecidos diretamente no enunciado, mas sim como materiais que disponíveis para a resolução. Dessa forma, é possível controlar o leque de soluções possíveis para o problema e permitir que os alunos reflitam sobre que materiais utilizar dentro do que lhes foi fornecido, bem como pensar sobre como os utilizarão.

Por exemplo, a RPE do módulo I, apresentado na Figura 4.1, consiste em encontrar a massa de um objeto com os materiais que são fornecidos, alguns pesos de massas conhecidas, uma régua com orifícios equidistantes e um suporte para a régua (que constituíam uma balança de braços). Os alunos não poderiam propor a utilização de uma mola para resolver o problema já que não está presente no material. Da mesma forma terão que refletir sobre como encontrar a massa do objeto já que existem várias combinações de pesos e distâncias que podem ser utilizadas.

Na Figura 4.2, apresenta-se um grupo de alunos utilizando um kit contendo um conjunto de equipamentos disponível para a atividade; observa-se que a régua está equilibrada com uma certa combinação de pesos.

Problema 1 - Balança de Braços.
Vocês devem descobrir a massa de um corpo, porém não possuem uma balança para isso. Dessa forma utilizarão o kit fornecido e seus conhecimentos sobre equilíbrio para descobrir a massa desconhecida.

Problema 2 – Massa da Régua
Agora utilize o kit para descobrir a massa da régua. Lembre-se que o Centro de gravidade de um corpo é o ponto onde podemos imaginar que está atuando a força peso que atua sobre ele.

Figura 4.1. Enunciado dos problemas da Resolução de Problemas em Equipe do módulo 1.



Figura 4.2. Alunos com o kit fornecido para a resolução do problema 1 (TPE I).

4.2. Como orientar os alunos para a resolução

Peduzzi (1997) ressalta que as pesquisas sobre resolução de problemas eram baseadas simplesmente na busca por estratégias e métodos que após adquiridas poderiam ser adotadas em qualquer situação. O autor chama atenção para que as estratégias que foram propostas têm muitas fases em comum, o que indica um consenso em relação ao sucesso destas fases. Essa abordagem, porém, deixa de lado os aspectos de caráter individual dos alunos.

O mesmo autor ressalta que pesquisas posteriores atribuíram uma grande parcela da tarefa de resolução aos conhecimentos que os alunos possuem e que são específicos na área do problema. E, assim, procuraram estabelecer como processo geral para a resolução de problemas as práticas de um especialista, um *expert* neste assunto. Essas práticas deveriam funcionar como um exemplo a ser seguido pelos demais. Esse *expert* poderia ser um cientista ou pesquisador, acostumado a lidar com problemas de Física, ou, no contexto da sala de aula, o professor ou um colega de turma de melhor desempenho. Dessa forma a observação atenta das práticas que ele utiliza deveria a princípio ser suficiente para que o aprendiz obtivesse sucesso nas mesmas situações.

Porém isto não é uma tarefa simples; nem todas as atitudes do *expert* são visíveis, muitos processos são realizados apenas mentalmente. E, ainda, não é possível garantir que o *expert* tenha total consciência das decisões e atitudes que teve durante a resolução, de forma que seu relato não pode garantir que será fiel a todas as suas práticas.

De forma geral, as semelhanças entre os métodos apresentados por Peduzzi (1997) e a postura dos *experts* indicam um caminho que poderia ser o mais adequado para a resolução dos problemas que serão propostos na RPE. Este caminho deve passar primeiramente pela compreensão do problema, pela elaboração de hipóteses, a verificação dessas hipóteses e o registro do que foi feito.

Assim durante a RPE o professor deve incentivar os alunos a refletirem sobre o problema e a elaborar hipóteses; o registro do que foi feito será obrigatório. Nos enunciados serão estipuladas regras de forma a estimular essas atitudes. Por exemplo, na primeira RPE, que propõe uma questão de equilibrar uma balança de braços, será estipulado um número máximo de pesos que podem ser utilizados simultaneamente.

Já na segunda RPE, que consiste no desenvolvimento de uma embarcação capaz de sustentar uma massa determinada, o material fornecido para a construção dos barcos

(papelão e fita adesiva) é limitado, de forma que os alunos não podem projetar uma embarcação de qualquer tamanho e nem cortar as peças para sua construção de qualquer forma.

Além disso é importante que durante as atividades o professor reforce esta estratégia de resolução. Como os alunos não estão habituados a utilizá-la, a recomendação é que antes da tarefa o professor verbalize essas orientações para a turma, explicando que o que estarão fazendo é uma atividade de investigação e não uma simples busca pela fórmula matemática correta a ser utilizada. A Figura 4.3 mostra o texto de apoio utilizado no roteiro da aula de RPE I.

Para resolver problemas, primeiro temos que refletir sobre o que é importante para sua solução e com isso traçar uma hipótese, ou seja, um plano sobre as ações que vamos precisar executar para alcançar o objetivo. Em seguida deve-se testá-la, caso sua hipótese esteja correta vocês conseguirão descobrir o que foi pedido. Caso não consigam, devem pensar sobre o que pode estar errado e traçar uma outra hipótese, testá-la novamente e repetir esta estratégia até que consigam resolver a questão.

Neste caso os materiais disponíveis são pesos de massas conhecidas: 10g, 20 g e 50g. Cada grupo tem uma quantidade limitada de pesos para utilizar. As equipes só podem utilizar 4 pesos ao mesmo tempo. Dessa forma formulem sua hipótese e pegue os pesos necessários para testá-la, caso ela não funcione formule outra e solicite ao professor os novos pesos.

Após solucionarem o problema, escrevam o raciocínio utilizado na próxima página e no quadro branco coloquem o que acharem necessário para mostrar aos seus colegas como encontraram o resultado.

Figura 4.3. Texto de Apoio aos problemas da RPE I.

Com essa definição do que é uma situação problema e das considerações sobre como devem ser abordadas pelo professor, serão apresentados a partir de agora os trabalhos desenvolvidos para elaboração da sequência didática e para sua aplicação.

Capítulo 5

A sequência

Este trabalho se propõe a criar um módulo de ensino que utiliza algumas características das metodologias de aprendizagem ativa, principalmente da metodologia Aprendizagem Baseada em Equipes ou *Team-Based Learning* (TBL) em conjunto com o Ensino sob Medida, também chamado de *Just-in-Time Teaching* (JTT), em um contexto de ensino médio, e verificar a viabilidade de sua aplicação. A sequência didática será dividida em dois módulos; no primeiro, o objetivo é estabelecer com os alunos conceitos de Estática de corpos rígidos, as condições de equilíbrio e o conceito de torque, e no segundo o enfoque será em Hidrostática, onde são trabalhados principalmente a forma como um fluido é capaz de exercer pressão e as condições para a ocorrência do fenômeno de flutuação (Força de Empuxo).

A estrutura de cada módulo foi inspirada na aplicação, baseada no TBL, feita por Oliveira, Araújo e Veit (2016). Porém, como este trabalho será realizado em apenas um trimestre e em uma turma de ensino médio na qual a duração das aulas é menor que as do ensino superior, algumas adaptações serão feitas.

5.1 Atividade Piloto

No final do período letivo de 2017 foi feita uma aplicação prévia em duas turmas de 2ª série. Nessas turmas, foram utilizados dois módulos de TBL em conjunto com JTT, assim como foi feito por Oliveira, Araújo e Veit (2016). Os módulos tratavam dos conteúdos de Cinemática do Movimento Circular, Torque e Dinâmica do Movimento Circular. Para isso, um material instrucional foi elaborado, com textos sobre o conteúdo e problemas de lápis e papel no estilo dos problemas altamente contextualizados que os autores utilizaram em seu trabalho. Este material está apresentado no Apêndice B.

O professor já estava lecionando para as turmas desde o início do ano letivo, já conhecendo as características dos alunos; foi capaz, assim, de realizar a divisão das equipes sem a necessidade de um questionário de identificação. Para isso foram utilizadas as percepções do professor sobre o desempenho nas aulas de Física durante o ano e a interação com os outros alunos.

Esta aplicação piloto se deu em quatro encontros de 1h e 30 min cada. Dois encontros foram utilizados para abordar a definição de torque e os conceitos básicos de Cinemática Angular e Transmissão de Movimentos Circulares; nos outros dois o assunto foi a Dinâmica dos Movimentos Curvilíneos.

Após a aplicação deste piloto foi possível tirar algumas conclusões. As aulas da fase de Preparação ocorreram de forma satisfatória. Os alunos se mostraram muito motivados com o Teste de Preparação por Equipes (TPE) e com o Teste de Preparação Individual (TPI); foi possível perceber discussões muito interessantes nas equipes e o cartão resposta raspadinha, descrito no Apêndice A, funcionou muito bem como *feedback* instantâneo. Porém, em algumas equipes, alunos optaram por não participar tão ativamente das discussões.

Nestas aulas também foi possível perceber certo incômodo com o caráter majoritariamente conceitual do texto das Tarefas de Leitura (TL); alguns estudantes pediram para que fossem colocados exercícios resolvidos para “facilitar o entendimento”. Esta solicitação foi entendida como um reflexo da abordagem muito focada em memorização de fórmulas que havia sido utilizada com estes alunos até então. Também surgiram algumas reclamações pela quantidade de assuntos tratados na Tarefa de Leitura. O texto envolvia muitos exemplos de aplicação dos conceitos e alguns alunos relataram que a quantidade atrapalhou o entendimento.

Nas aulas de aplicação do primeiro módulo, o tempo disponível para aula (1h e 30 min) não foi suficiente para que a Resolução de Problemas por Equipe (RPE) fosse feita como planejado. O plano era que até três problemas no estilo “lápiz e papel” fossem trabalhados, porém ao final da aula a maioria dos grupos não havia conseguido chegar a uma solução satisfatória nem para o primeiro. As equipes que conseguiram resolver um problema não foram capazes de relatar essa solução em papel ou de apresentá-la no quadro branco. Isso indicava que esses alunos estavam pouco acostumados a atividades de resolução de problemas.

Após as aulas de preparação, foram enviadas listas de exercícios com gabaritos comentados para que os alunos praticassem em casa. Na aula da fase de Aplicação, ficou claro que a lista não havia sido feita. Muitos estudantes chegaram à sala e já não se recordavam do conteúdo que havia sido abordado anteriormente e outros assumiram que não fizeram porque não foi exigido que enviassem as respostas, como foi feito nos formulários das TLs.

Uma mudança foi feita para encontro de Aplicação do segundo módulo. Planejou-se trabalhar apenas um problema, mais simples que os da aula anterior, com o propósito de que todas as equipes conseguissem resolver e mostrar suas soluções para as outras. Porém isto também não se mostrou muito eficaz; todas as equipes chegaram a uma solução muito semelhante, revelando que o método não havia sido explorado em sua plenitude, com isso abrindo pouco espaço para discussões na etapa de apresentação. A conclusão (do autor) é que o problema proposto foi pouco instigante e não era aberto o suficiente para permitir soluções diversas.

A partir dessas observações, algumas alterações na estrutura dos módulos foram feitas para a sequência que será apresentada neste trabalho. A primeira alteração foi a criação de uma função de mediador nas aulas de preparação durante a aplicação do TPE. Enquanto a equipe discute para resolver uma questão, o mediador se responsabiliza por garantir que todos os estudantes participem da discussão e também por fazer a marcação no cartão (raspar) que já foi entregue para cada equipe no início do teste.

A cada questão do teste, a função de mediador deveria passar para outro integrante da equipe. No cartão resposta, ao lado das alternativas, existia um espaço para que o mediador assinasse após encontrarem a resposta correta. Acredita-se que isto, apesar de conflitar com um dos princípios – o de não atribuição de funções a membros das equipes – da metodologia TBL, incentivaria a participação de todos os integrantes da equipe. E com as obrigações do mediador sendo restritas às duas citadas, acredita-se que não interfeririam em sua participação na discussão.

Outra modificação foi feita na abordagem das TLs. Entende-se que o excesso de exemplos de aplicação e de conceitos presentes em um dos textos pode ter confundido os alunos. Por exemplo, a leitura sobre cinemática de movimentos circulares explorava os conceitos de torque, velocidade angular, transmissão do movimento, período e frequência. A preocupação passou a ser que as primeiras TLs dos módulos abordassem um número menor de conceitos físicos e que não contivessem tantas aplicações neste primeiro momento.

Na fase de Aplicação, constatou-se que o envio de lista de exercícios, ao contrário da TL, não teve o efeito esperado. Então, a opção foi de enviar outra TL em conjunto com um formulário após o TPE. Esta TL deve ser sobre o mesmo assunto da enviada na fase de Preparação, podendo aprofundar-se um pouco mais, ou apresentar

uma aplicação do que já foi trabalhado, o que também permite que a TL da fase de preparação não seja sobrecarregada.

Na sequência, durante a RPE são abordados problemas em moldes diferentes dos utilizados por Oliveira, Araújo e Veit (2016). O modelo que foi utilizado pelos autores possuía problemas com nível de complexidade e abstração muito alto para os alunos neste nível e a tentativa de reduzir esta complexidade transformou-os em simples exercícios. A proposta executada foi a de utilizar problemas de lápis e papel, porém sem fornecer os dados e condições iniciais no texto do enunciado; foram fornecidos materiais (experimentais e práticos) que podem ser utilizados para a resolução do problema.

5.2 A escola

A sequência didática foi desenvolvida e aplicada a três turmas no Colégio Pedro II, campus Duque de Caxias, que fica situado na Baixada Fluminense, região metropolitana do Rio de Janeiro. A escola atende alunos de ensino médio regular, ensino médio integrado ao técnico em informática e ainda alunos da educação de jovens e adultos integrada ao técnico em administração. A localização da escola é no bairro Centenário, vizinho à região central do município; apesar disto é um bairro situado bem próximo a algumas comunidades carentes.

Dessa forma, tem-se um conjunto de alunos de diferentes faixas econômicas. Por ser uma instituição federal, a maioria dos alunos ingressa na 1ª série do ensino médio por meio de um concurso, já possuindo um bom desempenho escolar neste estágio. A escola também recebe alunos provenientes de outros *campi* em que existem turmas de ensino fundamental. Esses podem ter ingressado na escola por meio de sorteio nas séries iniciais, mas passaram por todo o ensino fundamental no Colégio. Ainda assim existem alunos que apresentam dificuldades com matemática básica e interpretação de textos, em sua maioria os que completaram o ensino fundamental na rede pública municipal.

No ano de 2016, o colégio passou por uma greve dos servidores e por um movimento de ocupação do campus por parte dos alunos. Estes eventos provocaram uma alteração no calendário escolar; o início do ano letivo de 2018 ocorreu apenas na segunda semana de abril. Este é o motivo do primeiro trimestre ser composto pelos meses de abril, maio e junho.

As avaliações no colégio são trimestrais e ao fim de cada trimestre há o que é chamado de “certificação”. A nota de cada certificação é constituída por uma prova escrita, com 70% de peso, e alguma outra avaliação, com 30%; o formato dessa outra avaliação está a critério do professor da disciplina na turma. Caso dois professores dividam a mesma disciplina, esta pontuação pode ser dividida em avaliações diferentes para cada professor.

A pontuação que foi atribuída para as atividades desenvolvidas nesta sequência faz parte destes 30% da nota. Em uma das três turmas (chamada turma C) foi possível atribuir todo este percentual para a avaliação da participação dos alunos durante as atividades. Nas demais turmas (A e B), só foi possível atribuir 15% da nota, pois nessas turmas a disciplina de Física é dividida com outros professores que preferiram utilizar outras formas de avaliação.

A equipe de Física do campus tem o costume de trabalhar com listas de exercícios enviadas por e-mail para as turmas. Essas listas, assim como as aulas, costumam ter uma abordagem mais matemática, privilegiando a memorização e aplicação de fórmulas frente aos conceitos. É raro que os professores utilizem o livro didático, e quando o usam a finalidade é a de resolver exercícios. Apesar do campus possuir um laboratório de Física, poucas das aulas possuem caráter experimental, sendo em sua maioria aulas expositivas, centradas no discurso do professor. Então, pode-se dizer que os alunos não possuem costume de participar de forma ativa das aulas de Física.

5.3 Caracterização das Turmas

A sequência foi aplicada em três turmas de 3ª série do ensino médio regular (A, B e C). Esses alunos apresentam grande preocupação com a proximidade do vestibular; inclusive muitos deles fazem cursinhos preparatórios em paralelo com a escola. Nessas turmas a disciplina de Física é dividida em duas frentes; em uma delas é abordado o Eletromagnetismo e na outra Estática, Hidrostática e Ondulatória. Cada frente conta com 2 tempos semanais de 45 minutos cada. A sequência desenvolvida neste trabalho diz respeito ao conteúdo da frente chamada de Física II (Estática, Hidrostática e Ondulatória).

Por motivos de organização dos horários, existem diferenças na grade das turmas. A turma C tem 2 tempos (1h e 30 min) de Física II às quintas-feiras. Já as outras duas turmas (A e B) possuem 1 tempo (45 min) às terças-feiras e 2 tempos aos sábados.

As aulas aos sábados ocorrem em semanas alternadas; com isso, as turmas A e B tiveram semanas em que só ocorreu 1 encontro de 45 min e semanas em que ocorreram 2 encontros, um terça-feira de 45 min e outro sábado de 1h e 30 min.

Outra diferença é que este encontro de um tempo com a turma A acontecia no primeiro horário da manhã, o que permitia ao professor chegar a sala com antecedência e fazer os preparativos necessários (ligar o projetor, conferir o material a ser utilizado e etc). Já na turma B não era possível ter este momento de preparação, pois a aula começava no segundo horário da manhã. Então por muitas vezes o tempo disponível para as atividades nessa turma era reduzido. Na turma C este não era um problema, já que as aulas eram sempre de 1h e 30 min e ocorriam nos primeiros horários de quinta-feira.

Toda a execução dos módulos ocorreu ao longo dos meses de abril, maio e início de junho, que foi o trimestre referente à 1ª certificação de 2018. Foram ao todo 6 encontros com a turma C totalizando 9 h de atividades em sala, e 8 encontros com as turmas A e B, totalizando 8h e 45 min de atividades em sala. Durante este período ocorreram imprevistos e por vezes as aulas do colégio foram suspensas. Por questões externas, a escola ficou sem aulas durante uma semana, e por este motivo a RPE nas turmas A e B que precisou ser adiada para a semana posterior.

5.4 Preparação das equipes

A turma C é formada por 33 alunos e foi dividida em 6 equipes, sendo que três delas tinham 6 integrantes e as outras 3 apenas 5. A turma A possui 32 alunos e foi dividida em 5 equipes, sendo 2 com 7 integrantes e 3 com apenas 6. Já a turma B, que possuía 31 alunos, foi separada em 5 equipes, 4 delas com 6 integrantes e 1 com 7. A tabela 5.1 mostra o quantitativo de alunos e número de equipes em cada turma.

Turma	Nº de Alunos	Nº de Equipes
A	32	5
B	31	5
C	33	6

Tabela 5.1. Quantitativo de alunos e equipes por turma

Por causa de uma paralisação dos funcionários da escola e de uma suspensão de aulas para um evento da comunidade escolar, a implementação das atividades nas turmas B e A começaram uma semana após as aulas da C. Assim, a separação das equipes nessas turmas foi feita após a primeira aula de preparação do módulo de

Estática já ter acontecido na C. Nesta primeira aula com a turma C, foi possível perceber que as equipes com 5 integrantes ficavam muito prejudicadas com a ausência de um deles. Foi possível perceber as atividades na equipe em que houve a ausência ocorreram em ritmo muito lento. Por isso para as turmas B e A foi dada a preferência para uma menor quantidade de equipes com maior número de integrantes.

O objetivo inicial era dividir as equipes de forma heterogênea e equilibrada quanto ao desempenho em Física. O critério utilizado para montar essas equipes foi baseado no desempenho dos alunos em Física no ano anterior. Houve a preocupação de colocar alunos de baixo desempenho junto a alunos de bom desempenho, os alunos com as menores notas nas mesmas equipes dos alunos com as melhores notas.

Em seguida, a preocupação era dividir as equipes quanto a como os alunos se descreviam no que se refere à sua personalidade. Um questionário simples foi passado nas turmas. Os estudantes que, em suas respostas, se diziam comunicativos foram separados em um conjunto; em outro estavam os que se diziam tímidos. O mesmo foi feito com os alunos que diziam ter mais afinidade com disciplinas relacionadas às ciências da natureza ou matemática e os que já diziam preferir as ciências humanas ou linguagens. Então, em cada equipe foi alocado um aluno de cada conjunto citado anteriormente. Esse processo necessitou de certo empenho do professor, porém só é necessário uma vez, já que as equipes são permanentes.

O formulário foi aplicado no primeiro encontro com as turmas do ano letivo. Alguns alunos não estavam presentes, o que dificultou o processo de separação de equipes. Como o professor havia lecionado para a turma A em 2016, foi simples fazer a separação ali. Porém, nas outras o formulário foi enviado por e-mail para os faltosos; mesmo assim alguns acabaram por não responder. Então esses foram separados apenas com base em suas notas. A Tabela 5.2 mostra a configuração básica de uma equipe.

Alunos	Característica
1	Bom desempenho no ano anterior
2	Frac desempenho no ano anterior
3	Comunicativo
4	Tímido
5	Preferência por Matemática ou Ciências Naturais
6	Preferência por outras áreas do conhecimento.

Tabela 5.2. Estrutura básica de uma equipe

Alguns casos específicos foram levados em consideração. Nestas turmas temos alguns alunos que têm necessidades especiais, o que pode tornar o processo de leitura e interpretação de enunciados mais demorado e ainda prejudicar a capacidade de abstração. Estes receberam material adaptado e foram alocados em equipes que possuíam maior número de integrantes.

5.5 A sequência

Após as conclusões obtidas com a atividade piloto, foi possível reformular a sequência de forma a se adaptar melhor ao contexto descrito. O calendário da escola também afetou a ordem da sequência que foi aplicada. Durante este período foram apenas 3 sábados com aulas. Tivemos alguns feriados e eventos na escola durante o trimestre que afetaram a aplicação, já que nem todos estavam previstos inicialmente.

As aulas de terça-feira na turma B também apresentaram alguns imprevistos; por vezes a aula anterior não terminava no horário previsto. Na primeira aula da fase de Preparação nesta turma as atividades não foram concluídas por falta de tempo. Então foi feita a opção de pular uma terça-feira na sequência, por isso essas turmas ficaram com uma aula expositiva durante a sequência. Nesta aula foram abordados os conceitos de Pressão e Densidade. Como a RPE não pode ser feita em uma aula de 45 min, tivemos que alocar estas aulas sempre aos sábados o que possibilitou o arranjo das atividades apresentadas nas Tabelas 5.3 e 5.4.

C	Em casa	Em aula
Preparação	TL I sobre Torque, Centro de Gravidade e Equilíbrio	TPI I e TPE I
Aplicação	TL II sobre torque (Partes do livro de Guimarães e Fonte Boa (2001) com exercício resolvido) Questão sobre marcação de forças e equilíbrio de uma escada	RPE I – Balança de Braços
Preparação	TL III sobre Pressão hidrostática	TPI II e TPE II
Preparação	TL IV sobre Empuxo (empuxo a partir da pressão, dependência do volume deslocado)	TPI III e TPE III
Aplicação	TL V sobre Empuxo (flutuabilidade a partir da diferença de densidades)	RPE II – Construção de Embarcação

Tabela 5.2. Atividades realizadas com a turma C

B e A	Em casa	Em aula
Preparação	TL I (A) sobre Torque	TPI I e TPE I
Aplicação	TL I (B) sobre Torque, Centro de Gravidade e Equilíbrio	RPE I – Balança de Braços
Aula expositiva	----- -----	Conceito de Pressão e Densidade
Preparação	TL II sobre Pressão Hidrostática	TPI II e TPE II
Preparação	TL III sobre Empuxo (empuxo a partir da pressão)	TPI III e TPE III
Preparação	TL III (B) sobre Empuxo, dependência do volume deslocado	TPI IV e TPE IV
Aplicação	TL IV sobre Empuxo (flutuabilidade a partir da diferença de densidades)	RPE II – Construção de Embarcação

Tabela 5.3. Atividades desenvolvidas com as turmas A e B

5.6 A Fase de Preparação

Na primeira aula do ano letivo, foi feita, em todas as turmas, uma apresentação rápida de como funcionariam as aulas e as atividades durante a primeira certificação. Também foi feita uma rápida revisão sobre assuntos que seriam necessários para a discussão a ser feita durante o ano. Na turma C, que possuía maior tempo disponível, também foram abordados superficialmente os conceitos de Densidade e Pressão

Como em algumas aulas das turmas A e B o tempo seria reduzido, as Tarefas de Leitura, os TPIs e TPEs foram adaptadas. Cada TL foi dividida em duas partes; o TPI e TPE tinham que ser feitos em um período menor de tempo, sendo portanto, reduzidos para no máximo 5 questões. Na Tabela 5.5 está indicada a estrutura das aulas de preparação. Na Figura 5.1, apresenta-se duas imagens de uma das turmas em que foi feita a aplicação; a primeira refere-se à realização do TPI e a segunda ao TPE.

Atividade	Duração	
	2 tempos (1h e 30 min)	1 tempo (45 min)
Início	5 min	5 min
Exposição do professor	20 min	10 min
TPI	20 min	10 min
TPE	30 min	15 min
Comentários	15 min	5 min

Tabela 5.5. Tempo previsto para as atividades das aulas de preparação



Figura 5.1. Alunos da turma C fazendo TPI e em seguida o TPE.

No primeiro encontro o professor reserva os minutos iniciais da aula para comentar as respostas dos formulários, repassar rapidamente o texto e os conceitos que estavam presentes nele. O período da aula reservado para essas atividades não pode passar de 30 min; dessa forma ainda sobraria 1h para as outras atividades.

Ainda neste encontro, após este momento de explicação por parte do professor, chega o momento do Teste de Preparação Individual (TPI), um teste composto com no máximo 10 questões de teor conceitual que os alunos devem fazer individualmente. Estima-se que o período que os alunos levem para terminá-lo fique em torno de 20 min.

Logo em seguida, os alunos devem reunir-se em equipe para discutir as questões do teste que acabaram de fazer individualmente. As equipes são orientadas pelo professor a chegar a um consenso sobre a resposta certa em cada questão. Devem utilizar o cartão resposta do tipo raspadinha para marcar. Caso a resposta que escolheram seja a correta, devem ir para a próxima questão; caso seja a errada devem refazer a discussão e quando chegarem novamente a um consenso, marcar outra alternativa até que cheguem na resposta certa.

Assim que as equipes terminam, devem entregar os cartões para o professor, que deve fazer a correção das questões com a turma para garantir que as dúvidas tenham sido resolvidas.

5.7 A Fase de Aplicação

Uma TL é enviada para os alunos durante a semana anterior à aula. Em sala, assim como na fase de Preparação, o professor deve iniciar comentando as respostas dos alunos e fazendo uma breve exposição sobre o que foi abordado na TL. Em seguida, o problema deve ser apresentado para as equipes, que devem buscar sua solução. Cada

equipe recebe um pequeno quadro branco e um marcador, assim como duas folhas com o problema por escrito e uma folha de respostas onde devem anotar a solução.

As equipes devem elaborar uma solução, anotar na folha de respostas e entregar para o professor. Ao mesmo tempo devem utilizar o quadro branco para colocar o que será necessário para explicar sua solução às outras equipes. Ao fim do tempo, todas as equipes devem colocar os quadros no chão.

A seguir tem início a rodada de explicação por parte das equipes. Cada um mostra sua solução e o raciocínio utilizado para chegar até ela. Enquanto isso as outras equipes devem ficar atentas e questionar a solução proposta, sugerindo melhorias ou apontando possíveis erros. Na Tabela 5.6 está apresentada a estrutura das atividades.

Atividades	Duração
Exposição do professor	10 min
Apresentação do problema e do material	5 min
Resolução em Equipe	35 min
Exposição e discussão sobre as resoluções	30 min
Comentários do professor	10 min

Tabela 5.6. Tempo previsto para as atividades das aulas de aplicação

Na Figura 5.2, está apresentada uma imagem de uma equipe preparando a solução para a discussão. É possível notar que os alunos já encontraram a situação de equilíbrio para a balança de braços, então já conseguem determinar a massa do objeto.



Figura 5.2 Equipe anotando a solução no quadro branco.

Ao final, o professor deve indicar a solução do problema, tirar possíveis dúvidas dos alunos e fazer os comentários que achar pertinente. Durante a aplicação foi possível perceber que o tempo é um fator importante para as atividades. Assim como já tinha acontecido na atividade piloto, foi preciso extrapolar o tempo regular da aula em algumas oportunidades; por vezes os alunos conseguiram terminar as tarefas no tempo previsto, porém as discussões entre eles e os questionamentos ao professor acabavam por prolongar o processo.

Em resumo, descreveu-se aqui o ocorrido durante a aplicação das atividades. Todo o material utilizado, os modelos do cartão resposta e a atividade piloto fazem parte dos apêndices. No próximo capítulo serão relatadas as impressões que o professor da turma e os alunos tiveram das aulas, do material e da interação das equipes.

Capítulo 6

Impressões sobre a aplicação

Após a aplicação de novas metodologias, sempre é colocada a questão de como avaliar o resultado de sua utilização com os alunos. Neste trabalho, foi feita a tentativa de coletar informações de modo mais sistemático, com a abordagem de pontos que interessavam no contexto do trabalho. Optou-se por aplicar aos alunos um questionário que colhesse as impressões dos alunos sobre aspectos relativos à sua participação, comprometimento e aprendizagem; em seguida, solicitou-se que escrevessem um texto curto relatando sua experiência e se possível apontando pontos positivos e negativos das aulas. O objetivo desse instrumento foi verificar como esta metodologia influenciou a postura dos estudantes em sala de aula, e assim irá servir como complemento às observações feitas pelo professor.

O questionário foi elaborado a partir de um conjunto de afirmações; para cada afirmação, os alunos deveriam escolher entre as opções *concordo fortemente* (5), *concordo* (4), *nem concordo nem discordo* (3), *discordo* (2) e *discordo fortemente* (1). Essa abordagem foi escolhida para que fosse possível identificar as impressões dos alunos dentro dos parâmetros *participação*, *comprometimento* e *aprendizagem*. Entende-se que se fossem pedidas apenas as opiniões dos alunos, não haveria garantia que os tópicos que deseja-se investigar estariam presentes nestes relatos.

Para que as respostas fossem apresentadas on-line, utilizou-se a ferramenta Google Forms¹, enviando um formulário aos alunos por mensagem eletrônica. Sendo assim, após a última aula da sequência os alunos tiveram uma semana para responder o formulário. Para incentivar as respostas, uma pequena pontuação da avaliação foi destinada à seriedade das respostas ao questionário.

Dos 92 alunos que participaram até o final do semestre², apenas 79 respostas ao questionário (86% do total) foram recebidas. Na turma C todos os alunos responderam. Na turma A, de 31 alunos apenas 27 responderam e na turma B houve somente 20 respostas de 29 alunos. Durante toda a aplicação, a turma B foi a que menos respondeu aos formulários e na qual aconteceu o maior número de faltas às aulas. Os motivos das

¹ Ferramenta que permite construir formulários, enviá-los e colher suas respostas.

² O número de alunos inicial da turma, apresentado na tabela 5.1, foi reduzido durante o período por abandonos e mudanças de turma.

faltas e omissão de respostas aos formulários não foram justificados. A tabela 6.1 resume o quantitativo de respostas em cada turma.

Turma	Alunos	Respostas
A	31	27
B	29	20
C	32	32

Tabela 6.1. As respostas aos questionários por turma.

No questionário existem afirmações positivas, como por exemplo “*Meus colegas de equipe puderam contar comigo durante a resolução das atividades*” (8), neutras como “*Eu li todos os textos antes da aula*” (16) e negativas como “*Não pude contribuir com minha equipe durante a resolução dos problemas*” (15). Algumas delas são contraditórias, por exemplo as de número (4) – “*Ao discutir com meus colegas, não precisei pensar mais na física do que em outras aulas normais.*” e (21) – “*Ao discutir com os colegas, tive que pensar mais sobre a física envolvida do que em aulas normais.*” Se o aluno responder ao questionário com atenção e corretamente, as respostas a estas questões devem ser anticorrelacionadas – quando o aluno concordar com a afirmação (4), deve discordar da (21). Esta correlação será verificada, e usada como parâmetro para a análise. Na tabela 6.2 estão listadas todas as afirmações do questionário.

Para medir a correlação, foi utilizado o coeficiente de correlação de Pearson. Foram atribuídos valores às respostas da seguinte forma: às respostas *concordo fortemente* e *concordo* foram atribuídas o valor 3, às respostas *nem concordo nem discordo* foi atribuído o valor 2, e *discordo fortemente* e *discordo*, 1. Com esses valores é possível estabelecer as correlações entre as distribuições de respostas a duas afirmações diferentes.

Em relação às questões (4) e (21) citadas, o coeficiente de correlação para as respostas foi negativo, de -0,54. Já entre as questões (14) “*Meus colegas de equipe puderam contar comigo durante a resolução das atividades*” e (15) “*Não pude contribuir com minha equipe durante a resolução dos problemas*” o coeficiente de correlação foi de -0,65. Então na análise a seguir considerar-se-á como forte fator de correlação ou anticorrelação os que possuírem módulos que sejam próximos ou superiores a 0,5.

1	Eu passei a maior parte das aulas pensando sobre física.
2	Durante as aulas, eu não participei ativamente de discussões com meus colegas.
3	Procurei deixar meus colegas a vontade para expressar opiniões diferentes das minhas.
4	Ao discutir com meus colegas, não precisei pensar mais na física do que em outras aulas normais.
5	Meus colegas de equipe participaram ativamente das discussões.
6	Senti-me a vontade para expressar minhas ideias e opiniões em minha equipe.
7	Em minha equipe alguns colegas não escutavam as opiniões dos outros durante as discussões.
8	Meus colegas de equipe se sentiram à vontade para expressar suas opiniões.
9	Explicar o que sabia para minha equipe não me fez aprender mais sobre Física.
10	Percebi que alguns colegas não estavam muito interessados em participar das discussões.
11	Para aprender tenho que participar mais ativamente das atividades propostas.
12	Não mudei de opinião sobre as questões após algumas discussões com meus colegas
13	Apenas a explicação do professor é suficiente para que eu aprenda física
14	Meus colegas de equipe puderam contar comigo durante a resolução das atividades
15	Não pude contribuir com minha equipe durante a resolução dos problemas
16	Eu li todos os textos antes da aula.
17	Percebi que meus colegas de equipe leram todos os textos com cuidado antes da aula.
18	O trabalho em equipe foi desagradável.
19	Foi mais fácil entender os conteúdos na sala após lermos sobre o assunto em casa.
20	Trabalhar em equipe facilitou a aprendizagem.
21	Ao discutir com os colegas, tive que pensar mais sobre a física envolvida do que em aulas normais.
22	Se a força resultante sobre um objeto é nula ele certamente estará em equilíbrio.
23	Quanto maior é o volume submerso de um objeto maior é o Empuxo sobre ele.
24	Quanto mais fundo está o objeto maior é o Empuxo que ele sofre.
25	Um objeto mergulhado em água sofre uma força vertical e para cima.
26	A pressão no interior de um fluido diminui à medida em que a profundidade aumenta.
27	Forças que atuam sobre um objeto com sentidos opostos necessariamente realizam torques também opostos.

Tabela 6.2. Afirmações presentes no questionário de avaliação

Na seção a seguir, serão apresentadas as indicações feitas pelos estudantes em relação às afirmações apresentadas e a transcrições de alguns de seus comentários. Estes dados revelam informações sobre a participação nas aulas, o ambiente nas equipes, a responsabilidade do aluno com a sua própria aprendizagem, a aprendizagem e seu comprometimento com as atividades.

6.1 A participação nas aulas

O propósito desta seção é identificar como se deu a participação dos alunos durante as aulas da sequência. Em outras palavras, identificar se sua participação foi maior ou menor quando comparada a uma aula tradicional de Física e se durante as aulas as discussões sobre Física foram efetivas.

Das impressões do professor durante as aulas de Preparação foi possível perceber que era raro algum aluno ficar alheio às discussões. Foram poucas as ocasiões em que algum estudante se retirava de sala ou era visto fazendo alguma atividade que não fosse relacionada ao que estava sendo trabalhado. Os estudantes aparentavam estar realmente discutindo sobre as questões, muitos se mostravam incomodados quando escolhiam alternativas erradas e diversas vezes o professor era requisitado para explicar o motivo de uma ou outra resposta.

Esta participação efetiva também é relatada pelos alunos, quando se observam as respostas às afirmações (1) e (2). A figura 6.1 apresenta as distribuições de respostas às duas afirmações. Observa-se, no gráfico a esquerda, que 77% (61 alunos) concordam com a afirmação (1) e 30 % (24 alunos) concordam fortemente com esta afirmação – que “passei a maior parte do tempo durante as aulas pensando sobre física”. Já no gráfico à direita, em relação a afirmação (2), cerca de 70% do total nega ter se omitido durante as discussões em suas equipes, discordando ou discordando fortemente da afirmação “durante as aulas, eu não participei ativamente das discussões com meus colegas”.

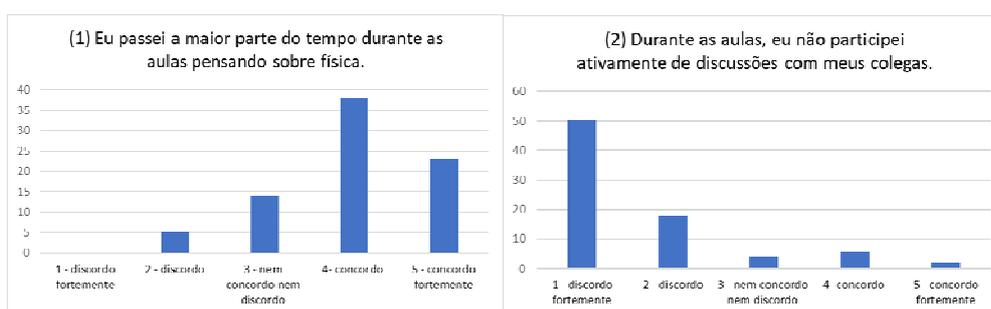
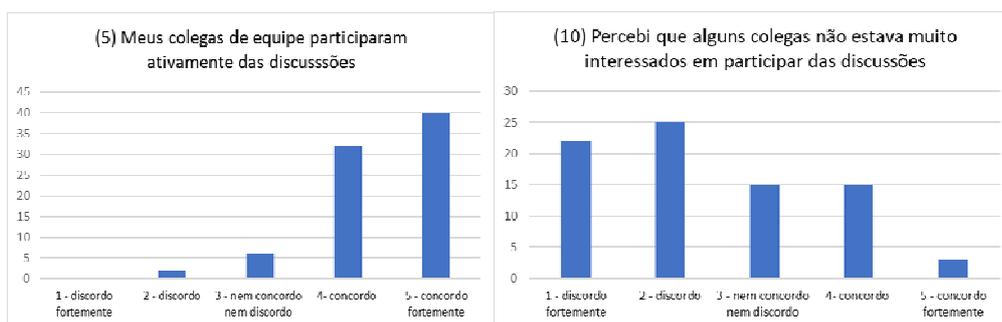


Figura 6.1. Distribuição das opiniões dos alunos quanto a sua participação nas aulas. À esquerda, as respostas à questão 1 e à direita, à questão 2.

Um cenário semelhante ao descrito para as aulas de Preparação foi observado nas aulas de Resolução de Problemas em Equipe (RPE). Porém nestas atividades foi evidente o protagonismo de alguns alunos durante a resolução. Em algumas equipes, nas duas RPE, os mesmos alunos foram explicar as soluções no quadro branco.

Também foi possível perceber que nem todos realmente tinham entendido a solução proposta pela equipe, já que alguns se negavam a escrever a solução no papel, aparentemente com medo de errar e delegavam esta missão ao aluno que havia proposto tal solução.

Podemos perceber indícios desse comportamento na distribuição das indicações às afirmações (5) “*Meus colegas de equipe participaram ativamente das discussões*” e (10) “*Percebi que alguns colegas não estavam muito interessados em participar das discussões*”, mostradas na figura 6.2.



Figuras 6.2. Respostas às perguntas sobre participação dos colegas durante as atividades, questões (5) e (10).

No gráfico à direita, das respostas à questão (10), vemos que a maioria dos alunos discorda da falta de interesse de alguns colegas, mas é visível que existe uma parcela concordando que nem todos estavam interessados nas discussões (22%). No gráfico à esquerda, das respostas à questão (5), esse mesmo comportamento não é observado, uma vez que a maioria concorda que seus colegas participaram ativamente.

A afirmação (5) é mais geral, uma vez que avalia a participação de toda a equipe; a afirmação (10) avalia a participação de indivíduos dentro da equipe. Ou seja, assim como o professor, os alunos indicam que em algumas equipes existiam alunos que destoavam de seus companheiros no quesito participação durante as atividades, porém no geral concordam que as equipes participaram ativamente.

Para o professor, um ponto positivo é que, quando comparadas às RPE que ocorreram na atividade piloto, as que ocorreram nesta aplicação foram mais efetivas. Os problemas propostos nesta sequência despertaram maior interesse que os propostos anteriormente. Também foi possível perceber que os alunos tiveram mais iniciativa para tentar resolvê-los, passando a totalidade das aulas empenhados na tarefa.

Na seção onde era possível fazer comentários e apontar pontos positivos e negativos, foram identificados 34 comentários que davam indícios diretos sobre

aumento da participação durante as aulas. Abaixo temos dois depoimentos de alunos diferentes. O primeiro comentário mostra insatisfação com a mudança na metodologia, mas ressalta que o formato torna a aula mais participativa; já o segundo aponta um saldo positivo com a metodologia e enfatiza como a participação dos alunos foi maior.

“Sinto que eu preciso muito de um professor me explicando a matéria toda, uma vez que senti algumas vezes dificuldade em ler o texto e compreendê-lo sozinho. Gostei da iniciativa, uma forma mais democrática e participativa, ao pôr em prática o que aprendíamos nos exercícios práticos e na relação de ajuda entre os alunos”³

“Como ponto positivo, as aulas tiveram mais participação por parte dos alunos no geral. Foi um contato muito mais direto com a física, ainda mais na última aula onde construímos o barquinho. Com certeza a participação com esse novo método de aula foi muito maior do que se fizéssemos o teste ...”

Fazendo a análise das respostas às questões (2), *“Durante as aulas eu não participei ativamente das discussões com meus colegas”*, e (14), *“Meus colegas de equipe puderam contar comigo durante a resolução das atividades”*, é possível observar um coeficiente de correlação de -0,63. Ou seja, os alunos que admitem em sua maioria ter participado mais das aulas também consideram que puderam ajudar seus colegas. Esse é mais um indicativo de que além de maior, a participação dos alunos foi também mais produtiva.

A partir destes dados é possível concluir que a participação foi maior e mais efetiva. Nem todos alunos encararam as atividades da mesma forma; é normal que alguns tenham maior destaque em suas equipes, ou assumam certa liderança naturalmente, assim divergências pontuais como as apresentadas não chegam a configurar um problema para a proposta.

6.2 O ambiente nas equipes

Nesta seção procura-se avaliar como se estabeleceu o ambiente nas equipes, se ocorreram problemas de relacionamento que possam ter influenciado nas atividades, ou ainda se divisão das equipes foi eficiente.

³ Nos comentários dos alunos citados no texto, foram feitas adaptações da linguagem utilizada na internet para a linguagem formal. Também foram feitas pequenas correções ortográficas sem alterar o sentido do texto. No Anexo I estarão todos os depoimentos originais dos alunos no formulário de avaliação.

Para o professor o ambiente aparentava ser agradável de modo geral. Nas equipes não foram perceptíveis brigas ou discussões fora do contexto. Durante a fase de perguntas nas aulas de resolução de problemas, os questionamentos e intervenções feitas durante as apresentações foram cordiais.

Na turma C houve uma queixa relacionada a esse tópico. Uma das alunas relatou certa perseguição por parte de um colega. Ele não estaria disposto a ouvir suas opiniões e, segundo a aluna, tomava iniciativas sem perguntar para a equipe. O referido aluno admitiu que nem sempre consultava a equipe ao procurar resolver os problemas. Justificou seus atos com base na vontade de resolver os problemas mais rápido.

Ele foi orientado a ouvir sua equipe, já que o objetivo era que todos aprendessem e não que o problema fosse simplesmente resolvido. Na conversa foi explicado que discutindo, ele, além de aprender mais, poderia contribuir para a aprendizagem de seus colegas. O professor conversou com a aluna que fez a reclamação e com o restante da equipe, orientando-os a serem mais incisivos e não deixar de argumentar com o aluno. Como este fato só veio à tona na penúltima aula, não é possível saber se o problema persistiria, já que o aluno faltou a última aula.

Analisando as respostas dos alunos ao formulário de avaliação, é possível encontrar indícios de que os ambientes em cada equipe eram amigáveis. A figura 6.3 mostra as respostas às afirmações (3) e (6). No gráfico à esquerda, vemos que 75% (60 alunos) afirmam, com muita confiança, que procuraram deixar seus colegas à vontade em sua equipe e no gráfico da direita, 63% (50 alunos) dizem ter se sentido à vontade em suas equipes.

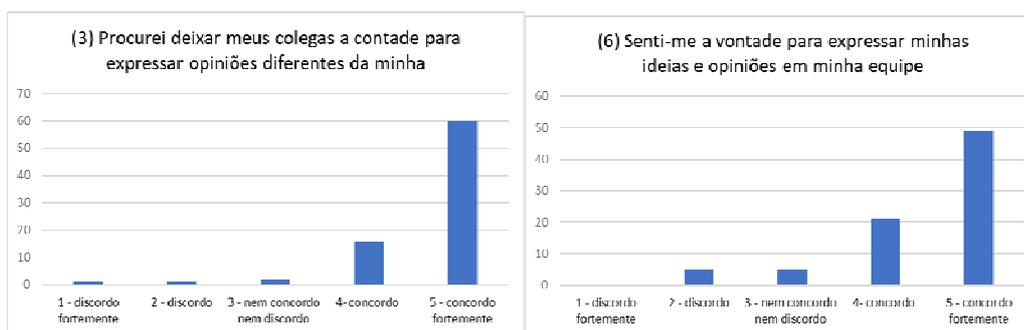


Figura 6.3. Respostas para as afirmações (3) e (6).

Nas respostas à afirmação (6) é possível perceber um número pequeno de indicações de insatisfações em sua equipe; talvez estejam diretamente ligados ao ocorrido na turma C, caso relatado no início desta seção. Ao analisar as indicações dos alunos para as afirmações (7) “Em minha equipe alguns colegas não escutavam as

opiniões dos outros durante as discussões” e (8) “*Meus colegas de equipe se sentiram a vontade para expressar suas opiniões*” também é possível perceber insatisfações pontuais com relação ao ambiente em suas equipes. A figura 6.4 apresenta as respostas às questões citadas.

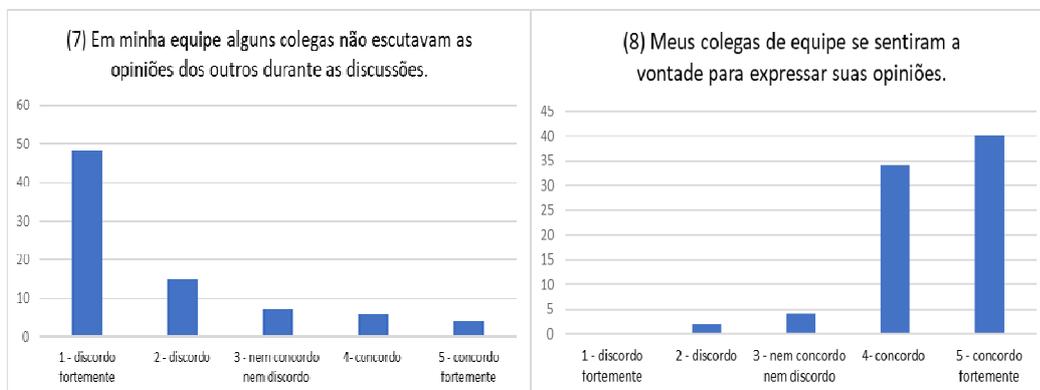


Figura 6.4. Respostas para as questões (7) e (8).

Nas respostas à afirmação (7) da figura 6.4, vemos que o quantitativo de indicações sobre a existência de alunos que não estavam dispostos a escutar seus colegas é um pouco maior que o dos que dizem não ter se sentido à vontade para expressar suas opiniões, na figura 6.3. O mesmo ocorre quando comparamos os dados do gráfico à esquerda na figura 6.4 com a quantidade de alunos que, no gráfico à direita da figura 6.4, discorda que seus colegas se sentiram a vontade para expressar suas opiniões. Aparentemente estas indicações fornecidas pelos alunos estão em acordo com o cenário percebido pelo professor.

A figura 6.5 exhibe a distribuição de respostas à pergunta (18).

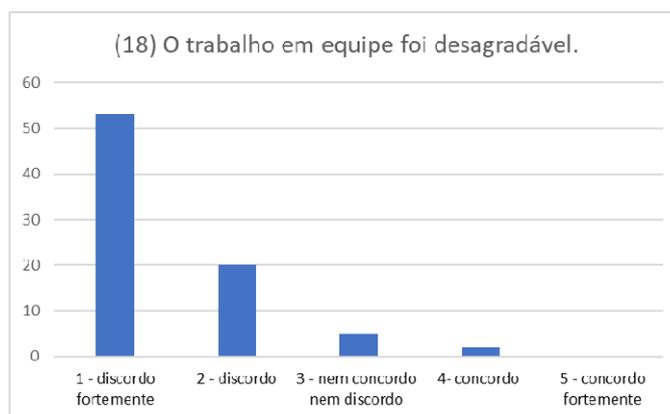


Figura 6.5. Respostas para a questão (18)

Mais uma vez nota-se uma discordância pontual nesta questão, porém em escala bem menor do que a mencionada relativa à questão (7). Neste caso apenas 2 alunos classificaram o trabalho em suas equipes como desagradável.

Em alguns comentários pode-se notar elogios às questões relacionadas ao ambiente nas equipes; dois exemplos são:

“Os pontos positivos foram a forma em que a aula foi alterada, isso deixou a aula mais dinâmica, fazendo assim com que os alunos pudessem trocar informações sobre o conteúdo. A escolha do grupo pelo professor também foi de grande importância, pois grupos que nunca tiveram se relacionado para fazer trabalho desfrutaram de ideias divergentes e puderam chegar ao consenso. (...)”

“O trabalho foi bem divertido e dinâmico e também não foi muito puxado tendo em vista a situação dos alunos atualmente, a realização de grupos foi muito boa pois assim tivemos um compartilhamento de ideias, eu gostei bastante do meu grupo mas acho que seria legal se pegássemos grupos diferentes às vezes, mas no final de tudo foi um ótimo trabalho de trimestre.”

Pode se perceber que o aluno do primeiro comentário classifica as discussões e troca de informações em sua equipe como algo positivo. O elogio feito à separação de grupos pelo professor indica que em sua equipe as discussões devem ter sido proveitosas e respeitadas, mesmo entre integrantes que não eram muito próximos.

Já o segundo aluno classifica o trabalho como divertido e dinâmico, sobre a “situação dos alunos” que é mencionada provavelmente diz respeito ao acúmulo de tarefas de outras disciplinas ao fim do trimestre, fator de reclamação constante por parte dos alunos na escola. Apesar de sugerir uma rotatividade dos grupos, sua avaliação da equipe é positiva.

Um ponto que se deve chamar atenção é que ao se fazer o cruzamento dos dados das afirmações (3), “*Procurei deixar meus colegas à vontade para expressar opiniões diferentes das minhas*” e (1), “*Eu passei a maior parte das aulas pensando sobre física*”, nota-se que estão fortemente correlacionadas: seu coeficiente de correlação é 0,6. Ou seja, os alunos que dizem ter participado mais efetivamente das aulas também dizem ter procurado criar um bom ambiente para as discussões.

Não foram observados comentários que classificassem a relação entre os integrantes das equipes como ruim, ou com pontos negativos. Dessa forma é possível concluir que o ambiente estabelecido nas equipes não foi prejudicial para o trabalho. Aparentemente na maioria delas as discussões foram respeitadas e produtivas.

6.3 A Responsabilidade com a própria aprendizagem

Nesta seção será feita uma análise sobre a percepção dos alunos sobre a sua responsabilidade em relação à sua própria aprendizagem e como se sentem em relação à aprendizagem de seus colegas. Naturalmente as atividades propostas incentivam uma autonomia por parte dos alunos e pretende-se entender como eles encararam este aspecto das aulas.

O professor notou uma resistência inicial dos alunos em relação ao novo método adotado. Com o decorrer das aulas essa resistência diminuiu, porém, certa insegurança começou a surgir. A abordagem mais conceitual presente nas Tarefas de Leitura, a rápida exposição do professor e as discussões em equipe não eram entendidas como uma aula de Física. Em várias oportunidades o professor foi questionado sobre como o conteúdo iria cair na prova. Os mesmos alunos justificavam sua insegurança e seu questionamento com suas experiências nas aulas de Física do colégio. Foram feitos relatos a respeito, como por exemplo:

“Acho que nas listas passadas em sala tiveram poucas questões usando as fórmulas dos assuntos que vimos, e na prova o que mais tem é conta pra fazer usando fórmula.”

No comentário é nítida que a preocupação do aluno é seu resultado na prova. Aparentemente associa seu desempenho na prova unicamente com as questões que o professor indica.

Ao analisar as respostas as afirmações (11), “*Para aprender tenho que participar mais ativamente das atividades propostas*”, e (13), “*Apenas a explicação do professor é suficiente para que eu aprenda Física*”, vemos um reconhecimento por parte dos alunos de que sua aprendizagem não depende apenas das ações do professor. Os gráficos presentes na figura 6.6 apresentam as distribuições destas respostas; em ambos o percentual de alunos que não se considera responsável por sua aprendizagem é menor que 10%.

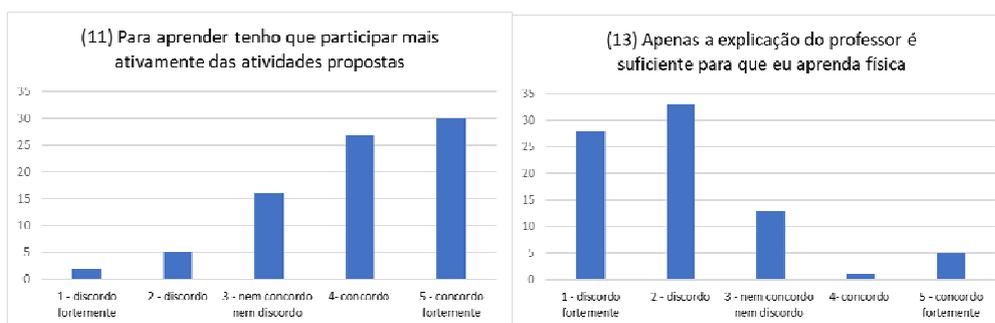


Figura 6.6. Respostas as afirmações (11) e (13).

Também é possível perceber uma pequena discordância quanto à utilidade das Tarefas de Leitura (TL) e das discussões em sala, praticamente o mesmo quantitativo da discordância que apareceu nas perguntas (11) e (13). A figura 6.7 ilustra as respostas para as perguntas (19), “Foi mais fácil entender os conteúdos em sala após lermos sobre o assunto em casa”, e (20), “Trabalhar em equipe facilitou a aprendizagem”. Nas duas temos em torno de 80% dos alunos avaliando a TL e o trabalho em equipe como eficientes.

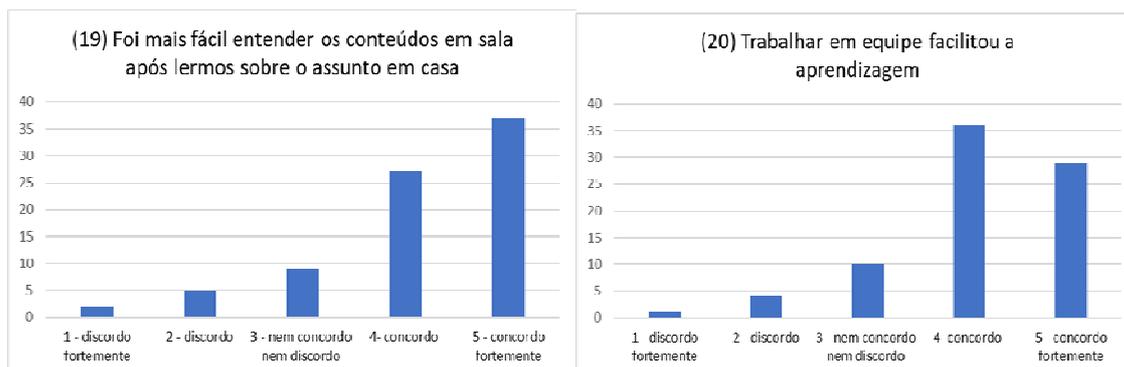


Figura 6.7. Respostas às perguntas (19) e (20).

Foi possível perceber dois tipos de comentários quando o assunto era a responsabilidade por sua própria aprendizagem. Alguns alunos relatavam sentir falta de algum aspecto das aulas tradicionais: poderiam ser exercícios resolvidos no quadro, ou explicação do professor, ou matéria no quadro. Outros diziam sentir falta de alguma dessas características, mas ao mesmo tempo citavam ter aprendido mais ou pensado mais sobre o assunto graças a alguma parte da sequência apresentada. Os comentários a seguir ilustram os dois tipos de comportamento:

“O modelo proposto é muito interessante, mas acho que para mim não funcionou muito. Tenho que concordar que ler os textos antes ajudou a elucidar melhor os conteúdos, mas mesmo assim, ainda senti dificuldades em alguns deles. Portanto, como eu tenho um pouco de dificuldade de entender algumas coisas da física, acho que a explicação e os assuntos dados em sala seriam, novamente, para mim a melhor opção.”

“A princípio fiquei receosa quanto ao novo modelo das aulas, no entanto, com o passar do tempo percebi que ouvir e comentar sobre os assuntos propostos com meu grupo me fez compreender melhor. Achei o modelo de aulas eficiente e produtivo, só senti falta de conteúdo no quadro, o que não é muito relevante visto que os textos estão disponíveis no e-mail. Embora seja trabalhoso, poderiam haver outras aulas deste tipo.”

A partir dos relatos desses alunos é possível perceber o incômodo com a ausência da aula tradicional. O primeiro aluno deixa claro que sente necessidade de um professor explicando a matéria, justifica com o fato de ter dificuldade para entender os textos sozinho. Já o segundo comentário traz um elemento importante: a aluna diz ter percebido que ao discutir sobre os exercícios era possível compreender melhor os conceitos envolvidos.

É nítido que o primeiro aluno deposita a responsabilidade por seu aprendizado na “explicação” do professor, apesar de citar positivamente uma “relação de ajuda entre os alunos”. Este é o sentimento de grande parte dos estudantes da escola, acostumados a estudar Física assistindo aulas tradicionais e resolvendo listas de exercícios de lápis e papel baseados na memorização e aplicação de fórmulas.

Já a segunda dá a entender que suas concepções a respeito de seu aprendizado podem ter sofrido alguma mudança. Diz ter ficado incomodada no início, mas percebeu que conseguia aprender ao discutir com seus colegas. É possível fazer uma interpretação de que a aluna já se sente mais responsável por sua aprendizagem, pois entende que sua participação efetiva resulta em melhor compreensão. Ao fim do seu comentário podemos ver outra pequena contradição que a própria aluna percebe, pois relata sentir falta do “conteúdo no quadro” (responsabilidade no professor), mas sabe que “os textos estão disponíveis no e-mail” então, “não é muito relevante” (assume a responsabilidade).

Também é possível perceber alguns comentários em que apareciam elogios à cooperação ou a ajuda dos colegas. A seguir temos um exemplo:

“O trabalho foi mais didático e me fez aprender mais do que em qualquer outra aula. Em primeiro momento, os testes individuais após a explicação nos faziam pensar sobre o assunto e tentar acertar. Depois com a discussão em grupo, o que eu não sabia meus colegas me explicavam, o que eles não sabiam eu explicava (acontecia uma troca de conhecimentos) e depois com a explicação do professor tudo se completava de uma maneira que, mesmo não querendo aprender (às vezes), dava pra levar o conhecimento de boa parte da matéria! Parabéns pelo trabalho.”

Isto mostra que os alunos estavam entendendo que aprendiam com a ajuda de seus colegas e também ajudavam seus colegas a aprender. Dessa forma passam a se sentir responsáveis também pela aprendizagem dos outros. Um dos alunos fez um comentário que reforça esta análise:

“As aulas em equipe foram vantajosas porque além de me fazerem ler mais sobre os assuntos de física, também me fizeram ir mais às aulas porque eu sabia que se faltasse prejudicaria minha equipe.”

Esse, apesar de ser único, é um indício de que o aluno estava se colocando em uma posição de quem é fundamental para a aprendizagem do colega, já que a consequência de sua ausência é prejudicar sua equipe.

O fator de correlação entre as indicações dos alunos às afirmações (9), *“Explicar o que sabia para minha equipe não me fez aprender mais sobre física”*, e (1), *“Eu passei a maior parte das aulas pensando sobre física”*, foi de -0,74. Este valor indica que aqueles alunos que assumem ter participado mais das aulas estão mais conscientes sobre o papel das discussões em sua aprendizagem.

Assim é possível concluir que a sequência didática influenciou a forma como os alunos encaram seu aprendizado, mesmo que timidamente. Uma parcela dos estudantes mudou de opinião admitindo que seu aprendizado foi influenciado por suas ações. Talvez se as atividades fossem aplicadas por um tempo maior, essas mudanças de concepção tivessem sido mais expressivas.

6.4 A Aprendizagem dos conteúdos

Para ter um parâmetro sobre o que os alunos aprenderam, serão utilizadas as respostas às questões (22), *“Se a força resultante sobre um objeto é nula ele certamente estará em equilíbrio”*, (23), *“Quanto maior é o volume submerso de um objeto maior é o Empuxo sobre ele”*, (24), *“Quanto mais fundo está o objeto maior é o Empuxo que ele sofre”*, (25), *“Um objeto mergulhado em água sofre uma força vertical e para cima”*, (26), *“A pressão no interior de um fluido diminui à medida em que a profundidade aumenta”*, e (27), *“Forças que atuam sobre um objeto com sentidos opostos necessariamente realizam torques também opostos”*, juntamente com as impressões do professor e as notas das turmas nas provas do trimestre.

Na escola, existia uma quarta turma de terceira série em que esta sequência didática não foi aplicada, pois seus professores eram diferentes. Ao compararmos as notas das turmas A, B e C com as desta quarta turma, não são percebidas diferenças significativas (no Colégio, as provas são unificadas para as turmas de mesma série). De forma geral a turma B foi a que teve a maior média de acertos nas questões de Física II (frente na qual foi aplicada a sequência) e o menor número de acertos foi o da turma C.

Isso indica que esta sequência, na pior das hipóteses, não é prejudicial à aprendizagem dos alunos.

Ao analisar as respostas às afirmações do questionário de avaliação, podemos perceber que alguns conceitos tiveram uma quantidade razoável de respostas corretas. A tabela 6.3 enumera a quantidade de acertos em cada afirmação. Está sendo chamado de acerto com confiança aqueles que responderam corretamente assinalando as opções “*concordo fortemente*” no caso de uma afirmação correta ou “*discordo fortemente*” no caso de uma afirmação incorreta.

Questão	Acertos com confiança (%)	Acertos sem confiança (%)	Total de acertos (%)
22	8,8	13,8	22,6
23	42,5	26,3	68,8
24	26,3	23,8	50,1
25	36,3	42,5	78,8
26	57,5	32,5	90,0
27	8,8	23,8	32,6

Tabela 6.3 Porcentagem de acertos às questões referentes a aprendizagem em Física.

Obviamente estas perguntas não contemplam todo o conteúdo trabalhado, mas é possível utilizá-las em conjunto com o que foi percebido ao longo das atividades. As questões (22) e (27) são referentes a conteúdos de Torque e Equilíbrio de corpos extensos, conteúdo trabalhado no início da aplicação. A questão (22) diz respeito a uma concepção já citada no capítulo 3 de que para um corpo ficar em equilíbrio basta que a força resultante sobre ele seja nula [Rimoldini, 2005]. Já a questão (27) diz respeito ao momento do binário, que também possui ligação com a diferença entre força e torque; no caso, forças que se anulam não necessariamente geram torques que se anulam.

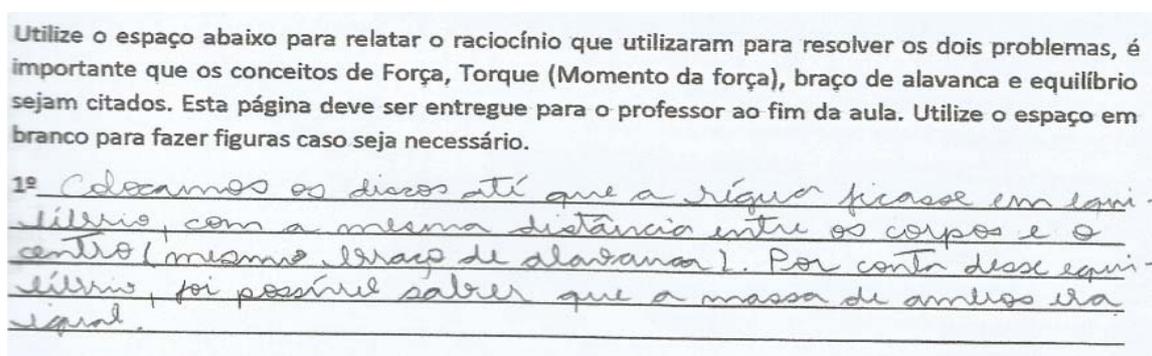


Figura 6.8. Solução proposta por uma equipe para o primeiro do problema da aula RPE I.

Essa baixa taxa de acerto já se apresentava durante a atividade. Ao analisar as respostas das equipes ao Problema de Resolução em Equipe I, pode-se notar que algumas equipes não utilizavam os conceitos físicos que haviam sido trabalhados para descrever suas soluções. As figuras 6.8 e 6.9 ilustram soluções propostas. Na figura 6.8, nota-se que o conceito de braço de alavanca foi corretamente utilizado pela primeira equipe, porém, o torque por exemplo não foi mencionado.

Para facilitar o entendimento, a transcrição da resposta na íntegra é feita a seguir:

“Colocamos os discos até que a régua ficasse em equilíbrio, com a mesma distância entre os corpos e o centro (mesmo braço de alavanca). Por conta desse equilíbrio, foi possível saber que a massa de ambos era igual.”

Utilize o espaço abaixo para relatar o raciocínio que utilizaram para resolver os dois problemas, é importante que os conceitos de Força, Torque (Momento da força), braço de alavanca e equilíbrio sejam citados. Esta página deve ser entregue para o professor ao fim da aula. Utilize o espaço em branco para fazer figuras caso seja necessário.

*1ª na 1ª tentativa foram utilizados 2 pesos de 50g
já na 2ª foram usados 1 peso de 50g e dois de 20g, porém o lado dos
pesos ficou mais pesado.
só na 3ª que foi possível o equilíbrio, que foi usado 2 pesos de 50g e o lado
oposto contém o peso desconhecido com um peso de 10g em uma mesma
distância, assim descobrimos que o peso desconhecido contém 90g.*

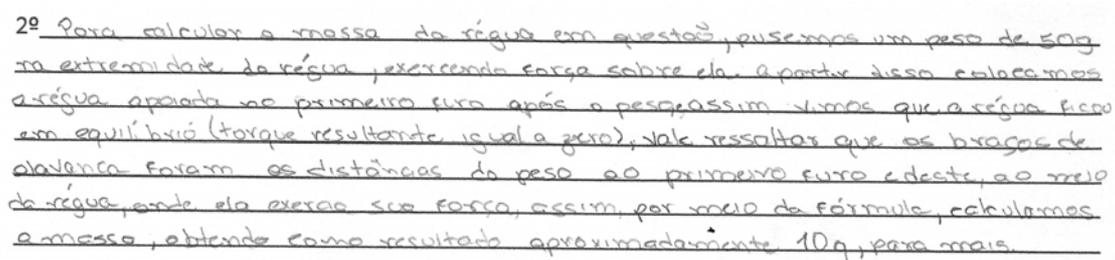
Figura 6.9. Solução proposta por uma equipe para o primeiro do problema da aula RPE I.

Já na figura 6.9, é possível observar que nenhum dos conceitos foi utilizado corretamente, inclusive surge a confusão entre força e torque que já foi mencionada. A transcrição é

“Na 1ª tentativa foram utilizados 2 pesos de 50g. Já na 2ª foram usados 1 peso de 50g e dois de 20g, porém o lado dos pesos ficou mais pesado. Só na 3ª que foi possível o equilíbrio, que foi usado 2 pesos de 50g e o lado oposto contém o peso desconhecido com um peso de 10g em uma mesma distância, assim descobrimos que o peso desconhecido contém 90g.”

Os alunos relatam que: “...o lado dos pesos ficou mais pesado” quando seu objetivo era dizer que o torque produzido pelos pesos era maior. Nota-se a confusão entre torque e força já relatados trabalhos de Arons (1997) e Rimoldini (2005).

Na situação problema 2, da aula de RPE I que envolvia o reconhecimento da posição do centro de gravidade de um corpo, algumas equipes não conseguiram completar seus relatos por questão de tempo. A figura 6.10 apresenta um relato satisfatório de solução para o problema. Nota-se que o conceito de centro de gravidade não foi utilizado de forma precisa, os alunos citam que: “(...)os braços de alavanca foram as distâncias do peso ao primeiro furo e deste ao meio da régua, onde ela exerce sua força (...)”, quando o correto seria dizer que o meio é onde está o centro de gravidade, local de atuação da força peso.



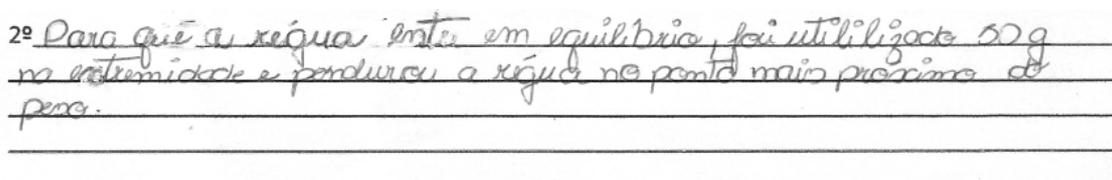
2ª Para calcular a massa da régua em questão, pusemos um peso de 50g na extremidade da régua, exercendo força sobre ela. A partir disso colocamos a régua apoiada no primeiro furo após o peso, assim vimos que a régua ficou em equilíbrio (torque resultante igual a zero), vale ressaltar que os braços de alavanca foram as distâncias do peso ao primeiro furo e deste, ao meio da régua, onde ela exerce sua força, assim, por meio da fórmula, calculamos a massa, obtendo como resultado aproximadamente 10g, para mais.

Figura 6.10. Solução correta para o problema 2 da aula de RPE I.

A transcrição da resposta presente na figura 6.10 está a seguir:

“ Para calcular a massa da régua em questão, pusemos um peso de 50g na extremidade da régua, exercendo força sobre ela. A partir disso colocamos a régua apoiada no primeiro furo após o peso, assim vimos que a régua ficou em equilíbrio (torque resultante igual a zero); vale ressaltar que os braços de alavanca eram as distâncias do peso ao primeiro furo e deste ao meio da régua, onde ela exercia sua força, assim por meio da fórmula calculamos a massa, obtendo como resultado aproximadamente 10g, para mais.”

No entanto, esta confusão pode ter origem na concepção de que a força peso sobre um corpo é exercida por ele mesmo. E isso não foi trabalhado nesta sequência. A figura 6.11 ilustra outra descrição para a solução do mesmo problema: “Para que a régua entre em equilíbrio, foi utilizado 50g na extremidade e pendurou a régua no ponto mais próximo do peso”; esta solução, porém não utiliza os conceitos que foram trabalhados nas aulas.



2ª Para que a régua entre em equilíbrio, foi utilizado 50g na extremidade e pendurou a régua no ponto mais próximo do peso.

Figura 6.11. Descrição imprecisa de solução para o problema 2 da aula de RPE I.

Na prova de final de trimestre existia uma questão semelhante aos problemas abordados nesta aula de RPE I. O índice de acerto em todas as turmas foi baixo, inclusive na turma em que a sequência não foi aplicada. A questão da prova está na figura 6.12. Muitos dos erros estavam relacionados à não identificação do centro de gravidade da barra e consequentemente adoção de um braço de alavanca incorreto para a força peso.

4ª Questão – Um professor propõe que seus alunos descubram a massa de uma barra de ferro. Para isso um aluno sugere que seus colegas façam marcações equidistantes no corpo e que tentem equilibrá-la sobre um apoio utilizando apenas um contrapeso. Alguns alunos conseguem fazer o que foi sugerido, utilizaram um saco de arroz de 4kg. A partir da construção destes alunos determine a massa da barra de ferro.

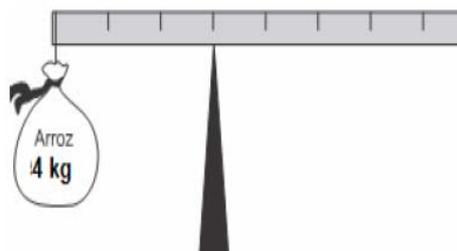


Figura 6.12. Questão sobre Equilíbrio presente na avaliação trimestral do colégio.

Ao fim do processo entende-se que o número de aulas reservado para a abordagem dos conteúdos de Estática foi insuficiente. A TL abordou muitos conteúdos e dessa forma os Testes de Preparação ficaram sobrecarregados e longos para serem resolvidos em apenas dois tempos. O mesmo aconteceu com a RPE, porém neste caso a impressão é de que deveriam ter sido trabalhados mais problemas e obviamente para isso seria preciso mais aulas nesta fase.

Quanto ao conteúdo de Hidrostática é possível notar um melhor desempenho dos estudantes. Apenas a questão (24) apresentou menor taxa de acertos, mas ainda assim a maioria das indicações estava alinhada com o conceito correto. Nesta parte do conteúdo o desempenho dos alunos também foi melhor durante as atividades da sequência, talvez por já estarem mais acostumados à metodologia e por este módulo ter possuído mais aulas.

Durante a aula de RPE II, por exemplo, praticamente todas as equipes conseguiram com êxito solucionar o problema proposto. Inclusive surgiram soluções distintas para a mesma situação problema. As figuras 6.13 mostram duas soluções propostas por diferentes equipes.

A transcrição da resposta presente na figura 6.13 é: *“Para que houvesse equilíbrio do barco, é necessário que o empuxo da água e a força peso do barco tenham o mesmo valor. Dessa forma tentamos relacionar esses dois conceitos a fim de descobrir o volume submerso. Esse volume mínimo deve ser calculado a fim de sustentar a massa dos objetos. Ao encontrar o volume submerso, partimos para a*

descoberta das medidas. Inicialmente, jogamos números para ser a altura, porém nenhuma medida encaixou nas necessidades. A partir daí, achamos o valor máximo com as medidas que tínhamos, o qual era 666 cm^3 mas continuaria abaixo do preciso. Como outra tentativa, tentamos aumentar a altura em 5cm com fita adesiva e inclinamos as abas laterais para aumentar o volume do barco a fim de aumentarmos o empuxo”

Utilize o espaço abaixo para relatar o raciocínio que utilizaram para resolver o problema, é importante que os conceitos de Força, Volume, Massa, Empuxo, Peso e Equilíbrio sejam utilizados.

Para que houvesse equilíbrio do barco, é necessário que o empuxo da água e a força peso do barco tenham o mesmo valor. Dessa forma, tentamos relacionar esses dois conceitos a fim de descobrir o volume submerso. Esse volume mínimo deve ser calculado a fim de sustentar a massa dos objetos. Ao encontrar o volume mínimo, partimos para a descoberta das medidas. Inicialmente, jogamos números para ser a altura, porém nenhuma medida encaixou nas necessidades. A partir daí, achamos o valor máximo com as medidas que tínhamos, o qual era 666 cm^3 mas continuaria abaixo do preciso para o equilíbrio. Como outra tentativa, tentamos aumentar a altura em 5 cm com fita adesiva e inclinamos as abas laterais para aumentar o volume do barco a fim de aumentar o empuxo.

Figura 6.13. Solução proposta por uma equipe para o problema da aula de RPE II.

Esta equipe partiu da condição de equilíbrio para afirmar que : “ (...) o empuxo da água e o peso do barco tenham o mesmo valor (...)”. Com isto determinaram que volume o barco deveria possuir para sustentar a carga que havia sido informada. Já na figura 6.14 está uma solução diferente proposta por outra equipe. Eles partiram da relação entre as densidades para calcular o volume submerso. Afirmaram que “(...) para que o barco suporte o peso adicional é necessário que a densidade de todo o sistema seja menor que a densidade da água (...)”. Este trecho está alinhado com o raciocínio presente na TL sobre flutuabilidade. Pode-se ler na resposta presente na figura 6.14: “Tendo em vista que para que haja flutuabilidade o empuxo exercido pela água seja igual ao peso do líquido deslocado e que a porcentagem de massa submergia é proporcional a densidade do material em relação a densidade da água, para que o barco suporte o peso adicional é necessária que a densidade de todo o sistema seja menor que a densidade da água . Sabendo que a massa total do sistema é de 323,6g se adotarmos as medidas do barco como 19,1 de extensão; 8,2 de largura e 2,8 de altura,

seu volume será $438,5 \text{ cm}^3$. Com isso sua densidade será $0,737$, ou seja o barco só afundar $73,7\%$ ”

Tanto em vista que para que haja flutuabilidade a empuxo exercida pela água seja igual ao peso do líquido deslocado e que a porcentagem de massa submersa é proporcional a densidade do material em relação a densidade de água, para que o barco suporte o peso adicional é necessário que a densidade de todo o sistema não menor que a densidade de água (1 g/cm^3). Sabendo que a massa total do sistema é de $323,6 \text{ g}$, de adotamos as medidas do barco como $13,1$ de extensão, $8,2$ de largura e $2,8$ de altura, seu volume será $438,5 \text{ cm}^3$. Com isso sua densidade será $0,737$, ou seja, o barco só afundar $73,7\%$

Figura 6.14. Solução proposta por equipe para o problema da construção do barco.

Na avaliação trimestral do colégio uma questão sobre empuxo e fluabilidade estava presente e o desempenho dos alunos foi fraco. A figura 6.15 ilustra a questão, ao analisar as resoluções propostas a maior quantidade de erros parecia estar relacionada com o entendimento da questão, do que com conhecimentos físicos. Os alunos utilizavam a condição de equilíbrio corretamente, mas não calculavam o volume que era pedido. Muitos afirmaram posteriormente não ter associado a questão ao problema trabalhado em sala.

33 Questão – Uma pequena plataforma P_1 flutua em água (densidade 1 g/cm^3) de maneira que seu volume submerso é de 200 cm^3 . Sobre ela é colocado um outro corpo de massa 400 g . Com esse procedimento, verificou-se que o conjunto dos dois corpos afunda mais um pouco, conforme é mostrado na figura a seguir. Considere o valor da aceleração gravitacional como 10 m/s^2 . Sabendo que o empuxo corresponde ao peso do líquido deslocado, **determine qual deve ser o volume mínimo da plataforma para que o sistema fique em equilíbrio como na figura.**

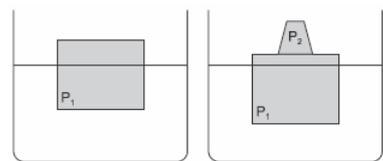


Figura 6.15. Questão sobre Empuxo presente na avaliação trimestral da escola

A partir das observações feitas, pode concluir que as atividades tiveram efeito positivo na mudança de concepção dos alunos. O resultado na avaliação trimestral não foi muito diferente do resultado das outras turmas; mas durante as aulas da sequência a resposta dos alunos correspondeu às expectativas. É importante lembrar que este tipo de metodologia não pode ser avaliada apenas pelo desempenho em provas, como já foi observado por Oliveira (2016b). Entende-se que fazem-se necessárias mais aulas de

RPE para melhorar este desempenho. A aplicação da sequência não comprometeu o desempenho dos alunos nas avaliações tradicionais.

6.5 O Comprometimento com as atividades

O que nesta seção é chamado de comprometimento dos alunos diz respeito à assiduidade às aulas, à execução das Tarefas de Leitura e seus respectivos formulários com seriedade. As questões (16) e (17) tratam diretamente deste tema. A figura 6.16 ilustra as respostas a essas questões.

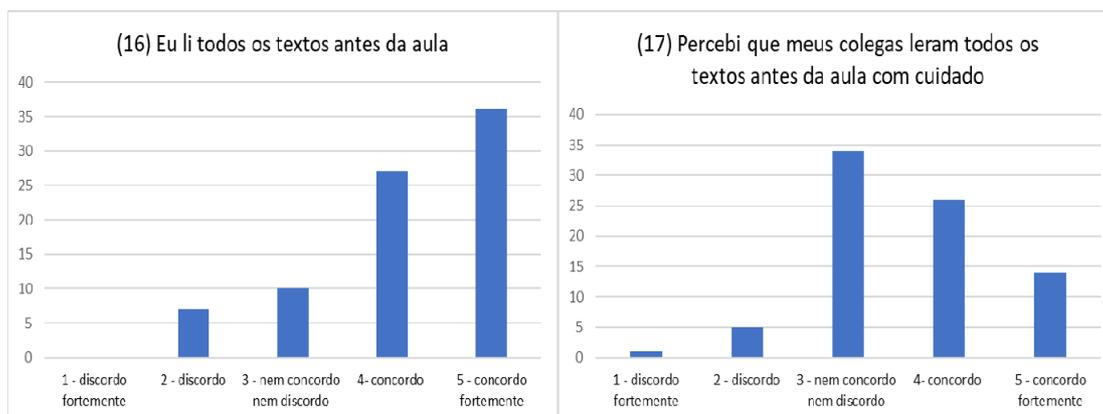


Figura 6.16. Respostas às questões (16) e (17)

A diferença nas respostas às duas perguntas é nítida. Enquanto a maioria afirma fortemente ter lido todos os textos, quando o julgamento é sobre a leitura por parte de seus colegas esse grau de certeza diminui consideravelmente. Também é perceptível que a quantidade de alunos que afirmam não ter lido os textos é muito semelhante à quantidade de alunos que afirma que seus colegas não leram.

Dessas respostas é possível fazer uma interpretação de que a maior parte dos estudantes acredita ter realizado as tarefas com assiduidade, mas não confia que seus colegas tenham feito com mesma dedicação. Ao mesmo tempo existe uma pequena parcela que admite não ter se comprometido com as TL e que seus colegas tiveram postura semelhante.

Para o professor o comprometimento das turmas de maneira geral foi bom. Apesar de poucos formulários terem sido respondidos pela totalidade dos alunos de uma turma, a quantidade de respostas sempre foi alta. Algumas atitudes por parte do professor foram necessárias ao longo da aplicação, como enviar e-mails para as turmas lembrando do prazo para o fechamento do formulário e prorrogar o prazo em algumas ocasiões visto que o número de respostas ainda era baixo.

As TL eram enviadas para o e-mail das turmas com no mínimo 5 dias de antecedência em relação à aula. Porém, em nenhuma oportunidade foi possível fechar o recebimento de respostas com a antecedência ideal para a preparação do material. Infelizmente é perceptível que os alunos deixam para realizar as atividades no dia anterior à aula. Mesmo assim, era frequente que alunos que não tinham conseguido enviar as respostas até o horário limite se justificassem no dia da aula afirmando ter lido o texto.

Também foi possível notar algumas respostas curtas às perguntas feitas nos formulários das TL; respostas em que o raciocínio era colocado sem detalhes e muitos não faziam perguntas nem comentários nas seções disponíveis para isso. Foi possível porém perceber que com o passar do tempo a qualidade das respostas e dos comentários foi melhorando. Acredita-se que a utilização dos comentários dos alunos nas aulas, projetando-os no quadro durante a explanação, estimulou a participação de mais alunos.

Foram muitos os relatos de dificuldades para responder os formulários e esquecimentos no formulário de avaliação das atividades. Neste inclusive o índice de alunos que não responderam foi de 13%, o que pode-se considerar alto já que uma pontuação da nota foi atribuída ao simples envio da resposta. Os comentários a seguir exemplificam estes relatos:

“achei interessante a adoção de um novo método de aula, (...) pontos fracos: o fato de a presença valer ponto é complicado, pois às vezes não é possível chegar na hora certa e aí já era. Também é difícil porque acaba desfalcando o grupo, o que pode causar dificuldades. O método de formulários é bom também, mas eu esqueço muito deles (não é por mal, juro) e aí tenho que fazer tudo de última hora correndo e acaba não sendo muito produtivo. Acho que é isto.”

“Gostei bastante da sala de aula invertida, consegui aprender bastante, de uma forma que nunca tinha entendido os conteúdos de física. A parte ruim do projeto foi que ao ter que responder os formulários a cada aula, ganhamos uma nova obrigação, deixando a rotina mais pesada. Porém, acredito que com o tempo esta obrigação se tornaria um hábito, mais difícil de esquecer e mais fácil de executar. O saldo geral foi bastante positivo.”

Os formulários foram frequentemente citados como uma obrigação e nos relatos muitos alunos diziam não ter tempo para respondê-los. Visto que os formulários continham poucas perguntas quando comparadas a exercícios de uma seção de livro didático, por exemplo, esta postura dos alunos pode ser associada à falta de hábito de

estudar Física. As Tarefas de Leitura e formulários foram encarados como uma tarefa a mais.

Em outros relatos esse comportamento fica mais visível, é possível perceber que os alunos com frequência só estudam os conteúdos na proximidade da prova. O comentário a seguir exemplifica esta prática.

“Achei muito legal esse novo modelo de aulas, porque a gente vai estudando aos poucos e isso evitar acumular matéria, aprendendo em partes. O único problema está na dificuldade de reservar um tempinho, mesmo que pequeno, ou ao menos lembrar de responder o formulário. Como estamos no ritmo de pré-vestibular, algumas vezes fica complicado conciliar tudo e ter esse momento de ler o material e responder às perguntas.”

Nota-se que “*estudar aos poucos*”, “*aprender em partes*” e “*não acumular a matéria*” são novidades para este aluno. O entendimento de que as atividades do colégio não são úteis como preparação para o vestibular, citado pelo aluno, também foi recorrente em comentários feitos em sala. Como muitos estudantes fazem cursos preparatório em conjunto com o colégio, seu tempo de dedicação é de fato reduzido.

A partir do exposto é possível afirmar que o comprometimento dos alunos nas atividades em sala foi satisfatório. Já nas atividades que foram feitas em casa o empenho não foi o mesmo, a leitura dos textos nas vésperas das aulas prejudicou a preparação do professor e também o envio dos formulários por parte dos alunos, que respondiam com pressa e desta forma a qualidade das respostas não foi a ideal.

Capítulo 7

Considerações Finais

Este trabalho se propôs a produzir uma sequência didática que utilizasse metodologias ativas, aplicá-la e avaliar sua viabilidade para a utilização em turmas de ensino médio. A aplicação das atividades levou 7 semanas de aulas, sem contar as semanas em que por algum motivo externo não houve aula nas turmas. Após os resultados apresentados no capítulo anterior, fica claro que a sequência se mostrou uma boa alternativa para os professores que desejarem criar um ambiente de sala de aula invertida em suas turmas. Como todo trabalho, é passível de aperfeiçoamentos; por exemplo, a apresentação de um número maior de problemas nas aulas de RPE e a utilização de mais aulas de preparação para o conteúdo de Estática.

Existem alguns indicativos de que as atividades tiveram êxito em modificar a postura passiva dos alunos em sala de aula. Como explicitado no capítulo 6, surgiram muitos relatos de alunos que diziam ter participado mais, pensado mais em Física e terem se sentido mais motivados a participar das aulas do que em uma aula de Física tradicional.

No mesmo sentido, os dados provenientes do formulário de avaliação das atividades indicam que o ambiente criado nas aulas foi de cooperação e era propício à discussões sobre física, principalmente entre os alunos mais ativos no processo. Ao compararmos os dados das indicações às afirmações (1) *“Eu passei a maior parte das aulas pensando em física”* e (16) *“Eu li todos os textos antes das aulas”*, observamos um fator de correlação de 0,6, indicando que os alunos mais comprometidos com as atividades em casa entendem que a aula foi mais proveitosa, já que refletiram sobre os conteúdos na maior parte do tempo. Esta é uma constatação importante para a sequência. Atualmente são frequentes as queixas de professores sobre a dificuldade em manter a atenção dos jovens. Então estratégias que tenham sucesso nesse quesito devem ser estimuladas.

Quanto ao ambiente criado nas equipes, a afirmação (6) *“Me senti à vontade para expressar minhas ideias e opiniões em minha equipe”* apresentou forte correlação, de 0,72, com a (14), *“Meus colegas de equipe puderam contar comigo durante a resolução das atividades”*. Isso indica que os alunos que puderam expressar suas opiniões em suas equipes consideram ter contribuído positivamente com seus

companheiros e revelando evidências que o sentimento de cooperação estava presente nas equipes.

Outro dado a se destacar é a avaliação dos alunos quanto às afirmações (18), “*O trabalho em equipe foi desagradável*”, e (5), “*Meus colegas participaram ativamente das discussões*”. O fator de correlação entre as respostas foi de -0,7. Mais alto, inclusive, do que entre afirmações contraditórias como a (4) e (21) citadas no capítulo 6. Esse resultado indica que os alunos que percebem seus colegas participando ativamente tendem a julgar o ambiente da aula como agradável. Em um momento em que o país está passando por uma reforma educacional, que em parte diminui a obrigatoriedade de aulas de ciências no ensino médio, é animador que estudantes classifiquem o ambiente de uma aula de física como agradável.

Sobre os resultados das turmas na avaliação formal não terem sido tão animadores quanto sua participação nas atividades, é importante lembrar que a aprendizagem neste tipo de metodologia não deve ser avaliada apenas por provas tradicionais [Oliveira 2016b]. Mesmo assim, é necessário um maior tempo de utilização desta metodologia para que uma avaliação mais profunda seja feita, quanto aos impactos na aprendizagem em Física dos alunos.

Interessante destacar uma reclamação da maioria dos alunos quanto à dificuldade de se adaptar a este método. Sugeriram inclusive que fosse adotado desde a 1ª série. Segundo eles, já estavam acostumados a estudar Física “*decorando fórmulas*” e a mudança gerou muita insegurança, principalmente, o que é curioso, nos alunos que foram classificados (no capítulo 5) como de bom desempenho em física pois possuíam boas notas no ano anterior. O fracasso da abordagem tradicional fica evidente: esses alunos já acostumados à memorização não reconheciam as discussões em equipe como uma aula de Física. Os comentários a seguir ilustram bem esse cenário:

“Achei interessante esse novo método. Não sei se é eficiente, pois senti falta da matemática e exercícios. Acredito que os exercícios feitos em sala eram muito mais lógica. Ler os textos em casa antes apontam os que estão mais interessados e é uma boa maneira de agilizar a aula e "achar" as dúvidas, mas ainda assim senti certa falta de uma explicação mais aprofundada na sala, de fórmulas, e exercícios mais como os da última aula resolvidos (com números). Espero a prova para conferir os resultados da experiência e descobrir se realmente aprendi a matéria e como aplicá-la.”

“eu gostei muito do trabalho mas tenho que ser sincera e admito que embora tenha sido muito bacana eu senti muita falta da teoria em si,

parecia mais que a gente só comentava as dúvidas. Acho que poderia ser melhor se déssemos a teoria em aula e depois comentássemos as dúvidas dos formulários e do material de apoio, tipo teoria mesmo, fazendo exemplos em sala, não sei, senti um pouco de falta disso porque é o que estamos acostumados a fazer sabe.

Admito que lembrar de fazer os formulários também era difícil. Adorei as práticas, gostei muito de poder colocar em prática as coisas que a gente aprendeu na aula.

Enfim, acho que foi isso. As vezes eu sentia que não estava aprendendo sabe eu sentia falta das questões mas quando fui fazer a lista eu senti que sabia, não sei explicar.”

Ambas dizem sentir falta da matemática, o primeiro ao afirmar que “*os exercícios resolvidos em sala eram só lógica*” está se referindo aos testes de preparação de caráter conceitual, ou seja, não reconhece esse tipo de abordagem como uma aula de Física. Já o segundo diz “*sentir falta da teoria*”, e está se referindo à explanação do professor e a matéria escrita no quadro. Mas admite se surpreender pois “*sentia que não estava aprendendo sabe eu sentia falta das questões mas quando fui fazer a lista eu senti que sabia*”.

No futuro pretende-se aperfeiçoar a sequência, melhorando os textos das TLs, acrescentando mais mídias como vídeos e simulações computacionais e criar módulos para outros conteúdos de física, de forma a aplicar a sequência por um período maior.

A experiência aqui descrita revela que é possível a utilização de metodologias ativas no ensino médio, em particular combinando o método de aprendizagem baseada em problemas com o ensino sob medida. Essa experiência revela que, mesmo com o curto tempo disponível, há impacto sobre o comportamento, postura em relação à aprendizagem e hábitos de estudo dos alunos.

Referências

- [Araújo e Mazur 2013] I. S. Araújo, e E. Mazur. Instrução pelos colegas e ensino sobre medida uma proposta para o engajamento dos alunos no processo de ensino aprendizagem de Física, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* v. **30**, n. 2, 2013.
- [Arons 1997] Arnold B. Arons, *Teaching Introductory Physics*. New York, John Wiley & Sons, 1997.
- [Barros 2004] J. Acacio de Barros, Julie Remold, Glauco S.F. da Silva, J.R. Tagliati. Engajamento interativo no curso de Física I da UFJF. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. **26**, n. 1, p. 63-69, 2004.
- [Besson 2004] U. Besson. Students' conceptions of fluids. *International Journal of Science Education*, v. **26**, n. 14, p. 1683-1714, 2004.
- [BRASIL 2002] BRASIL / MEC/SEMTEC. PCN+ Ensino médio: Orientações educacionais complementares aos parâmetros curriculares nacionais. 2002.
- [Clement 2011] Luiz Clement e Eduardo Adolfo Terrazzan. Atividades didáticas de resolução de problemas e o ensino de conteúdos procedimentais. *Revista electrónica de investigación en educación en ciencias*, v. **6**, n. 1, p. 87-101, 2011.
- [Hake 1998] R.R. Hake. *Am. J. Phys.* v. **66**, p. 64-71, 1998. doi: 10.1119/1.18809
- [Mazur 1999] Eric Mazur. *Peer instruction: A user's manual*. Prentice Hall do Brasil, New Jersey, 1999.
- [McDermott 1998] Lillian C. McDermott, Peter S. Shaffer and Physics Education Group. Prentice Hall, New Jersey. 1998.
- [Michaelsen 2014] L. K. Michaelsen, N. Davidson, C. Major. Team Based Learning Practices and Principles in Comparison with Cooperative Learning and Problem Based Learning. In: "Journal on Excellence in College Teaching: Volume 25, Numbers 3 & 4" (2014). Centers for Teaching and Technology - Book Library. 155.
<https://digitalcommons.georgiasouthern.edu/ct2-library/155>
- [Oliveira 2016a] Tobias Espinosa de Oliveira, Ives Solano Araújo, Eliane Angela Veit. Sala de aula invertida (flipped classroom). *Física na escola*. São Paulo. Vol. 14, n. 2 (out. 2016), p. 4-13, 2016

[Oliveira 2016b] Tobias Espinosa de Oliveira, T. E., Ives Solano Araújo. e Eliane Veit, E. A, Aprendizagem Baseada em Equipes (Team-Based Learning): um método ativo para o Ensino de Física. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 33, n. 3, p.962-986, dez. 2016.

[Ortiz 2005] Luanna G. Ortiz; Paula RL Heron; Peter S. Shaffer. Student understanding of static equilibrium: Predicting and accounting for balancing. *American Journal of Physics*, v. 73, n. 6, p. 545-553, 2005.

[Pérez 1992] Daniel Gil Pérez et al. Questionando a didática de resolução de problemas: elaboração de um modelo alternativo. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 9, n. 1, p. 7-19, 1992.

[Peduzzi 1997] Luiz Orlando de Quadro Peduzzi. Sobre a resolução de problemas no ensino da física. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 14, n. 3, p. 229-253, 1997.

[Rimoldini 2005] Lorenzo G. Rimoldini; Chandralekha Singh. Student understanding of rotational and rolling motion concepts. *Physical Review Special Topics-Physics Education Research*, v. 1, n. 1, p. 010102, 2005.

APÊNDICE A



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
Instituto de Física
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física
Mestrado Profissional em Ensino de Física
Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física



ESTÁTICA E HIDROSTÁTICA POR RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS EM EQUIPE

Thiago Nascimento Higino da Silva

Marta Feijó Barroso

Material instrucional associado à dissertação de mestrado
de Thiago Nascimento Higino da Silva, apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da
Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Rio de Janeiro
Agosto de 2018

Introdução

Caro professor,

Apresenta-se aqui a sequência didática inspirada na metodologia da Aprendizagem Baseada em Equipes (*Team Based Learning*) e Ensino sob Medida (*Just in Time Teaching*) para os temas de Estática dos Corpos Extensos e Hidrostática no ensino médio. Essa sequência foi criada a partir da utilização em conjunto das metodologias por Oliveira (2016) em turmas de ensino superior. O modelo foi adaptado para se adequar às aulas de ensino médio e foi produzido todo o material instrucional que será descrito a seguir. A sequência foi utilizada em sala de aula do 3º ano do ensino médio de um colégio da rede pública federal do estado do Rio de Janeiro.

O material aqui disponível é apresentado para os colegas professores que desejam utilizá-lo em sala de aula ou utilizá-lo como base para novos materiais.

São apresentados:

- as Tarefas de Leitura (TL) preparadas;
- os Testes de Preparação Individual (TPI); os Testes de Preparação de Equipe (TPE) utilizados foram os mesmos Testes de Preparação Individual
- os problemas para a aula de Resolução de Problemas em Equipe (RPE);
- o Questionário de Identificação dos Grupos;
- instruções para elaboração do cartão resposta (“raspadinha”).

No trabalho desenvolvido em sala de aula, a sequência didática utilizada foi a apresentada na Tabela 1. Essa estrutura foi pensada para uma turma em que aconteça uma aula semanal de no mínimo 1h e 30min. Caso a sequência seja utilizada em turmas com quantidade de aulas ou duração diferentes, recomenda-se adaptar as TLs e os Testes de Preparação de forma a que consigam ser trabalhados no período disponível.

As Tarefas de Leitura devem ser enviadas para as turmas com antecedência. Os alunos devem estudá-las e na sequência responder o formulário eletrônico com as questões conceituais (nesta aplicação foi utilizado a plataforma *Google Forms*). O professor deve receber as respostas dos alunos e utilizá-las para preparar uma rápida

explicação que será feita no início das aulas de preparação. Recomenda-se que algumas das respostas dos alunos sejam reproduzidas em sala como exemplo, tomando o devido cuidado para não gerar constrangimento.

	Em casa	Em aula
Preparação	TL I sobre Torque, Centro de Gravidade e Equilíbrio	TPI I e TPE I
Aplicação	TL II sobre torque (Partes do livro de Guimarães e Fonte Boa (2006) com exercício resolvido) Questão sobre marcação de forças e equilíbrio de uma escada	RPE I – Balança de Braços
Preparação	TL III sobre Pressão hidrostática	TPI II e TPE II
Preparação	TL IV sobre Empuxo (empuxo a partir da pressão, dependência do volume deslocado)	TPI III e TPE III
Aplicação	TL V sobre Empuxo (flutuabilidade a partir da diferença de densidades)	RPE II – Construção de Embarcação

Tabela 1- Estrutura da sequência aplicada na turma C, que possuía 2 tempos semanais de 1h e 30 min

Então, após a explicação do professor os alunos devem fazer os testes de preparação, primeiro individualmente (TPI), em seguida reunidos em suas equipes (TPE) e utilizando o cartão resposta de feedback instantâneo (raspadinha). O modelo de cartão resposta utilizado e os procedimentos necessários para sua confecção estão descritos ao fim deste anexo.

Após a aula de preparação, o professor deve enviar outra TL para os alunos e repetir o processo de preparar sua explicação na aula seguinte, utilizando as respostas dos estudantes. Esta aula é a de Aplicação; após as dúvidas com as TLs serem sanadas pelo professor os alunos devem se reunir com suas equipes e começar o processo de resolução de problemas. Cada equipe deve receber um pequeno quadro a ser utilizado para apresentar suas soluções.

Após a resolução, as equipes devem utilizar os quadros para apresentar sua solução para as outras, que devem criticar e sugerir melhorias ou correções. É importante que todas as equipes façam o mesmo problema e que coloquem suas soluções nos quadros antes que comecem as apresentações das outras equipes, para evitar que as soluções apresentadas sofram influências.

O material é apresentado da forma como foi aplicado nas turmas A, B e C. As turmas A e B, dispunham de 1 aula semanal de 45 min e 1 aula quinzenal de 1h e 30 min. Já a turma C dispunha de 1 aula semanal de 1h e 30 min. Essa diversidade justifica as diferentes configurações. As TLs e os TP utilizados na turma C foram divididos para serem utilizadas nas turmas A e B.

Para saber mais

Para o professor que quiser mais informações sobre as metodologias ativas de aprendizagem inspiradoras desta sequência e sobre outras metodologias semelhantes, apresenta-se uma lista, não exaustiva, com alguns trabalhos que descrevem a aplicação destas metodologias em aulas de Física.

- S. Araújo, e E.Mazur. Instrução pelos colegas e ensino sobre medida uma proposta para o engajamento dos alunos no processo de ensino aprendizagem de Física, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* v. **30**, n. 2, 2013.
- J. Acacio de Barros, 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.
- Tobias Espinosa de Oliveira, Ives Solano Araújo, Eliane Angela Veit. Sala de aula invertida (flipped classroom). *Física na escola*. São Paulo. Vol. **14**, n. 2 (out. 2016), p. 4-13, 2016
- Tobias Espinosa de Oliveira, Ives Solano Araújo, Eliane Angela Veit. Aprendizagem baseada em equipes (Team based learning): um método ativo para o ensino de Física. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, vol. **33**, n. 3, p. 962-986, dez 2016.

Apêndice A.1

Tarefas de Leitura

Tarefa de Leitura I – Torque e Equilíbrio

Torque

Observe as portas representadas na figura 1. Se você fosse escolher uma delas para sua casa, qual seria? Tenho certeza que sua resposta seria: “a da esquerda” e muito provavelmente diria que a maçaneta da outra porta está no lugar errado. Mas porque a maçaneta tem um lugar “correto”? Será que não é possível abrir a porta com a maçaneta colocada em outro ponto? Sim, é possível, mas ficaria bem mais difícil; ou seja, seria necessária uma força maior para abrir a porta.

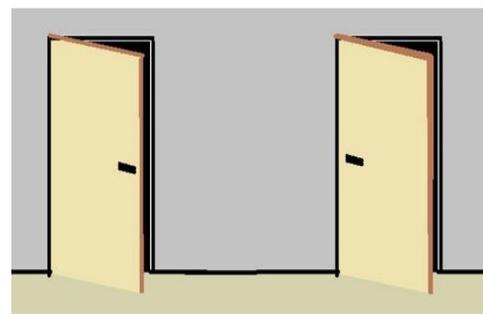


Figura 1. Portas com maçanetas em posições diferentes

Podemos perceber que, quando desejamos abrir uma porta, além da força que exercemos também é relevante o local onde a força é exercida. Esse raciocínio é válido sempre que desejarmos girar um corpo. Sendo assim, responda: em que posição para aplicação da força dentre as mostradas na figura 2 será mais fácil abrir o parafuso (girar a chave)?

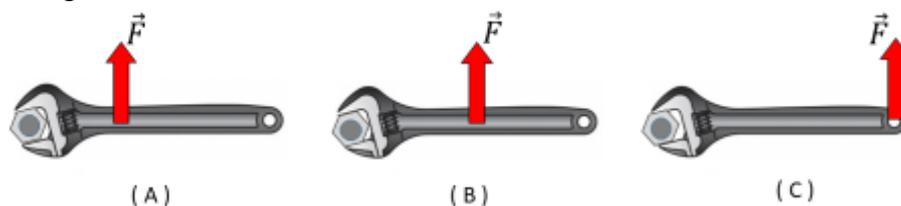


Figura 2. Forças exercidas em diferentes lugares de uma chave de boca.

Assim como na situação anterior, na figura C será necessária uma força de intensidade menor que nas outras. Agora vamos pensar nas três situações mostradas na figura 3. Em qual delas seria mais fácil de rodar a chave, ou seja, em qual delas precisaríamos exercer uma força menor?

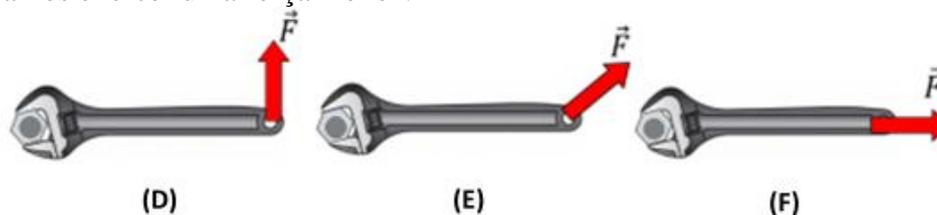


Figura 3. Forças atuantes no mesmo ponto em diferentes direções.

Repare que a situação D da figura 3 é idêntica à situação C da figura 2. As forças na figura 3 são aplicadas à mesma distância do eixo de rotação, porém de formas (orientações em relação ao braço da chave) diferentes. Na situação C seria necessária uma força menor (e na situação F a chave nunca giraria). Isto indica que o que influencia na hora de girar o corpo não é apenas a distância entre o ponto de aplicação

da força e o eixo de rotação. Observe a figura 4: à esquerda a imagem da chave da figura anterior é repetida e à direita estamos observando a situação de perfil.

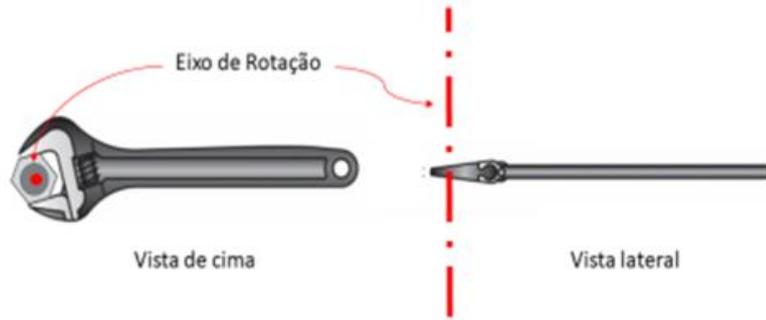


Figura 4. Vista superior e vista lateral de uma chave

O parafuso no ponto central (em vermelho na imagem), à esquerda da figura 4, representa o eixo em torno do qual a chave irá girar. Este eixo é chamado de eixo de rotação. A distância deste eixo à direção da força é chamada de *braço da alavanca*. É esta distância que influencia na capacidade que uma força possui de girar o corpo. Na figura 5 o *braço da alavanca* está representado pelo segmento de reta que liga a posição do parafuso à direção da reta de aplicação da força (em azul).



Figura 5. A inclinação da força modifica o comprimento do Braço de Alavanca.

Então essa capacidade (de girar o corpo) é influenciada pela direção em que a força é exercida. Pensando na porta citada no início do texto, fica fácil constatar que não será possível abri-la se a força sobre a maçaneta for exercida para cima ou para baixo. É simples perceber que ao inclinarmos a força, o braço (D) muda de comprimento e em certas situações é nulo. Observe na figura 6 que quando a direção da força passa pelo eixo de rotação ela não é capaz de girar o corpo.



Figura 6. Força que não gera Torque, já que o *braço da alavanca* é nulo

*Na física, expressamos essas propriedades utilizando a grandeza denominada **Torque** (muitas vezes chamada momento de uma força), que está associada à capacidade que uma força possui de provocar a rotação de um corpo em torno de um eixo.*

Então é possível estabelecer uma relação de proporcionalidade entre o Torque, o módulo da Força exercida e o braço de alavanca

$$\tau = F \cdot D$$

A unidade de medida para a grandeza torque no Sistema Internacional de Unidades é o Newton.metro (N.m). Torques em sentidos opostos devem ser associados a sinais opostos.

Dessa forma, a simples atuação de uma força não garante a existência de torque. Para que a força seja capaz de girar o corpo é necessário que o braço da alavanca não seja nulo. Da mesma forma, a força resultante em um corpo ter módulo nulo não significa que não exista um torque resultante, ou seja, o corpo pode girar mesmo em casos de força resultante zero. Observe a figura 7: nela atuam sobre o volante duas forças opostas, porém em três situações distintas.

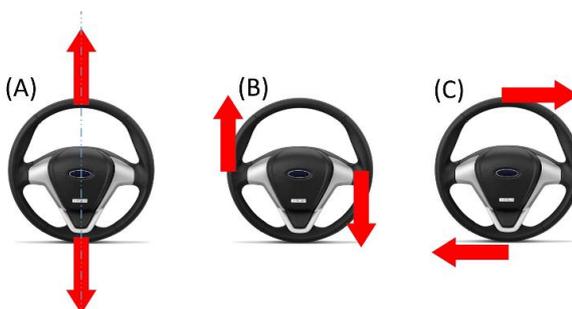


Figura 7. Forças opostas atuando sobre um volante.

Nos três casos, se as forças exercidas têm mesmo valor em módulo, a resultante de sua soma é zero. Mas em alguma das situações o volante irá girar? A resposta é sim; em B e em C as forças não estão sobre uma direção que passa pelo eixo de rotação (centro do volante); nestes casos existe um braço de alavanca e existem Torques. No caso A, o volante não gira, já que as forças estão na direção que passa pelo eixo de rotação e dessa forma possuem braço de alavanca nulo.

Os sistemas mostrados em B e C são chamados de *binários* de forças. São situações em que duas forças de mesmo módulo e direção, porém sentidos opostos, atuam em um corpo e geram Torque. Muitas ferramentas utilizam binários de força para facilitar tarefas; algumas estão mostradas na figura 8.

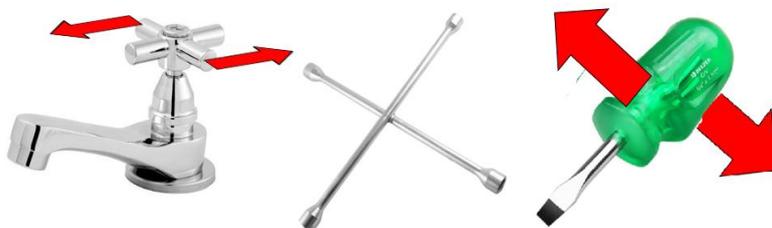


Figura 8. Sistemas que utilizam binários em nosso cotidiano.

Dessa forma, não podemos afirmar que um corpo fica em equilíbrio simplesmente quando a força resultante que atua sobre ele é nula, já que mesmo nesta situação pode haver um Torque resultante e o corpo pode girar. Então o que é necessário para manter objetos em equilíbrio estático, ou seja, em repouso? Isto é o que veremos na próxima seção.

Equilíbrio Estático

Na seção anterior falamos sobre o binário, um par de forças que se anula, mas provoca torque, ou seja, mesmo com força resultante nula é possível que um corpo extenso não fique em equilíbrio. Quais então serão as condições de equilíbrio? Vamos imaginar uma situação: o que é preciso para manter uma sacola com 4kg de compras em repouso?

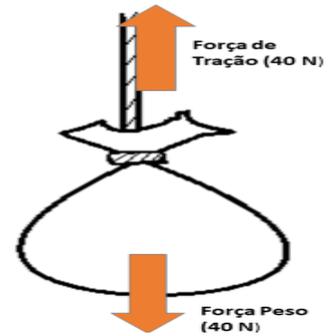


Figura 8. Forças que atuam em uma sacola em equilíbrio.

A resposta é uma força vertical e oposta ao peso de 40N, já que a força peso sobre a sacola tem este mesmo valor seria necessária exercer uma força com esta intensidade vertical e para cima.

Agora se tivéssemos duas sacolas de 2kg cada e tivéssemos que equilibrá-las utilizando uma barra (de massa desprezível), como mostra a figura 9. O que seria preciso? Com certeza a mesma força de 40 N. Porém esta força poderia ser exercida em qualquer ponto da barra? Para conseguir o Equilíbrio essa força precisa ser feita no centro da barra.

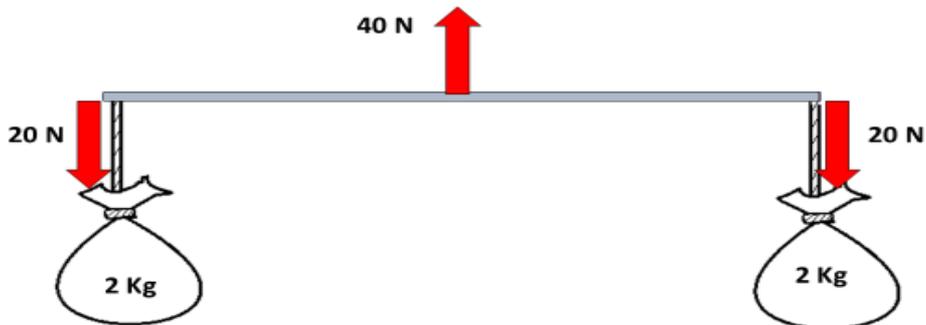


Figura 9. Equilibrando pesos iguais na extremidade de uma barra.

Mas e se as massas das sacolas fossem diferentes?

Por exemplo, e se uma das sacolas tivesse 1 kg e a outra 3kg? Ainda seria necessária uma força de 40N, porém a barra ficaria em equilíbrio com esta força atuando em seu centro? Também não é difícil de imaginar que neste caso a força deveria ser feita mais próxima da sacola de maior massa, assim como está representado na figura 10. Caso contrário a barra iria girar. Ou seja, para que esta barra fique em equilíbrio é necessário que não exista torque resultante.



Figura 10. Equilibrando pesos diferentes nas extremidades de uma barra.

A mesma condição é válida sempre que as forças que atuam sobre um corpo não são aplicadas em um único ponto. No caso da primeira sacola, como só havia a força peso atuando

sobre ela, para equilibrá-la bastava fazer uma outra oposta e no mesmo ponto (ou mesma direção). Assim o torque gerado pelas duas forças seria nulo em relação a qualquer ponto.

No caso de mais de uma força atuando no corpo, ou de forças que atuem pontos diferentes, com braços de alavancas diferentes, como é o caso da figura 10, precisamos estabelecer que os torques produzidos devem se anular para que o corpo não gire.

Além da força resultante ser nula, o torque resultante (em relação a qualquer eixo de rotação) também deve ser. Sendo assim para que um corpo fique em equilíbrio temos duas condições:

$$|\vec{F}_R| = 0 \quad e \quad |\vec{\tau}_R| = 0$$

Centro de Gravidade

Daqui para frente, iremos trabalhar com objetos extensos, ou seja, devemos considerar suas dimensões. Isto porque, como discutido antes, os locais de atuação das forças irão influenciar em seus braços de alavanca e conseqüentemente no torque que realizam. Dessa forma, ao representarmos as forças atuantes em um objeto, deve-se tomar cuidado com o local onde iremos desenhá-las.

Uma das forças com a qual mais trabalharemos é a força Peso. Sabemos que cada pedacinho do objeto é atraído para o centro da terra, então cada pedacinho sofre a ação da força peso. Porém, para simplificar a análise, imaginamos que a força peso de um corpo atua em um único ponto. Este ponto é chamado Centro de Gravidade.

Quando desejamos equilibrar um corpo podemos pendurá-lo pelo centro de gravidade. Como dessa forma a força peso e a força que o está sustentando atuam na mesma direção, seus torques seriam nulos. Observe o objeto genérico da figura 11. Se fosse pendurado pelo ponto A indicado, as forças Peso e a força feita em A realizariam torques e o objeto giraria no sentido horário.

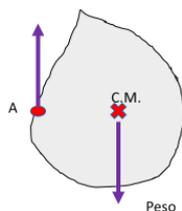


Figura 11. Forças que atuam em um objeto pendurado

Em objetos de dimensões comuns podemos afirmar que o Centro de gravidade de um corpo se situa em seu Centro de Massa.

Como encontrar o centro de gravidade?
<https://www.youtube.com/watch?v=8eawVAfLfJc>
https://www.youtube.com/watch?v=66Qy_dfjPa4

Para corpos homogêneos e simétricos o centro de massa se localiza no próprio centro geométrico do corpo, como pode ser visto na figura 12.



Figura 12. Objetos homogêneos e simétricos e seus respectivos centros de massa

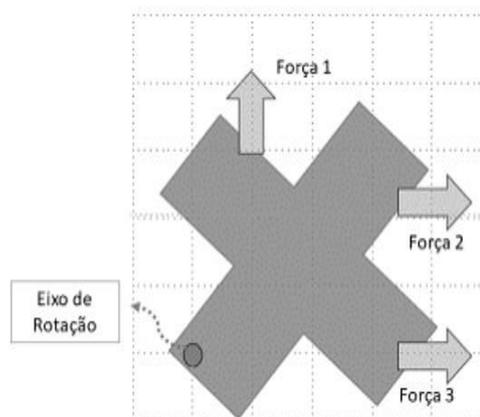
Após a leitura desse texto, abra o link disponível no e-mail e responda às perguntas presentes no formulário desta tarefa de leitura. Bons estudos.

FORMULÁRIOS DA TAREFA DE LEITURA I

TURMA C – Torque e Equilíbrio estático

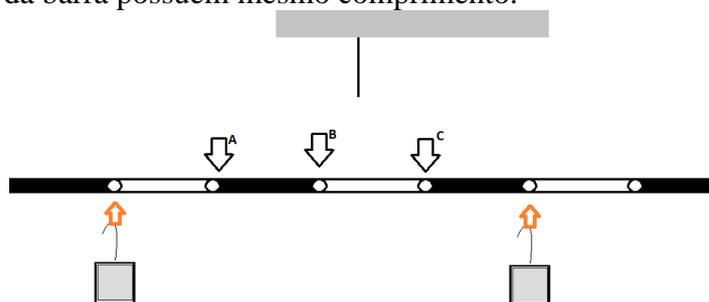
1- Após a leitura você ficou em dúvida quanto a algum conteúdo abordado ou algum trecho do texto? Em caso afirmativo cite-os e explicitie entrando em detalhes. Em caso negativo cite o que mais lhe chamou atenção no material. Fique à vontade para fazer perguntas ou comentários neste espaço.

2 - A figura mostra um aparato de decoração em formato de cruz visto de cima. Ele está preso a um eixo (assinalado na figura) de forma que pode girar livremente na horizontal em torno dele. É necessário girar o aparato no sentido horário para deixá-lo na posição correta para a decoração. Com o objetivo de não danificar a peça, o operário só tem a opção de puxar de uma das três formas indicadas na figura. Que forma o operário deve escolher para que exerça a menor força?



Por favor, explique rapidamente o raciocínio que utilizou para chegar à sua resposta.

3 - Duas caixas, de mesma massa, serão penduradas na barra (que possui massa desprezível) nas posições indicadas pelas setas vermelhas. Ela então deverá ser pendurada em um fio preso ao teto. Para que a barra fique em equilíbrio na horizontal em qual dos furos, mostrados pelas setas pretas, o fio deve ser amarrado? Considere que as partes claras e escuras da barra possuem mesmo comprimento.



Por favor explique rapidamente o raciocínio que utilizou para chegar à sua resposta.

4 - Se surgiu alguma dúvida enquanto respondia às perguntas, coloque-a neste espaço. Também pode ser utilizado para comentários que julgue ser importante para a próxima aula.

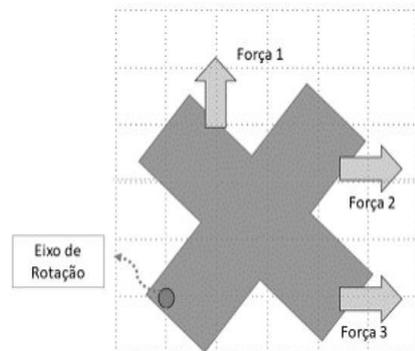
Turmas A e B - Torque

1- Após a leitura, você ficou em dúvida quanto a algum conteúdo abordado ou algum trecho do texto? Em caso afirmativo cite-o e explicito entrando em detalhes. Em caso negativo cite o que mais lhe chamou atenção no material. Fique à vontade para fazer perguntas ou comentários neste espaço.

2- Uma tábua de formato retangular está presa por meio de um suporte articulado a uma parede, formando uma prateleira. Para que a prateleira fique na horizontal são utilizados cabos presos ao teto, um em cada extremidade da prateleira, e que a impedem de cair. Os pontos pretos da figura representam possíveis locais onde podem ser colocados os fios. Em qual par de pontos os fios devem ser colocados de forma a ter menor possibilidade de se romperem?

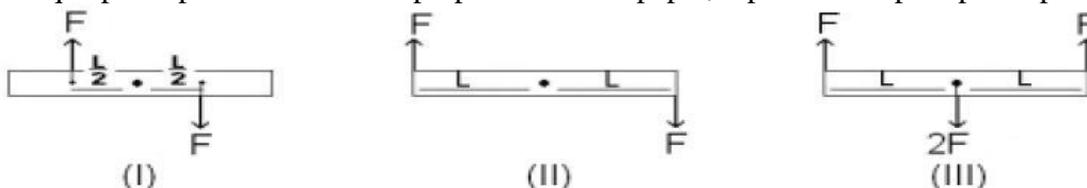
Por favor explique rapidamente o raciocínio que utilizou para chegar à sua resposta.

3- A figura mostra um aparato de decoração em formato de cruz visto de cima. Ele está preso a um eixo (assinalado na figura) de forma que pode girar livremente na horizontal em torno dele. É necessário girar o aparato no sentido horário para deixá-lo na posição correta para a decoração. Com o objetivo de não danificar a peça, o operário só tem a opção de puxar de uma das três formas indicadas na figura. Que forma o operário deve escolher para que exerça a menor força?



Por favor explique rapidamente o raciocínio que utilizou para chegar à sua resposta.

4 - Classifique os três casos de acordo com o Torque resultante na barra em torno de um eixo que passa por seu centro e é perpendicular ao papel, representado pelo ponto preto.



- (a) $(I) = (II) > (III)$.
- (b) $(I) > (II) > (III)$.
- (c) $(II) > (I) > (III)$.
- (d) $(II) > (III) > (I)$.
- (e) é zero nos três casos.

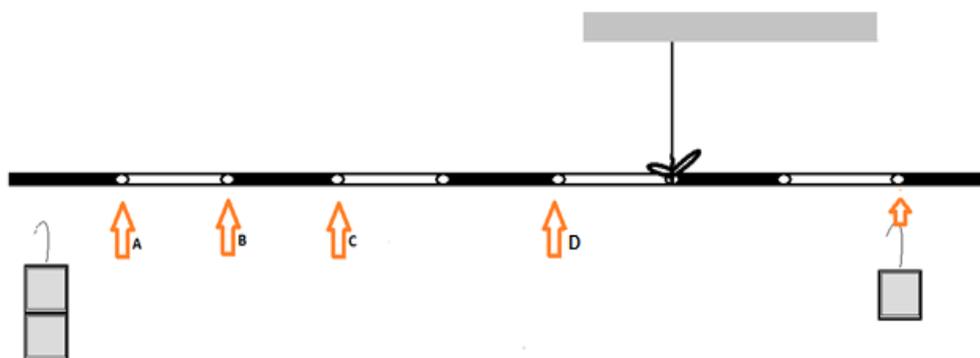
Por favor explique rapidamente o raciocínio que utilizou para chegar à sua resposta.

5 - Se surgiu alguma dúvida enquanto respondia às perguntas, coloque-a neste espaço. Também pode ser utilizado para comentários que julgue ser importante para a próxima aula.

Turmas A e B – Equilíbrio Estático

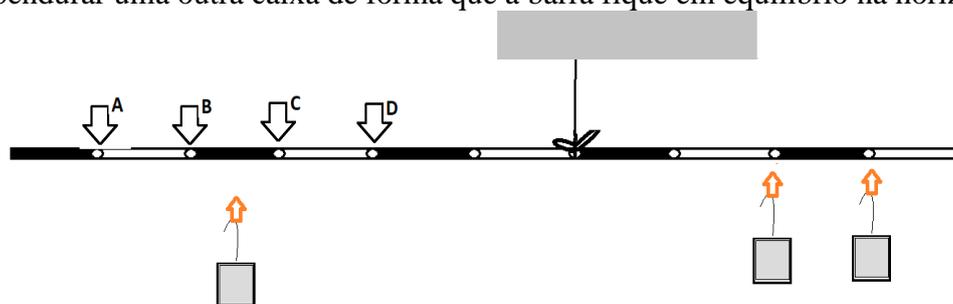
1- Após a leitura você ficou em dúvida quanto a algum conteúdo abordado ou algum trecho do texto? Em caso afirmativo, cite-os e explicito entrando em detalhes. Em caso negativo cite o que mais lhe chamou atenção no material. Fique à vontade para fazer perguntas ou comentários neste espaço.

2- A barra da figura tem massa desprezível, está dividida em intervalos de mesmo comprimento (claros e escuros) e está pendurada por um fio preto. Uma caixa está pendurada à direita do ponto em que o fio está preso. Em qual dos pontos assinalados (a esquerda do nó) deve ser pendurada uma caixa com o dobro da massa da primeira de forma a manter a barra em equilíbrio e na horizontal?



Por favor explique rapidamente o raciocínio que utilizou para chegar à sua resposta.

3- Nesta situação, duas caixas serão penduradas à direita do ponto em que a barra está presa, mas em posições distintas. Em qual dos buracos assinalados pelas setas pretas deve-se pendurar uma outra caixa de forma que a barra fique em equilíbrio na horizontal?



Por favor explique rapidamente o raciocínio que utilizou para chegar à sua resposta.

4- Se surgiu alguma dúvida enquanto respondia às perguntas, coloque-a neste espaço. Também pode ser utilizado para comentários que julgue ser importante para a próxima aula.

Tarefa de Leitura II – HIROSTÁTICA I

Pressão Hidrostática

Qualquer pessoa ao entrar em uma piscina já deve ter sentido a sensação de estar “mais leve”. Porém, é óbvio que sua massa não diminui simplesmente por ter entrado na água. Mas essa sensação não está errada; ela significa que a água está sustentando seu corpo de alguma forma, ou seja, a água está exercendo uma força sobre seu corpo.

Mas como a água exerce força? Esta força atua somente na vertical? Vamos relembra algumas características da estrutura dos fluidos que nos permitirão responder estas perguntas.

Ao contrário do que ocorre em sólidos, as moléculas que compõem os líquidos e gases têm grande liberdade para se movimentar. Dessa forma, um objeto colocado na água sofre o impacto de inúmeras colisões destas moléculas, em todas as direções, ao redor de sua superfície. Destas colisões resulta o que chamaremos de **Pressão**, que pode ser definida como sendo a Força exercida por unidade de área. Neste caso a Pressão seria a força exercida por essas colisões por unidade de área (“pedacinhos”) da superfície do objeto.

$$\text{Pressão} = \frac{\text{Força}}{\text{Área}}$$

$$\text{unidades : } \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = \text{Pascal(Pa); atm; cmHg.}$$

Quando um líquido está em equilíbrio, todas as porções deste líquido estão em repouso (ou seja, não existe escoamento). A partir desta constatação vamos pensar nas condições para manter esse equilíbrio. Observe a figura 1: nela vemos uma certa quantidade de líquido, delimitada por um retângulo imaginário. Esta porção é bombardeada por outras moléculas de água que estão ao seu redor, sofrendo colisões em todas as direções. Para que a água contida neste retângulo imaginário fique em equilíbrio, as forças que atuam sobre ela devem se anular. Para que isso ocorra, o número de colisões que ocorrem no eixo horizontal deve ser o mesmo de ambos os lados, já que estão em sentidos opostos e desta forma as forças que exercem se anulam.

Se não existisse a aceleração da gravidade, poderíamos dizer o mesmo para o eixo vertical; porém, como pode ser visto na figura 1, as colisões das moléculas de baixo para cima precisam equilibrar a força peso que atua sobre aquela porção de água e ainda a força criada pelas colisões das moléculas de cima para baixo. Isso permite

afirmar que são necessárias mais colisões de baixo para cima do que de cima para baixo. *Em outras palavras, nos pontos inferiores (mais profundos) a pressão exercida pelo líquido é maior.*

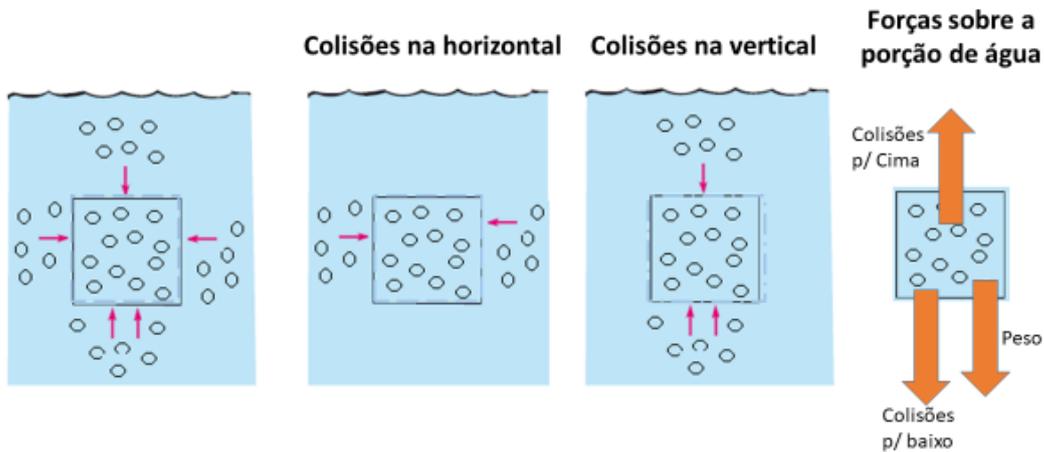


Figura 1. Forças que atuam em uma porção de água.

Sendo assim, a diferença de pressão no interior de um fluido só depende da diferença de profundidade. Este enunciado é conhecido como **Teorema de Stevin**. A partir deste raciocínio e com alguma matemática este enunciado pode ser representado da seguinte forma :

$$P_A - P_b = d \cdot g \cdot H$$

- P_A e P_B → Pressões nos pontos A e B
- g → Aceleração da gravidade no local
- H → Profundidade relativa
- d = densidade do fluido

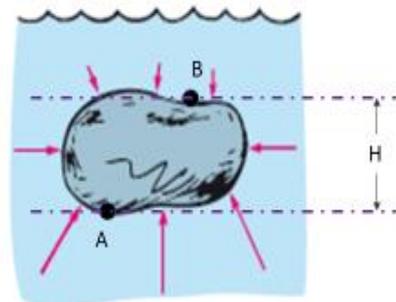


Figura 2. Representação das diferentes pressões sobre um objeto imerso

Uma demonstração pode ser vista no vídeo:
<https://www.youtube.com/watch?v=OsMI1LJrmFs>

Quando temos um corpo imerso em um fluido, é exatamente esta diferença de pressão que cria a possibilidade deste corpo flutuar, já que esta diferença de pressão produz uma força e esta força pode equilibrar ou não o peso do corpo. Mas esse é um assunto para as próximas Tarefas de Leitura.

Pressão Atmosférica e Princípio de Pascal

Enquanto você está lendo este texto existe um fluido ao seu redor: o ar. Seu corpo é bombardeado pelas moléculas deste fluido em todas as direções. Essas colisões dão origem ao que chamamos de pressão atmosférica. Da mesma forma que a pressão no interior de um líquido, a pressão atmosférica também irá variar com a profundidade, ou utilizando um termo melhor neste cenário, irá variar com a altitude. Assim, quanto mais próximo da superfície da terra (nível do mar), mais “fundo” você está no ar, ou seja, maior é a pressão atmosférica local.

Usando um raciocínio semelhante ao que foi utilizado na seção anterior, podemos concluir que ao trabalharmos com fluidos em recipientes abertos, as colisões das moléculas de ar com sua superfície irão influenciar na pressão no interior do fluido. Dessa forma, nestas situações, a pressão absoluta de um ponto no interior do fluido deve ser a pressão atmosférica local acrescida da pressão exercida pela coluna de fluido.

$$P_{\text{absoluta}} = P_{\text{atmosférica}} + d \cdot g \cdot H$$

Isto também nos permite concluir uma outra teoria importante na Hidrostática, o **Princípio de Pascal**, que consiste na ideia de que fluidos transmitem pressão. Um aumento de pressão exercido em fluido é transmitido para todos os pontos deste fluido. É por isso que as colisões das moléculas de ar na superfície da água de um lago influenciam na pressão no fundo deste lago. Utilizamos muitas máquinas baseadas no princípio de Pascal, já que a transmissão da pressão possibilita uma “multiplicação de forças”.

Um exemplo de como isto ocorre pode ser visto no vídeo:

https://www.youtube.com/watch?v=vZLUzu6_xmc

Notas:

Unidades de Pressão : $1 \text{ atm} \cong 1.10^5 \text{ Pa} \cong 760 \text{ mmHg}$

Pressão atmosférica ao nível do mar = 1 atm

Agora abra o link do formulário e responda às perguntas. Bons estudos!

FORMULÁRIO PARA A TAREFA DE LEITURA II- Turmas A,B e C

1- Após a leitura você ficou em dúvida quanto a algum conteúdo abordado ou algum trecho do texto? Em caso afirmativo cite-o e explicito entrando em detalhes. Em caso negativo cite o que mais lhe chamou atenção no material. Fique à vontade para fazer perguntas ou comentários neste espaço.

2- Observe a figura. Dois peixes estão em locais diferentes em uma região próxima ao litoral. Sobre a pressão que a água exerce no peixe nestes dos pontos:

- (a) igual para os dois peixes
- (b) maior para o peixe na caverna
- (c) maior para o peixe no mar aberto
- (d) Apenas o peixe na caverna está sob pressão



Por favor explique rapidamente o raciocínio que utilizou para chegar à sua resposta.

3- Assista ao vídeo: <https://www.youtube.com/watch?v=ZcPGeQ5nkec>

A experiência foi feita na cidade de São Paulo que está a cerca de 730 metros de altitude em relação ao nível do mar. Digamos que o mesmo experimento fosse realizado no Rio de Janeiro. Podemos afirmar que a coluna de mercúrio que seria equilibrada pela pressão atmosférica seria:

- (a) A mesma altura da altura da coluna de mercúrio do vídeo.
- (b) Uma altura menor que a altura da coluna de mercúrio do vídeo.
- (c) Uma altura maior que a altura da coluna de mercúrio do vídeo.

Por favor explique rapidamente o raciocínio que utilizou para chegar à sua resposta.

4- Espaço reservado para perguntas e/ou comentários adicionais que tenham surgido enquanto respondia às questões.

Tarefa de Leitura IV – HIDROSTÁTICA II – EMPUXO

Como é que uma moeda afunda na água e um navio consegue flutuar? É óbvio que a moeda é mais leve que o navio, então ela não deveria flutuar com maior facilidade? O que faz algumas pessoas conseguirem boiar com facilidade no mar e não conseguirem fazer o mesmo em uma piscina? Como é que um submarino consegue emergir e submergir em momentos diferentes? Para responder estas perguntas precisamos relembrar alguns conceitos que vimos na última aula.

Já concluímos que a pressão no interior de um fluido depende apenas da profundidade. E que desta forma pontos mais profundos exercem maior pressão que pontos mais rasos. Na figura 1, vemos que ao colocarmos um objeto imerso em água, ele sofrerá forças em todas as direções, exercidas pelas colisões das moléculas da água em sua superfície. As forças laterais (da direita para esquerda e da esquerda para direita) se anulam e como a pressão embaixo é maior, a resultante dessas forças tem direção vertical e aponta para cima. Nós chamaremos esta força de **Empuxo** e ela é a principal responsável por fazer um corpo flutuar, já que pode equilibrar força peso sobre o corpo.

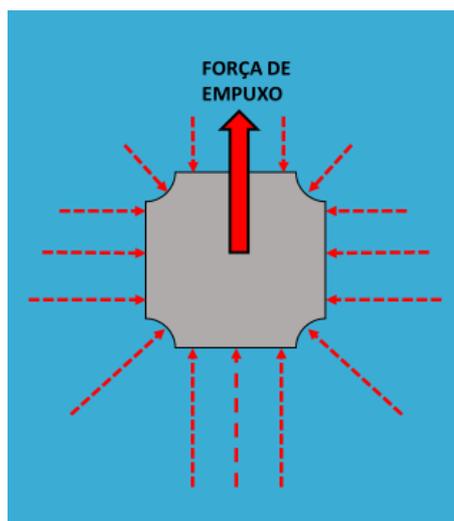


Figura 1. Representação do Empuxo como resultado das diferenças de pressão.

Do que depende esta força de Empuxo?

Vamos voltar para o que ocorre entre a moeda e o navio. Quando colocados na água, sobre qual dos dois atua um empuxo maior? Como podemos ver na figura 2, o empuxo que atua sobre o navio é suficiente para equilibrar a força peso no navio (que tem um valor considerável). Já o Empuxo sobre a moeda não consegue nem equilibrar a força peso que atua nela.

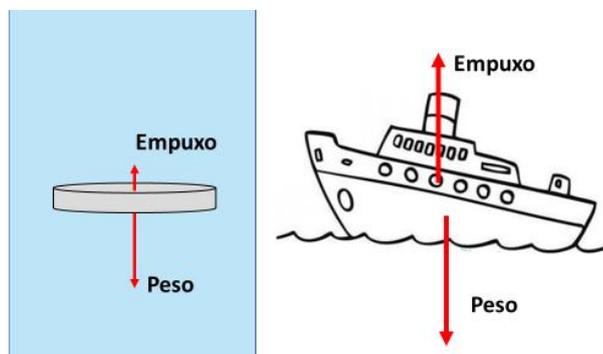


Figura 2. Forças sobre a moeda e o navio

Assim é possível afirmar que a força exercida pela água (Empuxo) sobre o navio é maior que a força que a mesma exerce sobre a moeda. A causa deste fato é que o navio ocupa um volume maior e desta forma, ao entrar no líquido fica exposto a uma maior diferença de pressão. Observe a figura 3:

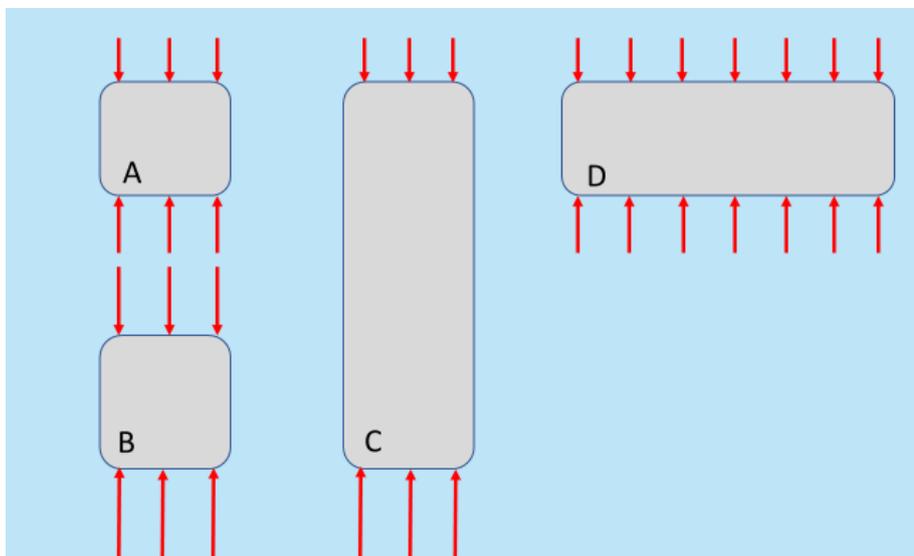


Figura 3. Representação das pressões sobre diferentes corpos a diferentes profundidades.

Corpos menores como A e B, independente da profundidade ficam expostos sempre a mesma diferença de pressão (setas, de cor vermelha). Quando um corpo tem maior volume ele acaba exposto a uma maior diferença de pressões e dessa forma sofre maior empuxo; isso ocorre com o corpo C, já que sua extremidade superior está exposta a uma pressão pequena e a inferior uma pressão bem maior. O corpo D também possui maior volume que B e A e como vemos na figura sofre mais forças que eles, assim também está exposto a uma maior diferença de pressão. Ou seja, a força de empuxo é diretamente proporcional ao volume do corpo que está submerso.

Pensando de outra forma, ao colocar um objeto dentro de um líquido uma porção do líquido é deslocada e o objeto passa a ocupar o lugar desta porção. A quantidade de líquido deslocada é igual ao volume do corpo que está submerso. Como esta porção do líquido estava em equilíbrio, ela já sofria uma força que equilibrava seu peso. **Desta forma o objeto que entra em seu lugar acaba por sofrer mesma força. Então podemos dizer que a força de empuxo sobre um objeto é igual ao peso da quantidade de líquido deslocada por este objeto.**

Assista ao vídeo:

<https://www.youtube.com/watch?v=p3O8ALAajis>

Com alguma matemática podemos escrever:

Empuxo = peso do líquido deslocado

$$E = m_{\text{liq}} \cdot g \quad \rightarrow \quad E = d_{\text{liq}} \cdot V_{\text{liq}} \cdot g$$

Como a força de empuxo é resultado da diferença de pressão, seu valor depende da gravidade local e da densidade do fluido (lembrem-se que a pressão está associada à quantidade de colisões das moléculas do fluido, logo mais moléculas, mais colisões).

Então podemos entender como é mais fácil boiar na água do mar que na água de uma piscina. Como a água do mar é salgada, sua densidade é maior e desta forma um mesmo volume mergulhado no mar e na piscina irá sofrer maior empuxo no mar.

Um artifício que as pessoas utilizam para flutuar com maior facilidade é inflar os pulmões e prender a respiração. Ao fazer isso o volume de seu corpo aumenta e conseqüentemente o empuxo sobre você também aumenta, ficando mais fácil de se manter flutuando.

Então após a leitura podemos resumir dizendo que sempre que um corpo entra em fluido (líquido ou gás) este fluido irá exercer uma força sobre o corpo na direção vertical e que aponta para cima. Chamamos esta força de empuxo e seu valor depende do volume do corpo que está submerso, da densidade do líquido e da gravidade local.

Agora vá responder as questões do formulário, se necessário retorne para o texto e sane suas dúvidas.

FORMULÁRIO PARA TAREFA DE LEITURA IV - EMPUXO I

TURMAS A e B - Empuxo I

1- Após a leitura, você ficou em dúvida quanto a algum conteúdo abordado ou algum trecho do texto? Em caso afirmativo cite-o e explicito entrando em detalhes. Em caso negativo cite o que mais lhe chamou atenção no material. Fique à vontade para fazer perguntas ou comentários neste espaço.

2- Um recipiente foi completamente preenchido com água e colocado sobre uma balança. A indicação da balança foi de 100g. Um pedaço de isopor de 1g foi então colocado no recipiente. uma parte da água derramou para fora da balança e o isopor ficou boiando na água do recipiente. Qual a indicação da balança nesta configuração?

- (a) 100 g
- (b) 101 g
- (c) 99g
- (d) Impossível determinar

Por favor explique rapidamente o raciocínio que utilizou para chegar à sua resposta.

3- Se surgiu alguma dúvida enquanto respondia às perguntas coloque neste espaço. Também pode ser utilizado para comentários que julgue ser importante para a próxima aula.

TURMAS A e B - Empuxo II

1- Após a leitura, você ficou em dúvida quanto a algum conteúdo abordado ou algum trecho do texto? Em caso afirmativo cite-o e explicito entrando em detalhes. Em caso negativo cite o que mais lhe chamou atenção no material. Fique à vontade para fazer perguntas ou comentários neste espaço.

2- Suponha que você deva escolher entre dois tipos de coletes salva-vidas, idênticos em tamanho, mas sendo um deles preenchido com isopor, e um segundo, cheio de areia. Se você submerge totalmente estes coletes na água, sobre qual deles será maior a força de empuxo?

- (a) Areia
- (b) Isopor
- (c) Igual nos dois

Por favor explique rapidamente o raciocínio que utilizou para chegar à sua resposta.

3- Se forem mergulhadas simultaneamente duas garrafas Pets tampadas, uma cheia de ar e estufada e outra vazia e amassada, qual delas sofrerá o maior empuxo?

- (a) A garrafa cheia
- (b) A garrafa amassada
- (c) Igual sobre as duas

Por favor explique rapidamente o raciocínio que utilizou para chegar à sua resposta.

4- Espaço reservado para perguntas e/ou comentários adicionais que tenham surgido enquanto respondia às questões.

TURMA C - Empuxo

1- Após a leitura, você ficou em dúvida quanto a algum conteúdo abordado ou algum trecho do texto? Em caso afirmativo cite-o e explicito entrando em detalhes. Em caso negativo cite o que mais lhe chamou atenção no material. Fique à vontade para fazer perguntas ou comentários neste espaço.

2- Um recipiente foi completamente preenchido com água e colocado sobre uma balança. A indicação da balança foi de 100g. Um pedaço de isopor de 1g foi então colocado no recipiente. uma parte da água derramou para fora da balança e o isopor ficou boiando na água do recipiente. Qual a indicação da balança nesta configuração?

- (a) 100 g
- (b) 101 g
- (c) 99g
- (d) Impossível determinar

Por favor explique rapidamente o raciocínio que utilizou para chegar à sua resposta.

3- O rapaz do vídeo a seguir se diverte em uma laguna de sal no Chile; a água, extremamente salgada, permite que as pessoas boiem com facilidade.

Vídeo: <https://www.youtube.com/watch?v=qiuQeFHPCOc>

Uma pessoa que consegue flutuar nesta laguna de sal e na piscina de sua casa sofre maior empuxo em que situação?

- (a) Na laguna de sal.
- (b) Na piscina.
- (c) Igual nas duas situações.

Por favor explique rapidamente o raciocínio que utilizou para chegar à sua resposta.

4- Espaço reservado para perguntas e/ou comentários adicionais que tenham surgido enquanto respondia as questões.

Essa provinha de física é só a ponta de um Iceberg!

Todo mundo já deve ter ouvido esta expressão. Mas o que ela significa e de onde ela surgiu? Vamos tentar entender. Já sabemos que para o iceberg flutuar na água é a força de empuxo que deve equilibrar seu peso.

Como vimos na aula anterior, um objeto imerso em água sofre ação de um empuxo que possui o mesmo valor da força peso do líquido que foi deslocado para dar lugar ao objeto.

Assim o iceberg só flutuará se deslocar uma quantidade de água que tenha peso igual ao seu. Por exemplo, um barco de 1 tonelada só ficará em equilíbrio se deslocar 1 tonelada de água. Então, o iceberg, assim como qualquer corpo com massa grande, precisará deslocar uma grande quantidade de água para flutuar. Em outras palavras, precisará ficar com grande parte de seu volume dentro da água.

Neste ponto vale a pena observarmos as densidades do corpo e do líquido em que está sendo colocado. Digamos que corpo e líquido possuam mesma densidade. Significa que quando o corpo estiver totalmente submerso, o volume do líquido deslocado seria exatamente igual a seu. E desta forma, teria também o mesmo peso. Ou seja, sofreria uma força de empuxo capaz de equilibrar a força peso que atua sobre ele.

Se o objeto for menos denso que o líquido, sua massa será menor que a massa do líquido que ele deslocará quando estiver totalmente submerso. Assim, sofreria um empuxo maior que a força peso. Caso ele seja mais denso que o líquido o volume que ele deslocará, quando estiver totalmente submerso, terá uma massa menor que a sua. Desta forma, um objeto menos denso que o líquido não precisa ficar totalmente submerso para ficar em equilíbrio, ou seja, boia. Se o objeto for mais denso que o líquido, mesmo totalmente submerso não conseguirá se equilibrar, ou seja, afunda.

O gelo tem densidade aproximada de $0,9 \text{ g/cm}^3$. Isso faz com que o iceberg boie na água, que tem densidade aproximada de $1,0 \text{ g/cm}^3$. Mas como suas densidades são muito próximas, o iceberg precisa ficar quase que completamente submerso para se equilibrar, como sua densidade é 90% da densidade da água, 90% de seu volume ficará submerso e apenas 10% é o que fica para fora da água, assim como vemos na figura 1. Sendo assim, fica fácil de entender o que a expressão que comentamos no início do texto quer dizer.



Figura 1. Gelo flutuando em água. A maior parte de seu volume fica submerso.

É possível então dizer se um objeto irá boiar ou afundar em um líquido se conhecermos sua densidade e a do líquido. Um objeto que tem densidade de $0,5 \text{ g/cm}^3$ certamente irá boiar na água e com metade de seu volume submerso, já que sua densidade é apenas metade da densidade da água.

Assista ao vídeo :

<https://www.youtube.com/watch?v=Gxj0i74gzVI&t=350s>

Agora responda ao formulário.

FORMULÁRIO PARA A TAREFA DE LEITURA IV

TURMAS A e B - FLUTUABILIDADE

1- Após a leitura, você ficou em dúvida quanto a algum conteúdo abordado ou algum trecho do texto? Em caso afirmativo cite-o e explicito entrando em detalhes. Em caso negativo cite o que mais lhe chamou atenção no material. Fique à vontade para fazer perguntas ou comentários neste espaço.

2- Marque a alternativa que ordena corretamente as situações descritas abaixo em sequência quanto à porcentagem (V) do volume que fica acima da linha d'água:

- a. Uma bola de basquete flutuando em água doce.
- b. Uma bola de basquete flutuando em água salgada.
- c. Uma bola de basquete flutuando em mercúrio.

- (a) $V_a > V_b > V_c$
- (b) $V_a = V_b = V_c$
- (c) $V_c > V_b > V_a$
- (d) $V_c > V_b > V_a$
- (e) $V_b = V_a > V_c$

Por favor explique rapidamente o raciocínio que utilizou para chegar à sua resposta.

3- Se surgiu alguma dúvida enquanto respondia às perguntas coloque neste espaço. Também pode ser utilizado para comentários que julgue ser importante para a próxima aula.

TURMA C - FLUTUABILIDADE

1- Após a leitura, você ficou em dúvida quanto a algum conteúdo abordado ou algum trecho do texto? Em caso afirmativo cite-o e explicito entrando em detalhes. Em caso negativo cite o que mais lhe chamou atenção no material. Fique à vontade para fazer perguntas ou comentários neste espaço.

2- Marque a alternativa que ordena corretamente as situações descritas abaixo em sequência quanto à porcentagem (V) do volume que fica acima da linha d'água:

- a. Uma bola de basquete flutuando em água doce.
- b. Uma bola de basquete flutuando em água salgada.
- c. Uma bola de basquete flutuando em mercúrio.

- (a) $V_a > V_b > V_c$
- (b) $V_a = V_b = V_c$
- (c) $V_c > V_b > V_a$
- (d) $V_c > V_b > V_a$
- (e) $V_b = V_a > V_c$

Por favor explique rapidamente o raciocínio que utilizou para chegar à sua resposta.

3 - Se surgiu alguma dúvida enquanto respondia às perguntas coloque neste espaço. Também pode ser utilizado para comentários que julgue ser importante para a próxima aula.

Bibliografia

FÍSICA, G. R. E. F. 1 – Mecânica. **São Paulo, Editora da Universidade de São Paulo, 2002.**

GUIMARÃES, L. A.; FONTE BOA, M. **Mecânica**. Niterói: Futura, 2001.

HEWITT, Paul G. FÍSICA Conceitual. 9ª edição. **Porto Alegre, 2002.**

PIETROCOLA, Maurício et al. Física em contextos. **1. ed. -- São Paulo, Editora do Brasil, 2016.**, v. 1,p.177-202, 2016.

FEYNMAN, R. Sobre as Leis da Física, Rio de Janeiro, Editora PUC-Rio, 2012.

NUSSENZVEIG, Herch Moysés. **Curso de Física Básica: fluidos, oscilações e ondas, calor**. V. 2. São Paulo, Editora Blucher, 2002.

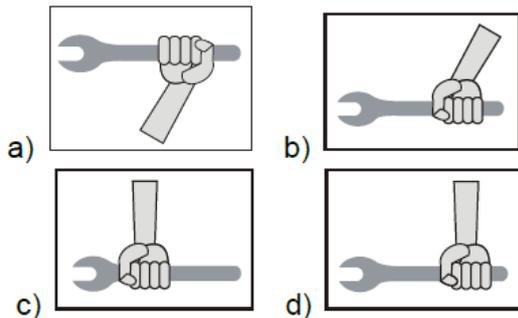
NUSSENZVEIG, H. M. Curso de Física Básica: Mecânica–v. 1. **São Paulo: Edgard Blucher, 2002.**

Apêndice A.2

Testes de Preparação

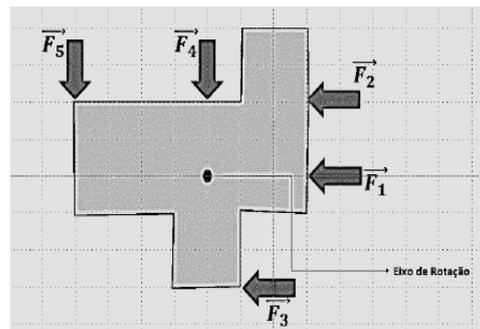
Teste de preparação I - Estática

1 - A figura abaixo ilustra uma ferramenta utilizada para apertar ou desapertar determinadas peças metálicas. Para apertar uma peça aplicando-se a menor intensidade de força possível, essa ferramenta deve ser segurada de acordo com o esquema indicado em:



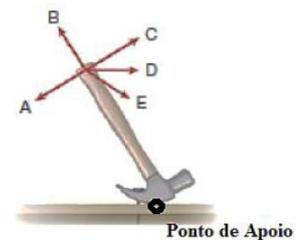
2 - Imagine um pedaço de papelão recortado como na figura ao lado e pendurado no ponto preto (eixo de rotação). Vamos fazer cinco forças como estão mostradas na figura, todas de mesma intensidade. Pode-se afirmar que o corpo irá:

- a) Girar no sentido horário
- b) Girar no sentido anti-horário
- c) Não irá girar
- d) Não é possível determinar



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

- A) A B) B C) C D) D E) E.



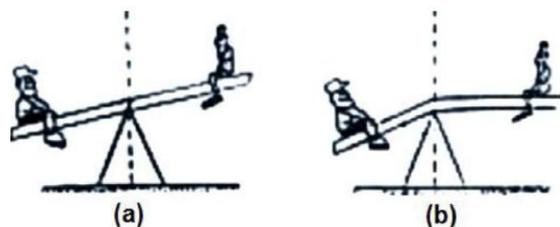
4 - Num parque de diversões, há dois tipos de gangorra. Dois meninos, um mais gordinho (à esquerda) e um mais magrinho (à direita), brincam sentando em uma gangorra de cada vez, como mostra a figura. Repare que uma das gangorras tem um dos braços inclinado em relação ao outro. Se os assentos estão colocados à mesma distância em todos os braços das gangorras é possível que os meninos mantenham alguma das gangorras em equilíbrio?

a) Sim, apenas a gangorra B se o gordinho sentar no braço inclinado.

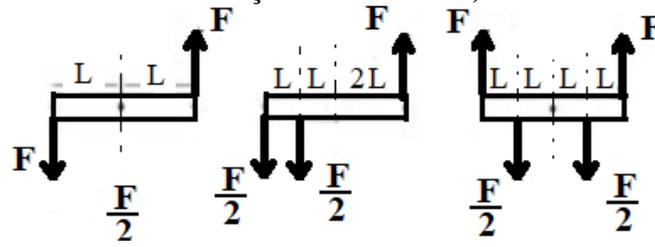
b) Sim, apenas a gangorra A.

c) Não é possível mantê-las em equilíbrio já que as massas são diferentes.

d) Sim, apenas a gangorra B desde que o magrinho sente no braço inclinado.

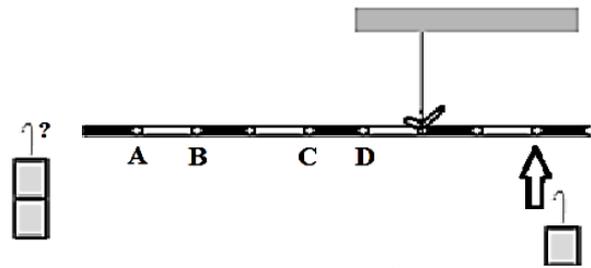


5- Em quais dos casos a barra está em equilíbrio de rotação (tem um torque resultante igual a zero atuando na haste em relação ao seu centro)?

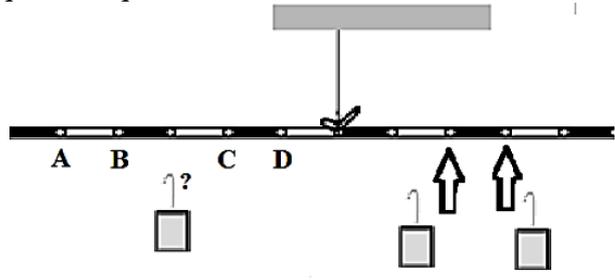


- (a) (I) apenas. (b) (II) apenas.
 (c) (III) apenas. (d) Nenhum deles

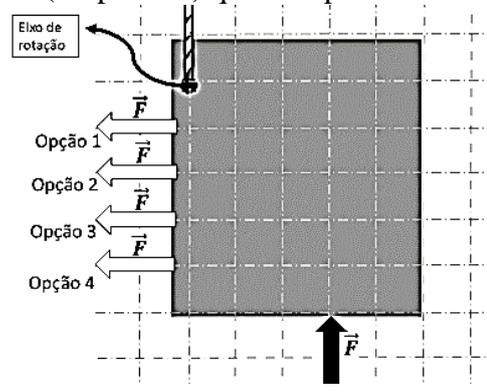
6- A barra, de massa desprezível, foi pendurada por um fio em um dos furos, como mostra a figura. À direita deste ponto será pendurada uma caixa no furo indicado pela seta. Para que a barra fique na horizontal, serão penduradas duas outras caixas juntas em um mesmo furo à esquerda. Em qual dos pontos assinalados devem ser penduradas para que o equilíbrio seja estabelecido? (Considere que as partes escuras e claras têm o mesmo comprimento).



7 - Imagine a mesma barra da situação anterior. Agora, duas caixas serão penduradas à direita do ponto em que a barra está presa, mas em posições distintas indicadas pelas setas. Em qual dos buracos assinalados pelas letras deve-se pendurar uma outra caixa de forma que a barra fique em equilíbrio horizontal?



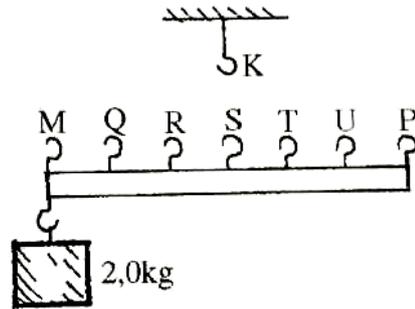
8 - A figura ilustra um corpo de massa muito pequena (despreze-a) que está pendurado por uma corda. Ele é livre para girar em torno deste ponto preto. Uma força atua no corpo na vertical e para cima, representada pela seta escura. Para mantê-lo em equilíbrio na posição mostrada, deve-se exercer uma força de mesma intensidade que a primeira. Qual das opções manterá o corpo em equilíbrio?



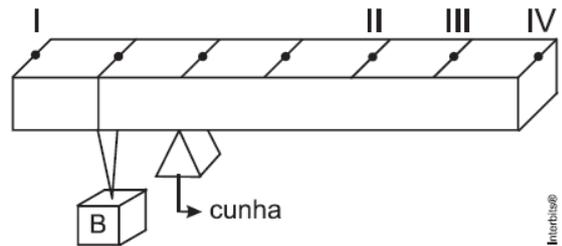
- a) Opção 1
 b) Opção 2
 c) Opção 3
 d) Opção 4

9- A figura mostra uma régua homogênea de massa 1kg e 120 cm de comprimento. Na extremidade M está pendurado um corpo de 2 kg . Ao longo da régua existem ganchos a cada 20 cm para suspê-la. A régua ficará equilibrada se for suspensa no ponto:

- A) Q
- B) R
- C) S
- D) T
- E) U



10 -No desenho abaixo, um corpo B, de massa igual a $4M$, está suspenso em um dos pontos equidistantes de uma barra homogênea, de comprimento L e massa M , que se encontra apoiado em uma cunha.



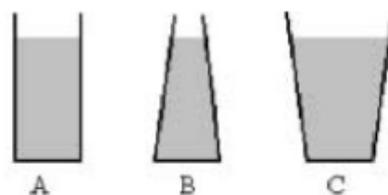
Para que a barra permaneça em equilíbrio horizontal, um corpo A de massa M deverá ser suspenso no ponto

- a) I.
- b) II.
- c) III.
- d) IV.

Teste de Preparação II – Pressão hidrostática

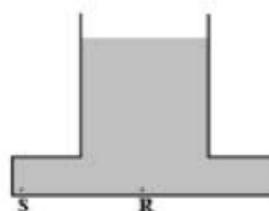
1- Os três recipientes da figura são preenchidos com água no mesmo nível. Os fundos dos recipientes são iguais. A força exercida pela água no fundo do recipiente é

- (a) igual nos três recipientes.
- (b) mais forte no recipiente A do que nos outros.
- (c) mais forte no recipiente B do que nos outros.
- (d) mais forte no recipiente C do que nos outros.

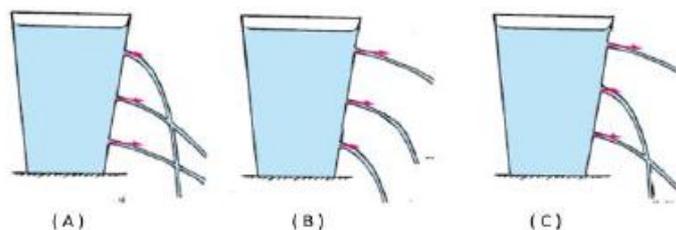


2 - O recipiente na figura é preenchido com água. O que podemos afirmar sobre a pressão nos pontos S e R?

- a) É maior em S.
- b) É maior em R.
- c) São iguais.
- d) Só existe pressão em R.



3- Um recipiente é preenchido com água e então são feitos três furos em sua lateral. Os furos estão em uma mesma linha vertical. Qual das figuras melhor representa a forma como a água será expelida pelos furos?



4- Um recipiente cilíndrico é preenchido com água e mantido aberto. Sobre a força que a água exerce no fundo do recipiente podemos afirmar que é:

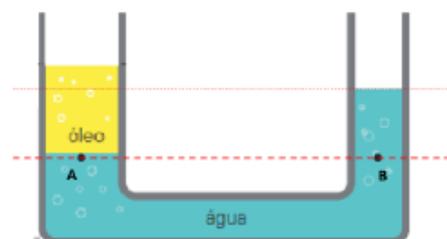
- (a) igual ao peso da água.
- (b) maior que o peso da água.
- (c) menor que o peso da água.

5- Um recipiente cilíndrico é preenchido com água, ao nível do mar. O recipiente é movido para um local próximo de Petrópolis, situado a uma altitude maior. O que ocorre com a força exercida pela água sobre o fundo do recipiente? (Desconsidere as diferenças da gravidade nos dois locais.)

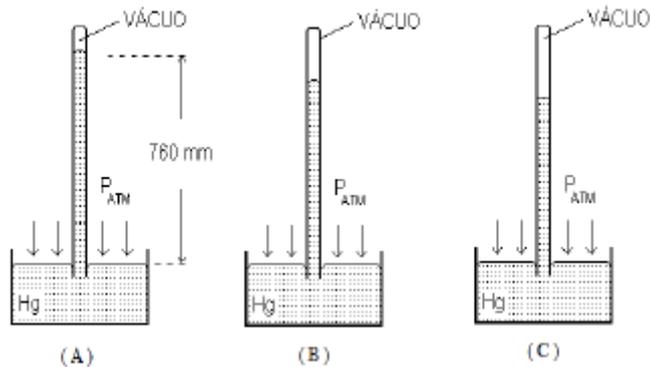
- a) Permanece a mesma
- b) Aumenta
- c) Diminui

6 - Óleo e água são colocados em um recipiente em formato de U e assumem a configuração mostrada na figura. Considere dois pontos A e B em uma mesma horizontal e ambos dentro da água. Sobre o ponto A existe apenas óleo e sobre o ponto B apenas água. Sobre a pressão nestes pontos podemos afirmar que:

- a) São iguais
- b) A pressão em A é maior já que o óleo é mais denso
- c) A pressão em B é maior já que a água é mais densa
- d) A pressão em A é maior já que a coluna de óleo sobre este ponto é maior que a de água sobre o ponto B.

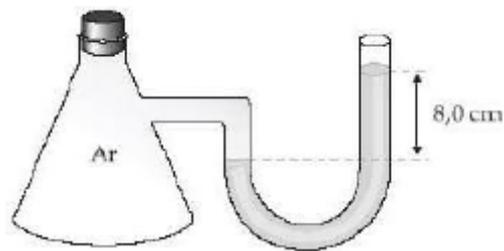


7 - O experimento de Torricelli foi realizado em três cidades do estado do Rio de Janeiro. As fotos das colunas de mercúrio estão mostradas abaixo. Sobre a altitude em relação ao nível do mar de cada cidade e a pressão atmosférica no local, podemos afirmar que:



- A cidade A é a de maior altitude e menor pressão atmosférica.
- A cidade C é a de maior altitude e menor pressão atmosférica.
- A cidade A é a de menor altitude e menor pressão atmosférica.
- As três cidades podem estar situadas à mesma altitude.
- A cidade C é a de maior altitude e maior pressão atmosférica.

8 - A figura mostra um frasco contendo ar, conectado a um manômetro de mercúrio em tubo "U". O desnível indicado vale 8,0 cm. A pressão atmosférica é 69 cm Hg. A pressão do ar dentro do frasco é, em cmHg:



- 61
- 69
- 76
- 77
- 85

Teste de Preparação III – Empuxo

Uma bola de futebol é mantida imersa em água, presa por um fio como na figura (é necessário segurá-la, caso contrário ele sobe para a superfície). Quatro discos idênticos são desenhados sobre ela, na parte superior A, na parte inferior B, para a direita C, para a esquerda D (veja a figura). Nas questões a seguir, **marque a opção que indica corretamente a direção e sentido força que a água exerce sobre os discos**.

1 – Sobre o disco A:

a) ← b) ↓ c) ↑ d) → e) não exerce força

2– Sobre o disco B:

a) ← b) ↓ c) ↑ d) → e) não exerce força

3- Sobre o disco C:

a) ← b) ↓ c) ↑ d) → e) não exerce força

4- Sobre o disco D :

a) ← b) ↓ c) ↑ d) → e) não exerce força

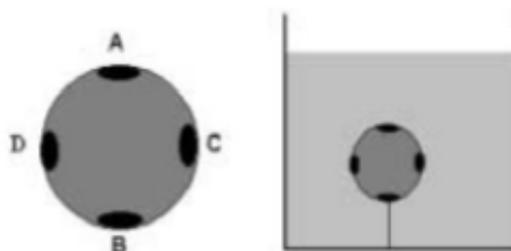


Figure 4. Ball in water.

5– Como se relacionam as forças que a água exerce nos discos?

a) $F_a > F_b > F_c > F_d$

b) $F_a = F_b$ e $F_c = F_d$

c) $F_b > F_a > F_c = F_d$

d) $F_b > F_c = F_d > F_a$

e) $F_a > F_c = F_d > F_b$

6- Três corpos A, B e C, de mesmo volume, estão completamente submersos em água. Suas densidades obedecem à relação $\rho_a > \rho_b > \rho_c$. O que podemos afirmar sobre a força de empuxo que atua sobre estes corpos?

a) É maior em A, já que sua densidade é maior.

b) É menor em A que possui densidade menor.

c) É igual em todos, pois não depende da densidade.

d) É maior em C que é menos denso.

7- Um navio flutua porque

a) seu peso é pequeno quando comparado com seu volume.

b) seu volume é igual ao volume do líquido deslocado.

c) o peso do volume do líquido deslocado é igual ao peso do navio.

d) o peso do navio é menor que o peso do líquido deslocado.

e) o peso do navio é maior que o peso do líquido deslocado.

8- Submarinos possuem tanques de lastro, que podem estar cheios de água ou vazios. Quando os tanques estão vazios, o submarino flutua na superfície da água, com parte do seu volume acima da superfície. Quando os tanques estão cheios de água, o submarino flutua em equilíbrio abaixo da superfície.

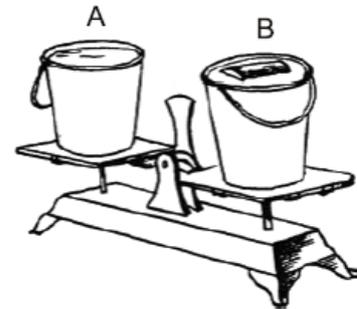
Comparando os valores da pressão (p) no fundo do submarino e do empuxo (E) sobre o submarino quando os tanques estão cheios, (P_c, E_c), com os valores das mesmas grandezas quando os tanques estão vazios, (P_v, E_v), é correto afirmar que

- a) $P_c > P_v, E_c > E_v$
- b) $P_c < P_v, E_c < E_v$
- c) $P_c < P_v, E_c > E_v$
- d) $P_c > P_v, E_c = E_v$
- e) $P_c = P_v, E_c > E_v$



9 - Considere uma balança de dois pratos, na qual são pesados dois recipientes idênticos, A e B. Os dois recipientes contêm água até a borda. Em B, no entanto, há um pedaço de madeira flutuando na água. Nessa situação, podemos afirmar que a balança:

- a) certamente permanecerá em equilíbrio.
- b) certamente irá se desequilibrar para o lado do recipiente B.
- c) dependendo da massa da madeira poderá ficar em equilíbrio ou não.
- d) certamente irá se desequilibrar para o lado do recipiente A.
- e) Não é possível afirmar sem saber a massa de água e da madeira.



PERELMAN, Y. Física recreativa, Moscou: Ed. Mir, 1976.

10 - A maioria dos peixes ósseos possui uma estrutura chamada vesícula gasosa ou bexiga natatória, que tem a função de ajudar na flutuação do peixe. Um desses peixes está em repouso na água e deseja afundar para buscar uma presa. Este peixe deve:

- a) Encher a bexiga natatória de ar e desta forma aumentar a força peso sobre ele.
- b) Esvaziar ao máximo a bexiga natatória para que a força peso sobre ele seja menor.
- c) Encher a bexiga natatória de ar e assim aumentar o Empuxo sobre seu corpo
- d) Esvaziar a bexiga natatória para que a força de empuxo aumente.
- e) Esvaziar a bexiga natatória e desta forma diminuir a força de empuxo sobre seu corpo.

Apêndice A.3

Problemas para a resolução em equipe

Neste apêndice, são apresentados os problemas semiabertos desenvolvidos para as aulas de Resolução de Problemas em Equipe.

Estática

Para a aula de Estática foi utilizado um kit experimental que a escola recebeu ao participar de uma Olimpíada de Física. Este Kit contém, dentre outros equipamentos, um suporte de plástico e uma régua com furos equidistantes que podem ser utilizados para pendurá-la no suporte, ou para pendurar pesos na régua. As figuras 1 e 2 ilustram o suporte e os pesos utilizados.



Figura 1. Kit utilizado para construir uma balança de braços.



Figura 2. Balança sendo utilizada

Cada equipe recebeu um kit, uma certa quantidade de pesos conhecidos, um peso desconhecido e o roteiro que está reproduzido na íntegra na seção Resolução de Problemas em equipe I.

Hidrostatica

Para a aula de hidrostática, cada equipe recebeu um recorte de papelão, fita adesiva, régua e tesoura. Cada pedaço de papelão foi recortado previamente, contendo dimensões específicas e diferentes para cada equipe. A meta era que as equipes, utilizando o papelão fornecido, construíssem uma embarcação que fosse capaz de sustentar uma massa previamente definida sem afundar.

Em cada recorte de papelão foi escrito um valor para a massa que deveria ser utilizada. As equipes deveriam utilizar seus conhecimentos sobre o Princípio de Arquimedes e descobrir o mínimo volume que sua embarcação deveria ocupar. Em seguida, deveria planejar a construção, encontrando as dimensões convenientes para sua embarcação a partir do material que lhes foi fornecido.

O roteiro relatava que as equipes estariam participando de um estágio em um estaleiro, e a atividade era na verdade uma tarefa que seu superior havia delegado. A intenção de criar este contexto é tornar o problema significativo para os estudantes.

Também estava escrito no roteiro que o projeto deveria ser apresentado para a comissão de projetos do estaleiro; esta comissão seria constituída pelas demais equipes e pelo professor. A embarcação só seria construída se o projeto fosse aprovado por esta comissão.

O roteiro está reproduzido na íntegra na seção de Resolução de Problemas em Equipe II a seguir.

Roteiro para Resolução de Problemas em Equipe I

Problema 1 - Balança de Braços.

Vocês devem descobrir a massa de um corpo, porém não possuem uma balança para isso. Dessa forma utilizarão o kit fornecido e seus conhecimentos sobre equilíbrio para descobrir a massa desconhecida.

Problema 2 – Massa da Régua

Agora utilize o kit para descobrir a massa da régua. Lembre-se que o centro de gravidade de um corpo é o ponto onde podemos imaginar que está atuando a força peso que atua sobre ele.

Para resolver problemas, primeiro temos que traçar uma hipótese, ou seja, um plano sobre as ações que vamos precisar executar para alcançar o objetivo. Em seguida deve-se testá-la; caso sua hipótese esteja correta, vocês conseguirão descobrir o que foi pedido. Caso sua hipótese falhe, devem traçar uma outra hipótese e testá-la novamente até que consigam resolver a questão.

Neste caso os materiais disponíveis são pesos de massas conhecidas: 10g, 20 g e 50g. Cada grupo tem uma quantidade limitada de pesos para utilizar, que ficarão com o professor. As equipes só podem utilizar 4 pesos ao mesmo tempo. Dessa forma, formulem sua hipótese e peguem os pesos necessários para testá-la; caso ela não funcione, formulem outra e solicitem ao professor os novos pesos.

Após solucionarem o problema, escrevam o raciocínio utilizado na próxima página e no quadro branco, que está disponível em sua bancada. Coloquem o que acharem necessário para mostrar aos seus colegas como encontraram o resultado.

Vocês terão por volta de 10 min para resolver o 1º problema, em seguida cada equipe terá 3 min para explicar às outras equipes como obteve a solução. Neste momento as outras equipes devem criticar a solução proposta sugerindo melhorias ou correções. Em seguida o processo será repetido para o 2º problema.

Lembrem-se que as decisões devem ser tomadas em equipe e com a participação de todos.

Escrevendo sobre o que foi feito

Utilize o espaço abaixo para relatar o raciocínio que utilizaram para resolver os dois problemas; é importante que os conceitos de Força, Torque (Momento da força), braço de alavanca e equilíbrio sejam citados. Esta página deve ser entregue para o professor ao fim da aula. Caso seja necessário use o espaço em branco para fazer figuras.

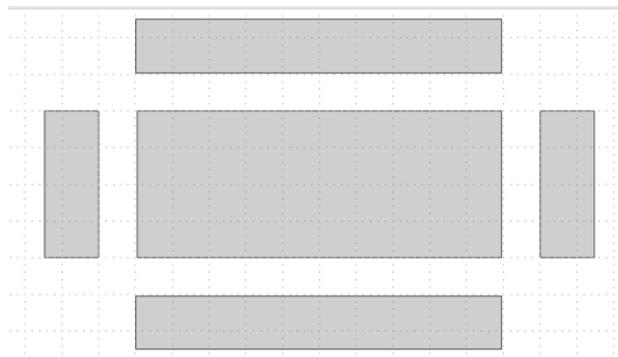
Roteiro para Aula de Resolução de Problemas em Equipe II

Sua equipe foi selecionada para estagiar em um estaleiro. No primeiro dia de trabalho, seu superior pede que vocês façam um projeto de embarcação que não possua propulsão. Esta será utilizada para transportar cargas com o auxílio de um reboque.

O material disponível para a construção da embarcação é limitado, de forma que não serão admitidos erros. Dessa forma, vocês devem inicialmente construir uma maquete com o material que lhes será fornecido; estes materiais possuem composições semelhantes aos materiais que serão utilizados para a construção da embarcação. Então, esta maquete, quando colocada em água, deve conseguir sustentar uma massa determinada que também será indicada para cada equipe.

Problema 1

Construam um projeto para a maquete da embarcação. As únicas exigências de seu superior são que utilizem apenas o material fornecido e que a maquete consiga sustentar **com segurança** a carga indicada. Vocês terão que apresentar seu projeto para o conselho responsável pelo estaleiro (outras equipes e o professor) que precisa aprová-lo para que a embarcação seja construída. Dessa forma, utilizem o quadro branco para mostrar as dimensões da embarcação, como vocês garantem que é segura e que suporta a carga indicada. No escritório está disponível um modelo de embarcação simples para facilitar o dimensionamento dos projetos. (usem-no se for necessário).



Problema 2

Após a aprovação do projeto vocês devem construir a embarcação. Peguem os materiais necessários com seu superior e comecem a construí-la. Tomem cuidado para que a construção esteja de acordo com o projeto. Após construída, sua embarcação irá passar por um teste em água. Ela deve conseguir sustentar a carga com segurança.

Apêndice A.4

Questionário para a identificação dos grupos

1- Como você classificaria seu desempenho escolar de forma geral?

Insatisfatório Regular Satisfatório

2- Você se considera comunicativo?

sim não

3- Você costuma discutir sobre os conteúdos das aulas com seus colegas, ajudando-os em sala ou pedindo ajuda quando necessário?

sim não

4- Como você se classificaria em relação a desempenho em física quando comparado com seus outros colegas de turma?

abaixo da média mediano acima da média

5- Qual sua área de conhecimento preferida?

Linguagens Ciências humanas Ciências da Natureza Matemática

6- Tem algo sobre você que é, provavelmente, um diferencial perante os demais colegas? (por exemplo, uma experiência diferente, um hobby, alguma habilidade ou interesse)

7- Você julga que possui alguma (s) dificuldade(s) para aprender física? Se sim, qual (is)?

8- Este espaço está livre para que escreva qualquer coisa que ache necessário sobre você (opcional).

Apêndice A.5

Cartão Resposta de Feedback Instantâneo

Para que as equipes tivessem um feedback instantâneo durante a resolução dos testes de preparação individual, foi utilizado um cartão resposta no estilo raspadinha. As equipes deveriam decidir a alternativa que julgassem ser a correta e raspar a película que a encobria. Caso a alternativa realmente fosse a correta apareceria uma marcação; caso fosse errada, estaria em branco.

A figura 1, a seguir, ilustra o aspecto de uma cartão resposta após sua utilização por uma das equipes. Com este formato é possível que as equipes discutam sobre a questão até que encontrem a resposta correta.

Questão	A	B	C	D	E	Mediador
1	<input checked="" type="checkbox"/>	Inabela N.				
2	<input checked="" type="checkbox"/>	Caio F.				
3	<input checked="" type="checkbox"/>	Enck P.				
4	<input checked="" type="checkbox"/>	Joanna S.				
5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Raquis
6	<input checked="" type="checkbox"/>	Inabela				
7	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Caio F.
8	<input checked="" type="checkbox"/>	Enck F.				
9	<input checked="" type="checkbox"/>	Joanna S.				
10	<input checked="" type="checkbox"/>	Raquis				

Figura 1. Cartão resposta raspadinha após ser utilizado

Com a utilização desta ferramenta é possível avaliar quantos erros cada equipe cometeu durante o teste. Na figura anterior, por exemplo, pode-se notar que a equipe acertou algumas questões na primeira tentativa, mas que na questão 5 foram duas marcações incorretas até o acerto.

A confecção dos cartões neste trabalho foi feita de forma artesanal; um modelo de cartão foi produzido em um editor de textos como o mostrado na figura 2. Este modelo foi utilizado como base para todos os cartões da sequência; o professor só precisava marcar as respostas certas com um X em cada aula. Para criar a possibilidade de uma tinta raspável, uma película de papel contact transparente foi colocada na área

das alternativas e sobre a película, cada alternativa foi recoberta com tinta guache preta e um pouco de detergente; esta tinta, após secar, possibilita a raspagem.

	COLÉGIO PEDRO II – CAMPUS DUQUE DE CAXIAS					
	Disciplina: Física			Série: 2ª integrado		
	Chefe de Departamento: Eduardo Gama					
	Professor: Thiago Higinio					
	Grupo: _____ Turma: _____ Data: / /					

Cartão Resposta para TPE						

Questão	A	B	C	D	E	Mediador
1	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>				
2	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>				
3	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>				
4	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>				
5	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>				
6	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>				
7	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>				
8	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>				
9	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>				
10	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>				

Figura 2. Modelo de cartão resposta sem as marcações.

APÊNDICE B



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
Instituto de Física
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física
Mestrado Profissional em Ensino de Física
Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física



**SEQUÊNCIA DIDÁTICA BASEADA NA APRENDIZAGEM POR EQUIPES
PARA O ENSINO DE MOVIMENTO CIRCULAR E TORQUE**

Thiago Nascimento Higino da Silva

Marta Feijó Barroso

Material instrucional associado à dissertação de mestrado
de Thiago Nascimento Higino da Silva, apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da
Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Rio de Janeiro
Agosto de 2018

Introdução

Caro professor,

Apresenta-se aqui a sequência didática inspirada na metodologia da Aprendizagem Baseada em Equipes (*Team Based Learning*) e Ensino sob Medida (*Just in Time Teaching*). Esta atividade foi produzida para ser utilizada em turmas de 2ª série do Ensino médio integrado ao técnico em Informática no Colégio Pedro II. Estas turmas têm carga horária reduzida quando comparadas às turmas de ensino médio regular da escola. Desta forma, a atividade foi pensada para trabalhar conceitos fundamentais de Cinemática Angular, Dinâmica do Movimento Circular e Torque.

Os problemas para a resolução em equipe são do estilo lápis e papel e foram construídos com o objetivo de permitir diferentes soluções por parte das equipes para estimular o debate durante as aulas.

O material aqui disponível é apresentado para os colegas professores que desejam utilizá-lo em sala de aula ou utilizá-lo como base para novos materiais.

São apresentados:

- as Tarefas de Leitura (TL) preparadas;
- os Testes de Preparação Individual (TPI); os Testes de Preparação de Equipe (TPE) utilizados foram os mesmos Testes de Preparação Individual;
- os problemas para a aula de Resolução de Problemas em Equipe (RPE);
- o Questionário de Identificação dos Grupos;
- instruções para elaboração do cartão resposta (“raspadinha”).

No trabalho desenvolvido em sala de aula, a sequência didática utilizada foi a apresentada na Tabela 1. Essa estrutura foi pensada para uma turma em que aconteça uma aula semanal de no mínimo 1h e 30min. Caso a sequência seja utilizada em turmas com quantidade de aulas ou duração das mesmas diferentes, recomenda-se adaptar as TLs e os Testes de Preparação de forma a que consigam ser trabalhados no período disponível.

As Tarefas de Leitura devem ser enviadas para as turmas com antecedência. Os alunos devem estudá-las e na sequência responder o formulário eletrônico com as questões conceituais (nesta aplicação foi utilizada a plataforma *Google Forms*). O professor deve receber as respostas dos alunos e utilizá-las para preparar uma rápida explanação que será feita no início das aulas de preparação. Recomenda-se que algumas das respostas dos alunos sejam reproduzidas em sala como exemplo, tomando o devido cuidado para não gerar constrangimento.

	Em casa	Em aula
Preparação	TL I sobre Torque e Cinemática Angular	TPI I e TPE I
Aplicação	Lista de Exercícios sobre os assuntos abordados na TL anterior	RPE I
Preparação	TL II sobre Dinâmica do movimento circular	TPI II e TPE II
Aplicação	TL V sobre Empuxo (flutuabilidade a partir da diferença de densidades)	RPE II – Construção de Embarcação

Tabela 1- Estrutura da sequência aplicada com 2 tempos semanais de 1h e 30 min

Então, após a explanação do professor, os alunos devem fazer os testes de preparação, primeiro individualmente (TPI), em seguida reunidos em suas equipes (TPE) e utilizando o cartão resposta de *feedback* instantâneo (raspadinha). O modelo de cartão resposta utilizado e os procedimentos necessários para sua confecção estão descritos no fim deste anexo.

Após a aula de preparação, foi enviada para os alunos uma lista de exercícios sobre os assuntos abordados em sala. Esta aula é a de aplicação; após as dúvidas com as TLs serem sanadas pelo professor, os alunos devem se reunir com suas equipes e começar o processo de resolução de problemas. Cada equipe deve receber um pequeno quadro que será utilizado para apresentar suas soluções.

Após a resolução, as equipes devem utilizar os quadros para apresentar sua solução para as outras, que devem criticar e sugerir melhorias ou correções. É importante que todas as equipes façam o mesmo problema e que coloquem suas soluções nos quadros antes que comecem as apresentações das outras equipes. Com isso evita-se que as soluções apresentadas sofram influências dos demais colegas.

Para saber mais

Para o professor que quiser mais informações sobre as metodologias ativas de aprendizagem inspiradoras desta sequência e sobre outras metodologias semelhantes, apresenta-se uma lista (não exaustiva) com trabalhos que descrevem a aplicação destas metodologias em aulas de física.

- Ives Solano Araújo e Eric Mazur. Instrução pelos colegas e ensino sobre medida uma proposta para o engajamento dos alunos no processo de ensino aprendizagem de Física. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* v. 30, n. 2, 2013.
- J. Acacio de Barros 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.
- Tobias Espinosa de Oliveira, Ives Solano Araújo e Eliane Angela Veit. Sala de aula invertida (flipped classroom). *Física na escola*. São Paulo. Vol. 14, n. 2 (out. 2016), p. 4-13, 2016

Tarefa de Leitura I – Da porta à bicicleta

Observe as portas representadas na figura 1. Se você fosse escolher uma delas para sua casa, qual seria?

Certamente sua resposta seria “a da esquerda” e muito provavelmente diria que a maçaneta da outra porta está no lugar errado. Mas porque a maçaneta tem um lugar “correto”? Será que não é possível abrir a porta com a maçaneta colocada em outro ponto? Sim, é possível, mas ficaria bem mais difícil, ou seja, seria necessária uma força maior para abrir a porta.

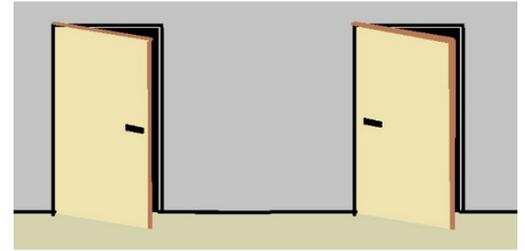


Figura 1. Portas com maçanetas em posições diferentes.

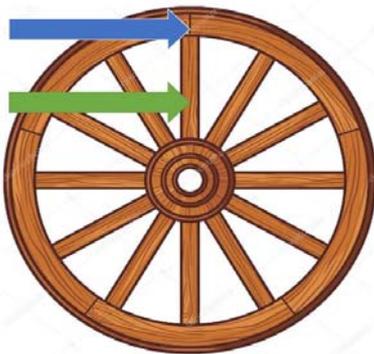


Figura 2. Forças exercidas em diferentes pontos de uma roda

Então podemos perceber que, quando desejamos abrir uma porta, além da força que exercemos também é relevante o local onde a força é exercida. Podemos pensar da mesma forma sempre que precisarmos girar um corpo. Deve-se exercer uma força menor para girá-lo se esta for aplicada em um ponto mais distante do eixo de rotação. Na física expressamos esta relação com a grandeza denominada **Torque**, que está associada à capacidade que uma força

possui de girar um corpo em torno de um eixo. O torque também é influenciado pela direção em que a força é exercida. É fácil se constatar que não será possível abrir a porta se a força for exercida para cima ou para baixo da maçaneta.

Sendo assim, se você desejasse fazer uma roda começar a girar em torno de seu centro, qual das forças indicadas na figura 2 seria a melhor opção? Ambas têm a mesma intensidade, mas são aplicadas em pontos diferentes. Dessa forma, a força azul (aplicada no ponto mais externo do aro da roda) tem

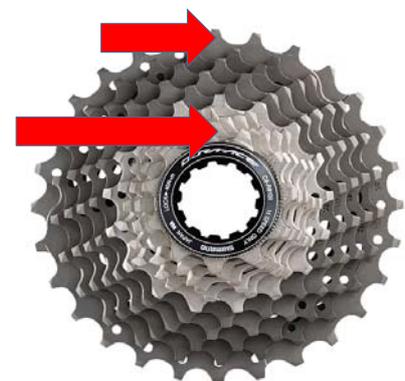


Figura 3. Forças exercidas necessárias para girar engrenagens diferentes.

um braço maior, ou seja, é aplicada em um ponto mais distante do eixo de rotação e dessa forma terá maior torque, tendo a maior capacidade de girar o corpo.

Este exemplo está intimamente relacionado com o funcionamento de uma bicicleta; para a roda girar é necessário que uma força atue sobre ela. Esta é originada na sua interação com a corrente e, como já informado acima, quanto mais distante do eixo de rotação esta força for aplicada, menor será a intensidade necessária. Sendo assim, se a engrenagem que é ligada à roda da bicicleta for muito pequena, será necessária uma força muito grande para que a bicicleta se mova, o que não será preciso quando esta engrenagem for grande. Você deve estar se perguntando: “Então porque as engrenagens das rodas das bicicletas não são as maiores possíveis?”

Pense nas rodas de um automóvel que está em movimento; ao fim de um percurso, qual das rodas deu um maior número de voltas? Obviamente o número de giros de cada roda é o mesmo nestes automóveis, mas será que poderíamos fazer a mesma afirmação para o trator da figura ao lado que possui uma das

rodas maior que a outra? Vamos imaginar a seguinte situação: o trator percorre uma distância que corresponde exatamente ao perímetro da roda maior, assim, ao fim do trajeto esta roda teria completado uma volta, porém a roda menor possui um perímetro menor e obviamente precisou completar mais de uma volta, considerando que não tenha ocorrido deslizamento. Ou seja, no trator a roda menor sempre completa mais voltas que a maior.

Existe uma grandeza física chamada **frequência** que está associada ao número de rotações que um corpo dá em uma unidade de tempo (quando o tempo é dado em segundos, a frequência é medida em Hertz). Dessa forma a roda menor tem maior frequência de rotação que a roda maior.



Figura 4- Veículos e o tamanho de suas rodas.

Agora podemos fazer uma analogia com as engrenagens da bicicleta. A corrente transmite o movimento das engrenagens ligadas aos pedais para as que estão ligadas às rodas, e, dessa forma, mantendo as duas com a mesma velocidade, pode-se pensar na situação semelhante à das rodas do trator.

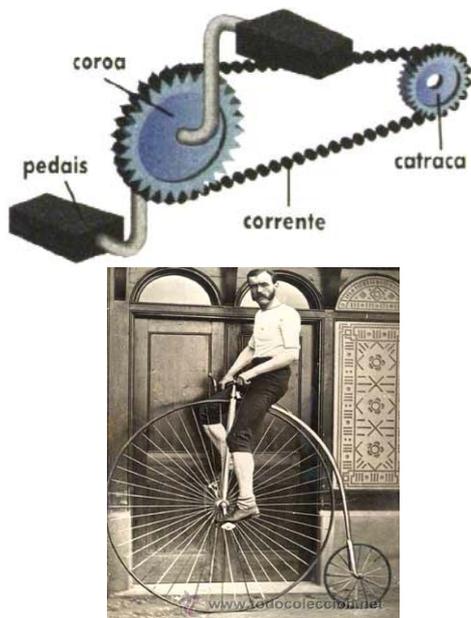


Figura 5. Comparação entre a bicicleta com engrenagens e sem engrenagens.

Então já sabemos que uma dessas engrenagens vai dar mais voltas que a outra. Quanto maior for a diferença entre os tamanhos, maior será a diferença entre as frequências de rotação. E como sabemos que a engrenagem menor terá maior frequência, o ideal é que ela esteja ligada à roda para que com uma pedalada (volta na engrenagem maior) a roda da bicicleta dê mais de uma volta.

Sendo assim, a mudança do tamanho das engrenagens em uma bicicleta de marchas tem basicamente dois objetivos: o ciclista exercer mais ou menos força e a

roda girar mais ou menos a cada pedalada.

Nas bicicletas antigas, o sistema de engrenagens não era utilizado. Os pedais eram ligados diretamente a uma das rodas. Dessa forma, a cada pedalada a roda completava uma volta, ou seja, a frequência da roda era igual à frequência dos pedais; como não havia ganho na frequência a saída para otimizar o transporte era que o raio da roda deveria ser bem maior que o dos pedais; dessa forma, com uma pedalada a bicicleta percorreria uma distância igual ao perímetro da roda que é maior que a trajetória que os pés percorrem ao pedalar uma vez.

Um esquema muito semelhante ao das bicicletas antigas é utilizado no monociclo. As rodas giram com a mesma frequência que os pedais. Você seria capaz de dizer quem é mais rápido? A roda ou um dos pedais? Utilizamos uma



Figura 6. Pedais de um monociclo, ligados diretamente à roda.

outra grandeza para resposta desse tipo de pergunta, a **velocidade Angular** (ω) que mede a rapidez com que um ângulo é varrido, ou seja, com que um **deslocamento Angular** ($\Delta\theta$) é efetuado.

$$\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t}$$

Até aqui, associamos a **velocidade** (v) à rapidez com que um corpo percorre uma certa distância. Então, os pedais e a roda do monociclo possuem a mesma velocidade angular, já que giram juntos, ou seja o ângulo que giram é o mesmo. Porém a roda possui velocidade tangencial maior, já que um de seus pontos percorre um círculo de perímetro (distância) maior que o dos pedais e no mesmo tempo que estes. A relação entre essas velocidades é mostrada a seguir, e como acabamos de perceber esta relação depende do raio do movimento circular.

$$v = \omega \cdot R$$

O mesmo acontece entre a catraca e a roda da bicicleta; já entre as engrenagens ligadas pela corrente, temos uma relação diferente: a corrente garante que as duas sempre tenham a mesma velocidade, o que acarreta em diferentes velocidades angulares.

As marchas de um automóvel possuem a mesma lógica, de alterar o tamanho de engrenagens que estão ligadas ao motor e das que estão ligadas à roda. Porém, as ligações são um pouco mais complexas. Observe na figura 7 ao lado, apenas uma das engrenagens azuis fica conectada ao eixo das rodas, as outras giram livremente sem conexão com o eixo. O motor gira a engrenagem verde, o movimento é transmitido para

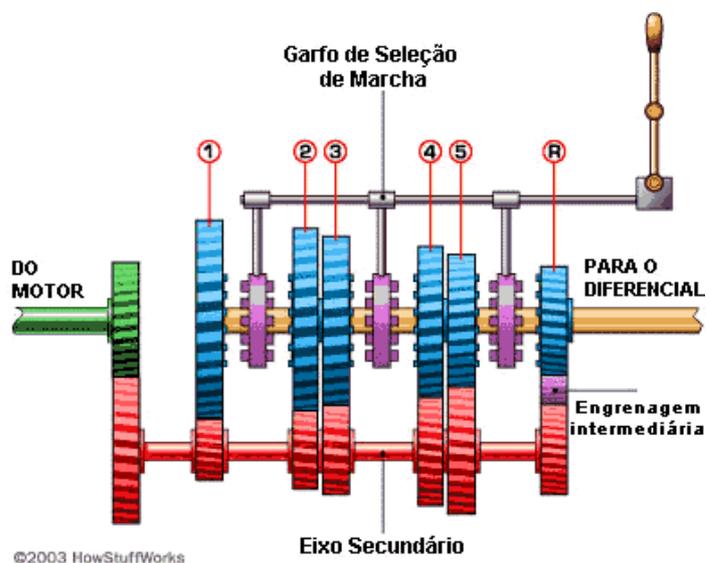


Figura 7. Engrenagens presentes no câmbio manual de um automóvel.

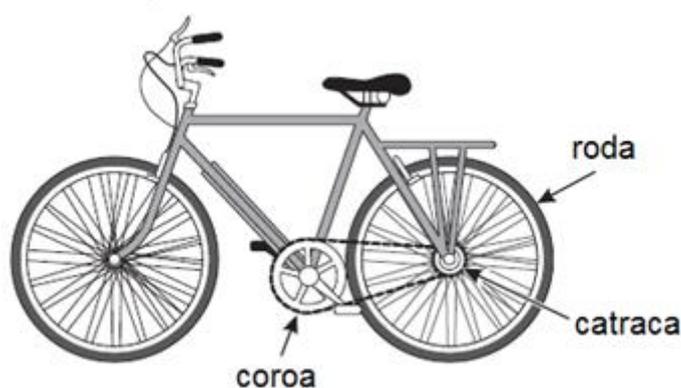
as rodas (engrenagens azuis) pelas engrenagens vermelhas, semelhante ao que a corrente da bicicleta faz com os pedais e as rodas. Trocar de marcha significa alterar a engrenagem azul, que será conectada ao eixo das rodas (diferencial) e isso é feito por meio do contato dos garfos que estão em roxo. Apenas um dos garfos é movimentado por vez; a escolha é feita com o movimento da marcha pelo motorista do carro. Então a primeira marcha significa utilizar apenas a engrenagem azul de número 1; a segunda marcha já seria conectar na engrenagem azul de número 2, menor, o que então permitiria uma velocidade maior.

Agora responda o formulário on-line sobre os conceitos trabalhados neste texto.

Formulário sobre a TL I

1- Após a leitura você achou alguma parte do texto pouco clara? Em caso afirmativo, cite-a e explicita entrando em detalhes. Em caso negativo cite o que mais lhe chamou atenção no material. Fique à vontade para fazer perguntas ou comentários neste espaço.

2- Observe a figura e responda a próxima questão.



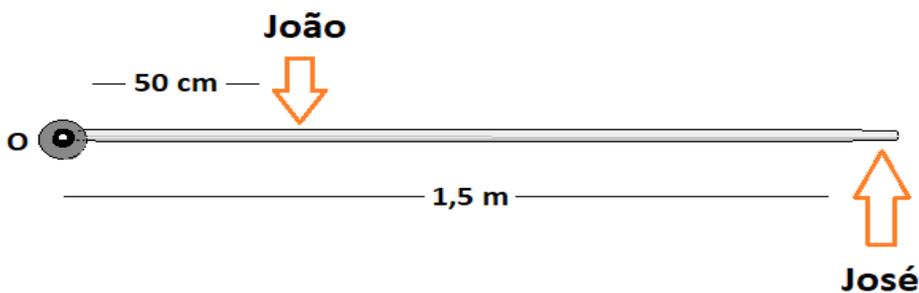
A figura mostra o esquema de uma bicicleta. O raio da roda é de 32 cm. No centro da roda há uma engrenagem cujo raio é de 4 cm, chamada de catraca.

Essa engrenagem, por meio de uma corrente, é acionada por outra engrenagem com raio de 8 cm, chamada de coroa e movimentada pelo pedal da bicicleta. Um ciclista de elite consegue manter em uma prova uma frequência constante em suas pedaladas de 3 Hz. Marque a opção onde está a frequência de rotação da roda nesta situação.

- a) 1,5 Hz b) 3,0 Hz c) 6,0 Hz d) 9,0 Hz e) 48,0Hz

Por favor explique rapidamente o raciocínio que utilizou para chegar à sua resposta.

3 - Em uma brincadeira dois rapazes resolvem disputar quem é o mais forte empurrando a alavanca pertencente a uma máquina que encontraram no ferro velho. Irão empurrar a barra simultaneamente e decidiram que o mais forte será quem fizer a barra girar no sentido em que está empurrando. As forças são feitas nos pontos indicados na figura e a barra pode girar em torno do ponto O. Se José é capaz de exercer uma força de 150N, marque a opção onde está a mínima força que João deve exercer para não perder a brincadeira.



- a) 150 N b) 300 N c) 450 N d) 50 N e) 75 N

Por favor, justifique sua resposta.

Teste de Preparação individual I

A figura representa um relógio analógico que possui três ponteiros. O maior indica os minutos, o menor indica as horas e o vermelho indica os segundos. A cada hora o ponteiro maior completa uma volta; já o menor só completa uma volta a cada 12 horas.



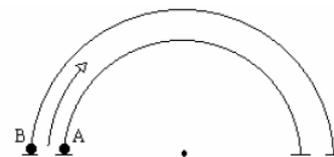
- 1) Qual dos ponteiros possui maior frequência de rotação?
 - a) Ponteiro das horas.
 - b) Ponteiro dos minutos.
 - c) Ponteiro dos segundos.
 - d) Todos possuem a mesma frequência.
- 2) Qual dos ponteiros possui menor velocidade angular?
 - a) Ponteiro das horas.
 - b) Ponteiro dos minutos
 - c) Ponteiro dos segundos
 - d) Todos possuem a mesma velocidade angular

Um velocípede como o da figura ao lado move-se com velocidade constante; suas rodas rolam sem derrapar no solo. A roda dianteira tem raio igual ao dobro dos raios das rodas traseiras.



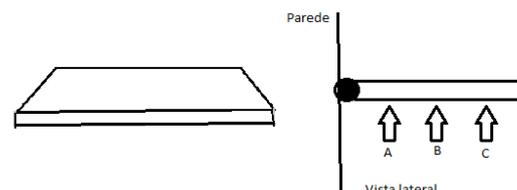
- 3) Podemos afirmar que:
 - a) As velocidades angulares das 3 rodas são iguais.
 - b) As rodas traseiras têm velocidades angulares iguais ao dobro das velocidades angulares da roda dianteira.
 - c) As rodas traseiras têm velocidades angulares iguais à metade das velocidades angulares das rodas dianteiras.
 - d) A velocidade tangencial do ponto B da roda dianteira é maior que a velocidade tangencial do ponto A na roda traseira.

Dois corredores partem simultaneamente das posições indicadas e percorrendo uma pista semicircular cruzam a linha de chegada no mesmo instante.



- 4) Pode-se afirmar que:
 - a) O corredor A teve maior Velocidade Tangencial média
 - b) O corredor B teve maior Velocidade Angular média
 - c) Ambos tiveram a mesma Velocidade Tangencial média.
 - d) Ambos tiveram a mesma Velocidade Angular média.

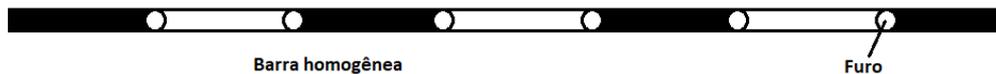
5) Uma tábua de formato retangular está presa à parede por meio de um suporte articulado, formando uma prateleira. As setas na figura 2 representam possíveis forças que possam ser exercidas na prateleira e que podem mantê-la na horizontal. Destas, qual teria menor



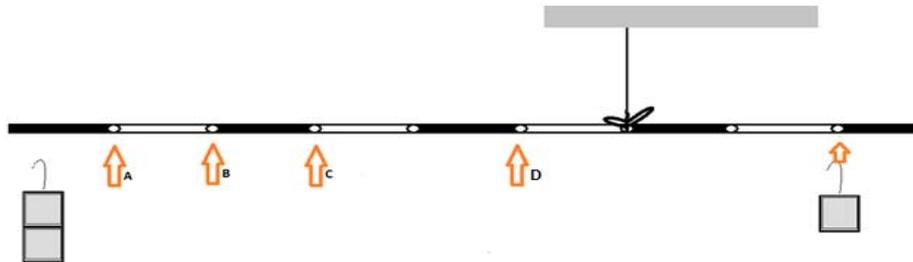
intensidade?

- a) A b) B c) C d) todas teriam a mesma intensidade.

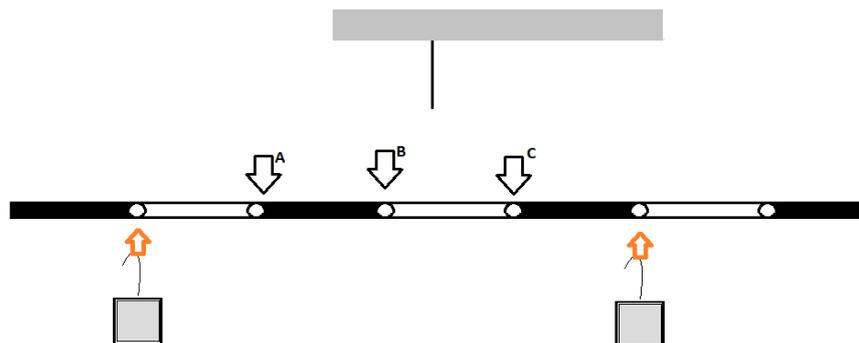
Nas questões a seguir será utilizada a figura a seguir para representar uma barra homogênea que é dividida em pedaços de comprimentos iguais pintados com cores diferentes para facilitar a visualização. A barra contém furos onde podem ser pendurados caixas representadas pelos retângulos cinzas; todas as caixas possuem a mesma massa, que é muito maior que a massa da barra (e que nestas questões será desprezada).



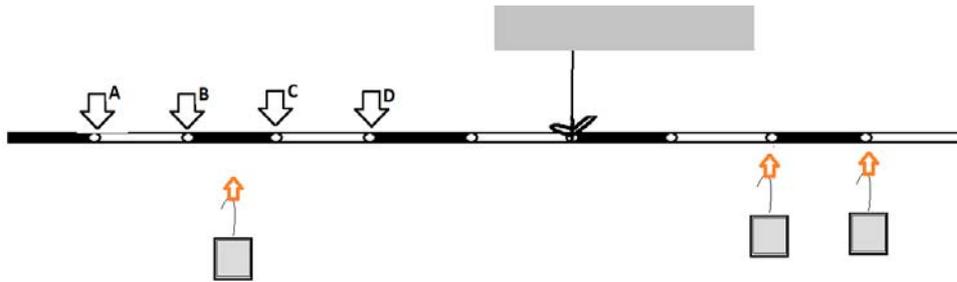
6) A barra foi pendurada por um fio em um dos furos, como mostra a figura. À direita deste ponto será pendurada uma caixa, para que a barra fique na horizontal, e à esquerda serão penduradas duas outras caixas. Em qual dos pontos assinalados devem ser penduradas para que o equilíbrio seja estabelecido?



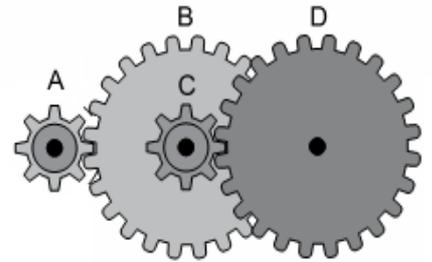
7) Duas caixas serão penduradas na barra nas posições indicadas pelas setas vermelhas. A barra então deverá ser pendurada em um fio preso ao teto. Para que a barra fique em equilíbrio na horizontal em qual dos furos, mostrados pelas setas pretas, o fio deve ser amarrado?



8) Na situação da figura abaixo, duas caixas serão penduradas à direita do ponto em que a barra está presa, mas em posições distintas. Em qual dos buracos assinalados pelas setas pretas deve-se pendurar uma outra caixa de forma que a barra fique em equilíbrio horizontal?



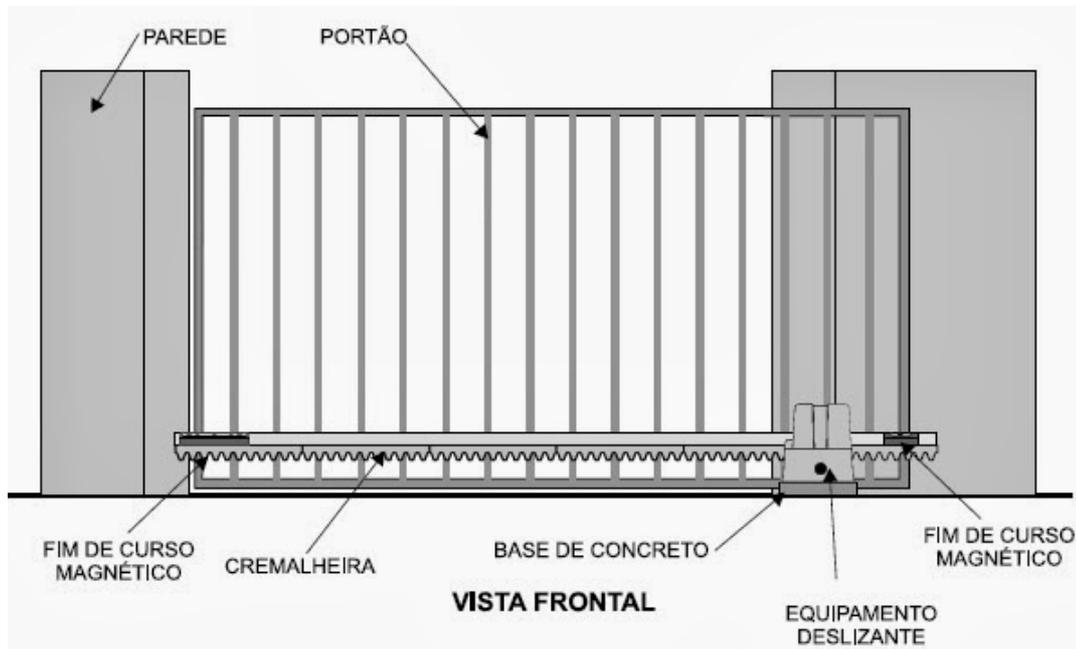
9 - Um pequeno motor a pilha é utilizado para movimentar um carrinho de brinquedo. Um sistema de engrenagens transforma a velocidade de rotação desse motor na velocidade de rotação adequada às rodas do carrinho. Como a velocidade angular do motor é muito elevada, as engrenagens servem para que as rodas tenham uma frequência menor de rotação. As engrenagens A e C tem mesmo diâmetro, o mesmo acontece com as engrenagens B e D sendo que estas têm o dobro do diâmetro das anteriores. Dessa forma, em que engrenagem deve estar conectado o motor e a que engrenagem devem estar ligadas às rodas?



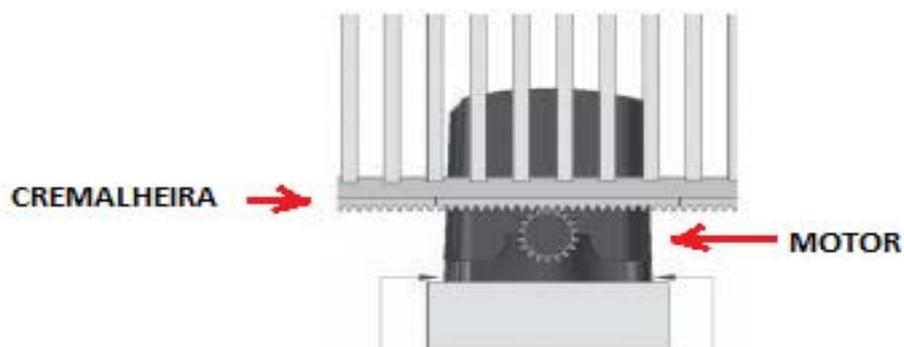
- Motor na engrenagem D e as rodas na engrenagem A; dessa forma a velocidade angular das rodas será 4 vezes maior que a do motor
- Motor na engrenagem D e as rodas na engrenagem A; dessa forma a velocidade angular das rodas será 2 vezes maior que a do motor.
- Motor na engrenagem A e as rodas na engrenagem D; dessa forma a velocidade angular das rodas será 4 vezes menor que a do motor.
- Motor na engrenagem A e as rodas a engrenagem D; dessa forma a velocidade angular das rodas será 2 vezes menor que a do motor.

Problemas para a Resolução em Equipe I

1 - Vocês foram selecionados para estagiar em uma empresa que instala portões automáticos. No seu primeiro dia de trabalho, o mecânico chefe está trocando algumas peças de um dos portões do Colégio Pedro II, que abre deslizando para a lateral, como mostrado na figura. A empresa tem uma norma de segurança especificando que os portões iguais ao que vocês estão trabalhando, de cremalheira com 2m de comprimento, devem levar por volta de 4 s para abrir ou fechar completamente.



O mecânico percebe o motor está com defeito e deve ser substituído, porém não dispõe de motores iguais por se tratar de um modelo antigo. Resolve então substituir o motor por um com uma frequência de rotação diferente, mas sabe que para isso deve colocar uma engrenagem de tamanho adequado para fazer o contato com a cremalheira. Então, pede que vocês escolham o motor novo e o tamanho da engrenagem a ser utilizada.



Escolha a combinação de motor e engrenagem, e escreva a justificativa para convencer o mecânico da sua escolha. Leve em consideração que a altura do portão em relação ao solo é fixa e a cremalheira pode ser instalada na altura em que for conveniente para se acoplar na engrenagem.

Motores disponíveis	Frequência de rotação (rotações por minuto)
A	55,5
B	66
C	100
D	250

Engrenagem	Diâmetro (cm)
1	18
2	15
3	12
4	10
5	8
6	5
7	4
8	3

2- Você foi selecionado para uma vaga de estágio em uma oficina de automóveis. Um motorista chega à oficina reclamando que o velocímetro de seu veículo está com defeito, pois o valor de velocidade que aparece no instrumento difere significativamente do valor do GPS que possui em seu celular. Relata ainda que a diferença entre as leituras ficou bem maior após alterar o aro das rodas do carro e os pneus que utiliza. Em um manual na parede da oficina está escrito o seguinte:

“O código que vem escrito nos pneus dá informações de largura, do tamanho da parede do pneu em porcentagem em relação a sua largura (perfil) e do aro.

Exemplo: 175/70R13

175 é a largura do Pneu em milímetros.

70 significa que a altura da parede do pneu (perfil) é 70% da largura, ou seja 122,5 mm.

13 é o diâmetro da roda em polegadas. ”



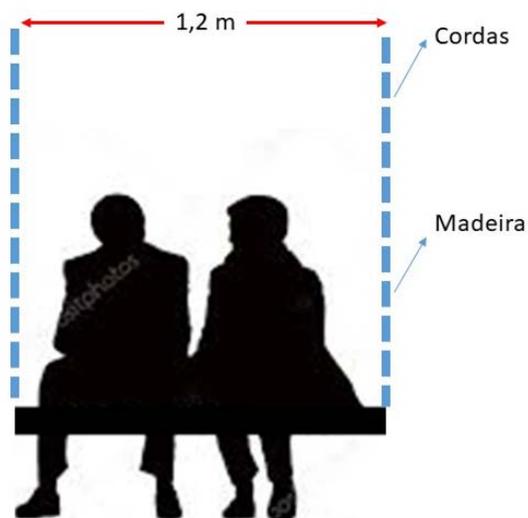
Se o carro do cliente utilizava rodas com aro 13 e pneus 175/65 R13 e ele alterou para pneus 205/60 R16, determine o erro percentual no valor mostrado pelo velocímetro com esta nova configuração.

Na loja existem alguns pneus para aros maiores. Escolha um que o motorista pode utilizar, fazendo a alteração para o aro conveniente, de forma que o não seja preciso fazer alterações significativas no velocímetro. Lembre-se que 1 pol = 2,5 cm. Saiba que o velocímetro mede a velocidade do carro baseando-se no número de giros do motor e consequentemente das rodas.

Aro	Opções de Pneus disponíveis		
16	185/40 R16	185/60 R16	185/75 R16
15	175/75 R15	165 / 65 R 15	175/50 R15
14	165/50 R14	165/60 R14	185/40 R14

Escreva a justificativa de sua escolha para que o motorista entenda que o problema não ocorrerá novamente após esta alteração.

3- Os alunos do Campus Duque de Caxias resolvem instalar um banco no estilo balanço no pátio do campus. O desejo é que o banco tenha as dimensões mostradas na figura (para duas pessoas) e a construção será feita pelos próprios alunos. Seu grupo deve inscrever um projeto para concorrer à licitação. O orçamento para os materiais é de R\$ 50,00. Vocês devem escolher a madeira e as cordas que serão utilizadas a partir do quadro abaixo. O projeto deve conter instruções de segurança, como o número máximo de pessoas, a posição como devam sentar ou outra orientação que acharem necessária.



Cordas	Tração máxima que suporta	Preço em reais
A	700 N	10,00
B	800 N	21,00
C	1000 N	25,00
D	1200 N	30,00

Madeira	Força Máxima que suporta em um ponto	Massa	Custo
1	800 N	3 kg	10
2	1000 N	5 kg	22
3	1500 N	10 kg	30

Decidam em conjunto que madeira e corda utilizarão de forma que não estourem o orçamento e que o balanço seja seguro. Divulguem também as especificações para a segurança do balanço e justifiquem com seus conhecimentos de Física.

Levem em consideração o peso da madeira que escolherão, bem como a massa das pessoas que utilizarão o banco, sabendo que ficará no pátio e dessa forma qualquer um poderá sentar nele.

Tarefa de Leitura II - O que é preciso para fazer uma curva?

Se você tivesse que comprar bancos para sua Kombi, qual destes bancos representados na figura 1 você escolheria?

Repare que as diferenças entre os dois não são apenas estéticas. Um dos problemas de se utilizar bancos como os da imagem superior é que possuem a parte horizontal toda no mesmo nível, e dessa forma, quando o carro entrar numa curva, será bem provável que o passageiro ou o motorista acabe deslizando para o lado. Vamos entender o porquê de isso acontecer.

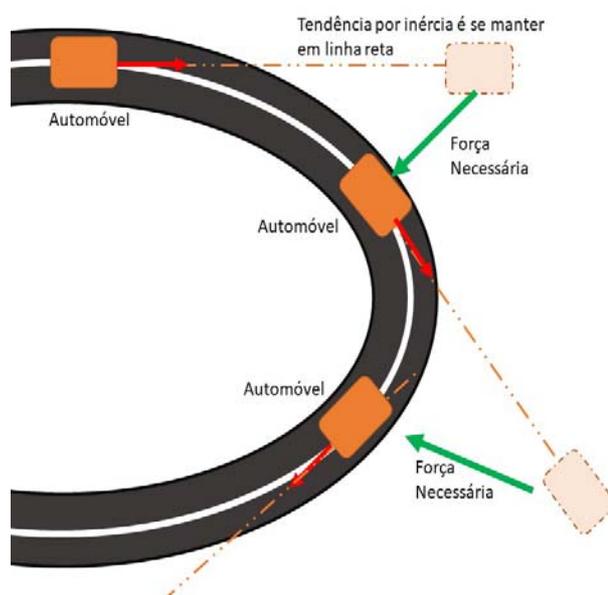
Para fazer uma curva necessariamente o automóvel precisa variar a direção e o sentido de seu vetor velocidade. Como já estudamos, para que a velocidade de corpo mude em módulo, direção ou sentido uma força resultante deve atuar sobre ele. Dessa forma só é possível completar uma trajetória curvilínea se existir uma força que o mantenha nesta trajetória. Caso contrário, por inércia o móvel continuará em linha reta. É o que acontece quando a linha de uma “marimba” arrebenta. A força de tração deixa de existir e a pedra sai em uma direção tangente à trajetória.

Para que a curva seja realizada deve existir uma força resultante que aponte para o centro da trajetória. Esta resultante produz uma aceleração responsável por variar a direção e o sentido da velocidade, porém não varia seu módulo. A esta aceleração chamamos Aceleração Centrípeta. E a resultante, de força resultante centrípeta, já que sempre deve apontar para o centro da curva.

Vamos pensar sobre o valor desta força resultante centrípeta. Em que situação é mais fácil de completar uma curva em segurança? Quando a velocidade é elevada ou reduzida? É quase óbvio que é mais seguro realizar a curva com velocidade reduzida. Isso porque quanto maior o módulo da velocidade (v) de um corpo durante uma curva, maior é a força necessária para mantê-lo nesta trajetória. Porém, se um fusquinha e um caminhão entram na mesma curva com a mesma velocidade, qual dos dois necessita sofrer uma força maior para



Figura 1. Modelos de bancos para uma Kombi.



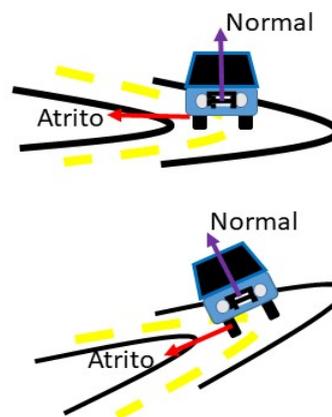
conseguir se manter na curva? O caminhão, pois sua massa é maior. Dessa forma quanto maior a massa do corpo (m), maior é a força resultante centrípeta necessária. E, por último, você já deve ter ouvido que quanto mais fechada a curva mais perigosa ela é. Ou seja, quanto menor o raio de curvatura (R) maior é a força resultante centrípeta necessária, o que indica uma relação inversamente proporcional. Então a segunda lei de Newton nos permite escrever:

$$\vec{F}_{RC} = m \cdot \vec{a}_C$$

E em módulo, a partir das relações citadas anteriormente:

$$F_{RC} = m \cdot \frac{v^2}{R}$$

A mesma situação ocorre em qualquer movimento curvilíneo. No caso do automóvel é a força de atrito entre os pneus e o solo a responsável por mantê-lo na curva. Caso a pista esteja com areia ou óleo, este atrito é reduzido e a probabilidade de um acidente aumenta, já que a força de atrito pode não ter intensidade suficiente para servir de Força Resultante Centrípeta. Algo semelhante acontecerá se uma pessoa tentar realizar uma curva correndo. Se o local da corrida for muito escorregadio (pense no “futebol de sabão”) será muito difícil conseguir realizá-la, já que a força de atrito não será suficiente e provavelmente a pessoa descreverá uma trajetória em linha reta.



Repare que com pista inclinada a Força Normal também empurra o carro para completar a curva sendo necessário uma menor força de Atrito

Para que o passageiro do veículo também realize a curva, ele precisa uma força que o mantenha nessa trajetória. Caso o assento do banco seja plano, esta força é unicamente a de atrito entre o banco e a pessoa. Mas se o banco possui partes elevadas, a força Normal também irá atuar dessa forma. Em pistas esportivas ou rodovias em que os veículos precisam realizar as curvas em alta velocidade, é comum que o piso seja inclinado. Dessa forma, como podemos observar na figura, além da força de atrito, a força Normal também empurra o corpo para o centro da trajetória, ficando mais seguro realizar a curva.

Algo bem semelhante acontece com os bancos dos carros citados lá no início. Nos bancos com os assentos planos, os passageiros dependem apenas das forças de atrito para realizar as curvas. Já nos bancos anatômicos, componentes das Forças Normais surgem para auxiliar, tornando mais difícil o deslizamento dos viajantes.

É importante entender que a força resultante centrípeta não é uma força que surge nas trajetórias circulares, mas sim a resultante das forças que atuam na direção radial; ou seja, dependendo da situação

uma única força como normal ou peso pode fazer o papel de resultante centrípeta, em outros casos quando temos mais de uma força nesta direção a soma vetorial delas (resultante) é quem vai fazer o papel de alterar a direção da velocidade do corpo.

Exercício resolvido.

Qual a velocidade mínima que uma pessoa dever ter no ponto mais alto da pista representada na figura para que ele consiga completar o loop? Considere a pista circular de raio 2m e a massa do corredor de 70kg. Despreze possíveis atritos.



Solução:

No ponto mais alto da pista atuam sobre o corredor duas forças na direção radial, Peso e Normal. Como ambas apontam para centro da curva, a força resultante seria a soma de seus módulos. Porém como pedimos a velocidade mínima no exercício, deve-se pensar na situação em que o homem não conseguiria completá-lo; isso ocorreria quando ele perdesse o contato com a pista, ou seja quando a força normal não estivesse presente. Então apenas a força peso deveria fazer o papel de resultante centrípeta.

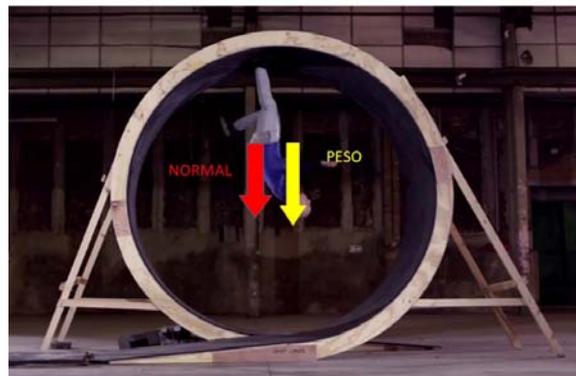
$$F_{RC} = P$$

$$\frac{m \cdot v^2}{R} = m \cdot g$$

$$\frac{v^2}{2} = 10$$

$$v = \sqrt{20} \cong 4,5 \frac{m}{s}$$

$$v = 16 \text{ km/h}$$



Formulário sobre a Tarefa de Leitura II

Questões para o Just in time II

1- Após a leitura você achou alguma parte do texto pouco clara? Em caso afirmativo, cite-a e explicita entrando em detalhes. Em caso negativo, cite o que mais lhe chamou atenção no material. Fique à vontade para fazer perguntas ou comentários neste espaço.

2- Os carros da figura têm aproximadamente a mesma massa, incluindo seus pilotos, e se preparam para fazer uma curva para a esquerda de quem está olhando a foto. Supondo que eles cheguem neste ponto com mesma velocidade e que os pneus de ambos os carros são semelhantes, qual dos dois terá maior dificuldades para completar a curva, o vermelho ou o preto?

- a) Vermelho.
- b) Preto.
- c) Nenhum dos dois.

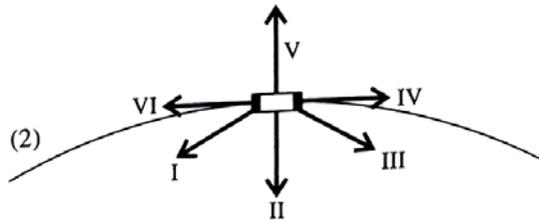


Por favor explique rapidamente o raciocínio que utilizou para chegar à sua resposta.

3- A figura mostra um carro que descreve uma curva com velocidade constante.

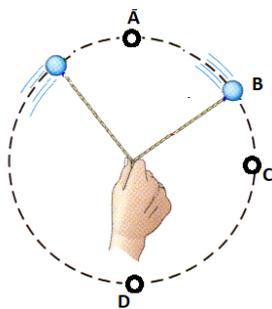


Qual dos vetores da figura a seguir representa corretamente a direção e o sentido da força resultante sobre o carro neste instante?



Por favor, justifique sua resposta.

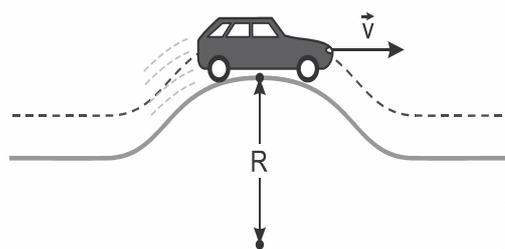
4- A figura mostra um menino girando um marimba (pedra amarrada a uma linha) em um plano vertical. Durante todo o movimento apenas a força peso e a força de tração atuam sobre a pedra. Em qual dos pontos assinalados a força que o fio exerce sobre a pedra é maior?



Por favor, justifique sua resposta.

TESTE DE PREPARAÇÃO INDIVIDUAL II

1- A figura representa o instante em que um carro passa por uma lombada existente em uma estrada. Neste ponto podemos considerar que apenas a Normal (vertical e para cima) e o Peso (vertical e para baixo) atuam sobre o veículo na direção radial. Para que o carro passe por este trecho da estrada sem perder contato com a pista podemos afirmar sobre o módulo destas forças:

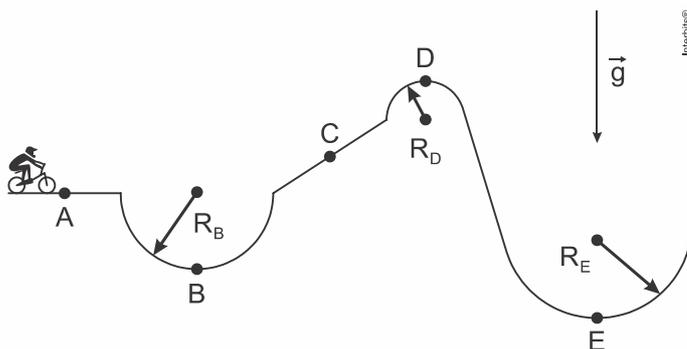


- a) Normal e Peso tem mesmo módulo
- b) Normal tem o módulo maior que o peso
- c) Peso tem o módulo maior que a normal
- d) Não é possível comparar o módulo da normal e do peso sem o valor da massa do carro

2- O mesmo carro passa por outro trecho semelhante ao primeiro, mas agora com uma velocidade duas vezes maior que a da primeira situação. Podemos afirmar que:

- a) O valor da Normal agora será maior que o da situação inicial
- b) O valor da Normal permanece o mesmo que o da situação inicial já que o peso do carro não muda.
- c) O carro necessitará de uma força resultante centrípeta maior logo seu peso será 4 vezes maior que o anterior
- d) O carro necessitará de uma força resultante centrípeta 4 vezes maior então a normal terá um valor menor que na situação inicial.

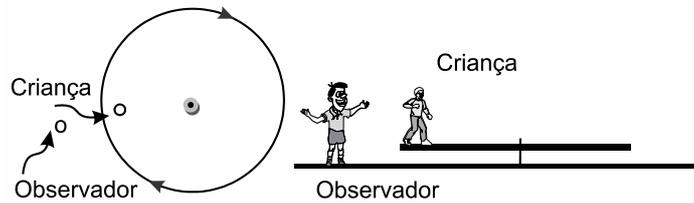
3- Suponha que, em uma prova olímpica de ciclismo BMX, presente nos Jogos Olímpicos desde a Olimpíada de Pequim 2008, um atleta percorra um trecho de pista de corrida cujo corte lateral é mostrado na figura a seguir.



A partir desse corte, percebe-se que o atleta viaja por segmentos de pista retos e por semicírculos onde $R_D < R_B < R_E$. Se o atleta pedala e utiliza os freios de forma a ter velocidade constante no trecho mostrado, o ponto de maior intensidade da reação normal da pista sobre a bicicleta é

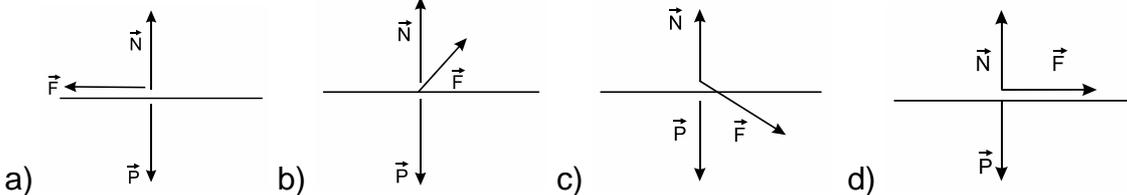
- a) B
- b) C
- c) D
- d) E

4- Uma criança está parada em pé sobre o tablado circular girante de um carrossel em movimento circular e uniforme, como mostra o esquema (uma vista de cima e outra de perfil).



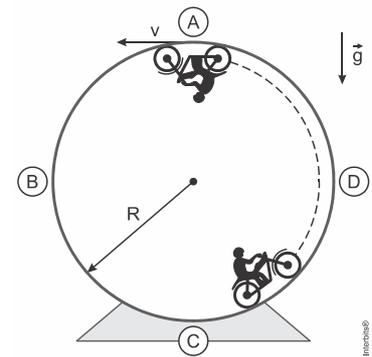
O correto esquema de forças atuantes sobre a criança para um observador parado no chão fora do tablado é:

(Dados: F : força de atrito ; N : reação normal do tablado; P : peso da criança)



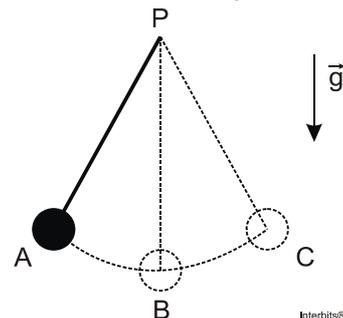
5- Considere a figura a seguir, na qual é mostrado um piloto acrobata fazendo sua moto girar por dentro de um “globo da morte”.

Ao realizar o movimento de *loop* dentro do globo da morte (ou seja, percorrendo a trajetória ABCD mostrada), o piloto precisa manter uma velocidade mínima em sua moto para que a mesma não caia ao passar pelo ponto mais alto do globo. Marque a alternativa que contém uma afirmação correta sobre a situação descrita.



- a) No ponto C a Força Normal é a resultante Centrípeta.
- b) No ponto B e no ponto D as Forças Peso são as resultantes Centrípetas.
- c) Em A quanto maior a velocidade da moto menor será a intensidade da força Normal.
- d) No ponto D a Resultante Centrípeta é igual à força Normal.

6- O pêndulo de um relógio é constituído por uma haste rígida com um disco de metal preso em uma de suas extremidades. O disco oscila entre as posições A e C, enquanto a outra extremidade da haste permanece imóvel no ponto P. A figura abaixo ilustra o sistema. A força resultante que atua no disco quando ele passa por B no sentido do ponto C, com a haste na direção vertical, é



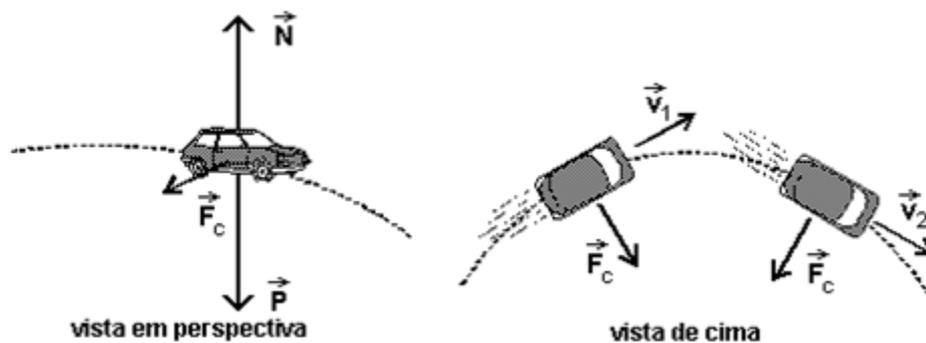
- a) nula.
- b) vertical, com sentido para cima.
- c) vertical, com sentido para baixo.
- d) horizontal, com sentido para a direita.

7-"Ao fazermos uma curva, sentimos o efeito da força centrífuga, a força que nos "joga" para fora da curva e exige um certo esforço para não deixar o veículo sair da trajetória. Quanto maior a velocidade, mais sentimos essa força. Ela pode chegar ao ponto de tirar o veículo de controle, provocando um capotamento ou a travessia na pista, com colisão com outros veículos ou atropelamento de pedestres e ciclistas."

(DENATRAN. *Direção defensiva*. [Apostila], p. 31, maio 2005. Disponível em: <http://www.detran.sc.gov.br>

Acesso em: 9 out. 2008).

A citação anterior apresenta um erro conceitual bastante frequente. Suponha o movimento descrito analisado em relação a um referencial inercial, conforme a figura a seguir:



Em relação ao exposto, assinale a proposição CORRETA.

A) Um veículo de massa m percorre uma determinada curva de raio R sem derrapar, com velocidade máxima de módulo constante v . Um segundo veículo com pneus idênticos ao primeiro, com massa quatro vezes maior ($4m$), deverá percorrer a mesma curva sem derrapar, com uma velocidade máxima constante de módulo duas vezes menor ($v/2$).

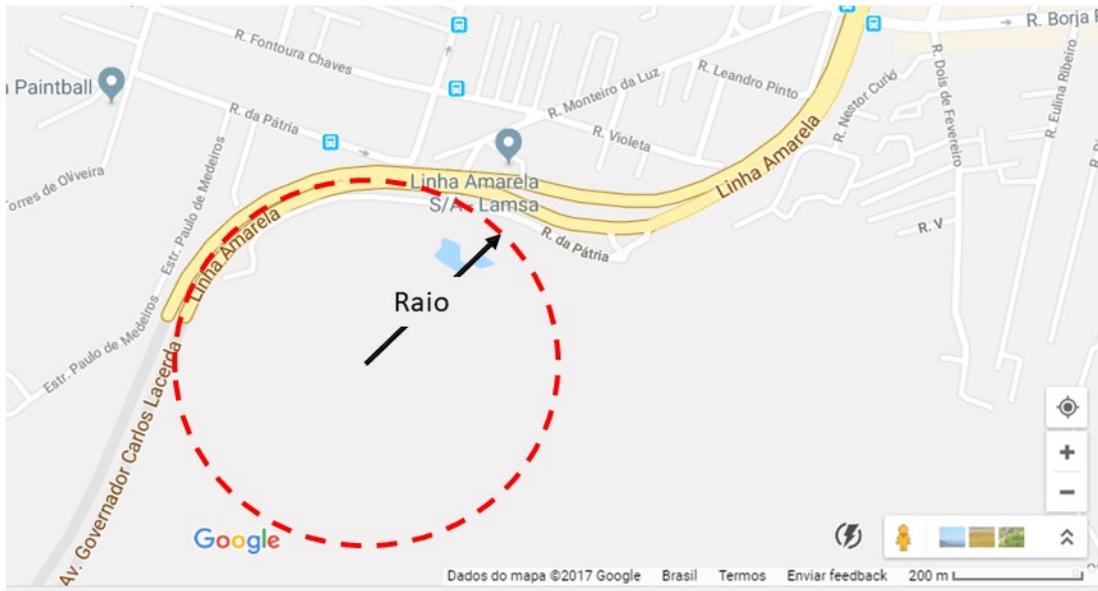
B) Um veículo descrevendo uma curva em uma estrada plana certamente estará sob ação de uma força apontando para fora da curva, se opondo à força de atrito entre os pneus e o chão. Se o atrito deixar de atuar, o veículo será lançado radialmente para fora da curva em virtude dessa força centrífuga.

C) Um veículo descreve uma curva de raio R em uma estrada plana sem derrapar com velocidade máxima constante de módulo v . Se o mesmo veículo for percorrer outra curva de raio $2R$ sua velocidade máxima será metade da descrita na primeira situação, ou seja, $v/2$.

D) Se o veículo percorrer uma curva, executando uma trajetória circular, com o módulo da velocidade constante, estará sujeito a uma aceleração. Pela 2ª Lei de Newton, essa aceleração é provocada pela resultante das forças que atuam sobre o veículo. Como a força normal e o peso se anulam, a força resultante centrípeta é o atrito entre os pneus e o chão.

Problema para a Resolução em Equipe II

Vocês estão estagiando no Departamento de Estradas e Rodagens (DER). No seu primeiro dia, receberam a missão de analisar a velocidade máxima que automóveis devem possuir nas avenidas do Rio de Janeiro. Para isso, vocês devem analisar com que velocidade constante os automóveis conseguiriam realizar os percursos curvos sem derrapar. A figura abaixo representa um trecho de curva da Linha Amarela. A escala da figura está no canto inferior direito do mapa.



Coeficiente de Atrito estático entre os pneus e o asfalto	
Seco	0,7 – 0,9
Molhado	0,3 – 0,5

Indiquem que valor de velocidade máxima deve ser colocado na placa sinalizadora neste trecho. Justifiquem para seu chefe sua escolha e convençam-no de que este valor de velocidade é seguro para este trecho.

APÊNDICE C

Apêndice C

Depoimentos dos Alunos sobre a sequência

Aqui são apresentados os depoimentos dos alunos na íntegra e sem correções. Esses depoimentos foram apresentados em forma de resposta escrita em um formulário eletrônico.

Aluno	Comentários
1	Espaço reservado para críticas, comentários ou sugestões que você ache importante relatar. Aponte também pontos positivos e negativos das aulas.
2	Gostei bastante da sala de aula invertida, consegui aprender bastante, de uma forma que nunca tinha entendido os conteúdos de física. A parte ruim do projeto foi que ao ter que responder os formulários a cada aula, ganhamos uma nova obrigação, deixando a rotina mais pesada. Porém, acredito que com o tempo esta obrigação se tornaria um hábito, mais difícil de esquecer e mais fácil de executar. O saldo geral foi bastante positivo :)
3	Eu achei as aulas muito boas, porque eu tive que pensar “fisicamente” não só aplicar as fórmulas.
4	Poucas foram as aulas que eu consegui chegar a tempo, e pouco foram os formulários que eu consegui responder devido a correria de minha vida. Porém, as aulas que estive presente, consegui entender um pouco, achei esse método muito interessante mas realmente me compliquei com esse lance de formulário até porque o e-mail não abria no meu celular, Eliana que ajeitou pra mim rs, mas foi uma boa experiência!
5	Esse método de aula está ótimo.
6	Creio que as aulas foram úteis e muito produtivas, os textos ajudaram na compreensão da matéria e as discussões em sala foram úteis para aprofundar ainda mais o aprendizado, porém ao meu ver eram necessárias mais aulas com exercícios, mas devido ao nosso cronograma isso não ocorreu
7	As aulas foram muito construtivas, pois aprendi muito mais com esse método do que com o tradicional.
8	Acredito que esse método de ensino tenha sido bem produtivo, terminamos a matéria no tempo certo e conseguimos fazer vários exercícios com os testes em grupo na sala de aula. As atividades em grupo no laboratório também foram boas e bem dinâmicas. O fato de ter sido um pouco complicado responder todos os formulários no prazo e de as aulas terem sido dependentes desses textos e formulários gerou dificuldade para algumas pessoas, porém acredito que no geral o método tenha sido bastante eficiente.
9	Sinto que eu preciso muito de um professor me explicando a matéria toda, uma vez que senti algumas vezes dificuldade em ler o texto e compreendê-lo sozinho. Gostei da iniciativa, uma forma mais democrática e participativa, ao por em prática o que aprendíamos nos exercícios práticos e na relação de ajuda entre os alunos

10	Os pontos positivos foi a forma em que a aula foi alterada, isso deixou a aula mais dinâmica, fazendo assim com que os alunos pudessem trocar informações sobre o conteúdo. A escolha do grupo pelo professor também foi de grande importância, pois grupos que nunca tiveram se relacionando para fazer trabalho, desfrutaram de ideias divergentes e puderam chegar ao consenso. O ponto negativo presente foi a falta de tempo que teve-se para resolver mais exercícios, isso talvez tenha deixado a matéria meio avulsa, no sentido de ter as vezes misturar certos conceitos e também a ideia que o objetivo do trabalho, talvez tenha sido um pouco fora do padrão, pois tivemos muitos conceitos e estamos sempre trabalhando com números, ou seja, a dificuldade nos encontros para resolver exercícios, talvez tenha sido um fator negativo para que aplicar números, mas acredito que o conceito seja importante de alguma forma. Atividades práticas no laboratório também foram valorosas para o entendimentos dos assuntos. Em relação ao tempo, não preciso entrar muito detalhes, pois foi muito corrido e responder os relatórios também, mas tivemos sucesso!
11	Então, é de fato uma pesquisa interessante e a realização do trabalho também foi. Mas a maior dificuldade é a adaptação a tal método, já que todo o outro padrão escolar é diferente. A adaptação e o entendimento de como funcionava demorou para que eu pudesse compreender embora tenha achado muito válido e proveitoso. É, o trabalho em equipe também é um desafio, mas acredito que haverá uma progressão no entendimento da física por parte dos alunos. Não pode se esquecer de ressaltar a falta de costume do estudo periódico e esse compromisso faz que a matéria dada em sala seja verdadeiramente internalizado, há ainda o que melhorar como a organização e preparação dos textos - talvez pudesse ser enviado todos os textos desde o início- mas é como já disse muito interessante, e a eficácia dependerá da honestidade de seus alunos para com o conhecimento. A discussão em sala e no laboratório ajuda a entender a prática e a funcionalidade das coisas assim como Aristóteles na escola de Liceu ensinava. Eu gostei muito, espero que continue e fará muito bem ajudando a diminuir o analfabetismo científico.
12	Achei o método ótimo, acho que todas as matérias deveriam incorporar, porém seria uma grande sobrecarga ter que ler os textos em todas as matérias. Às aulas práticas possibilitou a maior visualização da física, o que antes às vezes ficava muito abstrato. Trabalhar em grupo é ótimo, assim, aprendemos a lidar com pessoas, que são indivíduos muito complicados, pois cada um tem suas individualidades. Os textos é um método bom, embora eu ache que deveria vir com alguns mapa mentais ou então esquemas.
13	Achei esse método muito interessante, já que incentiva a autonomia dos alunos a pensarem fisicamente, muito além do uso de fórmulas ou técnicas. Um ponto negativo eu penso que seria a longo prazo, pois os alunos, não acostumados ainda a tal metodologia, cansariam de ler os textos e preencher os formulários e talvez passariam a fazê-los sem seriedade. As aulas práticas e em grupo foram ótimas, mas talvez pudesse ter mais exercícios não conceituais, porque estou um pouco em duvida sobre como as matérias vão poder ser abordadas na prova.
14	Prefiro o modelo de aula padrão. Tenho noção de que o conteúdo não é longo e nem complicado, porém sinto que não aprendi tudo. Sei que ajudou muitas pessoas e por isso parabênizo o teu esforço, professor!
15	Gostei da participação de toda a turma nas atividades no laboratório

16	<p>Boa noite professor, achei o método muito interessante e organizado, visto que nos preparamos de uma maneira melhor para as aulas e nos desafiamos entender a física sozinhos. No início do processo eu tive mais afinidade, portanto a continuidade dele para mim foi um pouco cansativa. Muitas vezes esqueci do formulário, e muitas vezes por ter feito o formulário já achava que sabia o suficiente. Não sabia, no entanto. Mesmo com as aulas de resolução, no final, eu já senti mais dificuldade de entender os conceitos e de como aplicá-los de fato. Resumindo, eu entendi parte da teoria, mas na hora de exercitar sentia dificuldade, pois apenas “estudava” pelo formulário. Enfim, eu também dei mole... Por fim, achei o método interessante, porém não para ser aplicado em um semestre inteiro e principalmente valendo nota de presença em aula. Minha ideia para o senhor é voltar com as aulas normais e passar esses formulários como um breve trabalhinho em grupo ou fosse alternando com as aulas. Apesar de minha impressão, o senhor está de parabéns!! Organizou tudo muito bem e confiou em sua tese, o que automaticamente fez tudo ficar bem legal!!!! Beijjos!!</p>
17	<p>Pontos positivos: A leitura anterior às aulas facilitou o entendimento dos conteúdos, pois as dúvidas eram identificadas com maior facilidade, sanadas mais rapidamente e os alunos não tinham vergonha de expô-las. Além disso, o material enviado permitia a utilização de mais recursos, como vídeos com experimentos e a utilização de plataformas, o que dificilmente seria mostrado em sala, visto que temos pouco tempo. Outro ponto importante foi a aplicação de discussões na resolução das atividades, uma vez que isso permitia a exposição de diferentes pontos de vista e a busca por validação das opiniões, tanto corretas quanto incorretas. O melhor aspecto é que as aulas são produzidas de maneira específica à necessidade de cada turma, dependendo não só da participação do professor, mas também dos alunos.</p> <p>Pontos negativos: Na minha opinião, este modelo de aulas traz muitos benefícios para os alunos, por isso o único problema poderia ser logístico, como a utilização de computadores e internet, porém em nossa escola temos acesso a tais equipamentos, logo, não há objeções.</p>
18	<p>eu gostei muito do trabalho mas tenho que ser sincera e admito que embora tenha sido mt bacana eu senti mt falta da teoria em si, parecia mais que a gente só comentava as dúvidas. Acho que poderia ser melhor se déssemos a teoria em aula e depois comentássemos as dúvidas dos formulários e do material de apoio, tipo teoria mesmo, fazendo exemplos em sala, não sei, senti um pouco de falta disso pq é o que estamos acostumados a fazer sabe. Admito que lembrar de fazer os formulários tbm era difícil kkkkkk Adorei as práticas, gostei muito de poder colocar em prática as coisas que a gente aprendeu na aula. Enfim, acho que foi isso. As vezes eu sentia que não tava aprendendo sabe eu sentia falta das questões mas quando fui fazer a lista eu senti que sabia, não sei explicar kkkkk</p>
19	<p>A princípio fiquei receosa quanto ao novo modelo das aulas, no entanto, com o passar do tempo percebi que ouvir e comentar sobre os assuntos propostos com meu grupo me fez compreender melhor. Achei o modelo de aulas eficiente e produtivo, só senti falta de conteúdo no quadro, o que não é muito relevante visto que os textos estão disponíveis no email. Embora seja trabalhoso, poderiam haver outras aulas deste tipo.</p>
20	<p>Todas as aulas que eu participei foram ótimas, mas a questão do horário ser muito cedo e eu ter que realizar tarefas em casa me dificultou muito. Pois minha rotina sem estudar no dia a dia já é pesada, incluindo tarefas pra casa toda a semana e mais de uma vez me deixava enrolada.</p> <p>Quando estava presente em aula, não me dispersava, porque o tempo todo estava tendo discussão, o que me deixa entretida, fora as aulas práticas que foram sensacionais! A interação foi show, mas faltar uma aula já complica pra entender a matéria as vezes, tendo que pedir pro professor explicar pelo menos de forma rápida e ligeira um conceito anterior que tinha sido dado em uma aula que você estava ausente. As tarefas com grupos aleatórios evitou panelinhas e que houvesse a formação de um grupo só com pessoas com "facilidade de entender" física. Ótima experiência, porém ainda não me adaptei 100%, fora que exige muita dedicação.</p>

21	Um ponto positivo é que o projeto da aula invertida é muito melhor do que as aulas 'normais'. O conteúdo é de fácil entendimento e fazer as atividades em grupo com certeza ajuda a fixar a matéria. Um POSSÍVEL ponto negativo SERIA o aluno arranjar tempo no dia a dia para ler os textos e responder os formulários, devido a grande demanda de tarefas que os mesmos tem ao longo das semanas. Uma sugestão que poderia resolver esse ponto negativo seria responder os formulários da próxima semana no final de cada aula, e assim o professor teria até a próxima semana para ler as respostas e planejar a próxima aula, sem precisar estipular uma data de expedição de cada formulário, pois os mesmos seriam feitos em sala.
22	achei interessante a adoção de um novo método de aula, porém há alguns pontos pra mim que foram melhores que outros. a melhor coisa desse tipo de aula foi definitivamente as práticas. eu aprendo muito fazendo experiências e consigo explicar o que eu fiz e como cheguei ao resultado. acho que isso deveria estar presente com frequência em todos os trimestres de todos os anos, pois é muito bom mesmo. pontos fracos: o fato de a presença valer ponto é complicado, pois às vezes não é possível chegar na hora certa e aí já era. também é difícil porque acaba desfalcando o grupo, o que pode causar dificuldades. o método de formulários é bom também, mas eu esqueço muito deles (não é por mal, juro) e aí tenho que fazer tudo de última hora correndo e acaba não sendo muito produtivo. acho que eh isto.
23	O trabalho foi bem divertido e dinâmico e também não foi muito puxado tendo em vista a situação dos alunos atualmente, a realização de grupos foi muito boa pois assim tivemos um compartilhamento de idéias , eu gostei bastante do meu grupo mas acho que seria legal se pegássemos grupos diferentes as vezes , mas no final de tudo foi um ótimo trabalho de trimestre
24	As aulas foram boas, isso uniu um pouco mais a turma também, acredito que na teoria tenha ajudado bastante as pessoas, mas na resolução de exercícios mais pesados não tenho certeza, pelo menos pra mim. De qualquer forma, a experiência foi legal, e os experimentos em laboratório também.
25	Eu achei muito interessante esse tipo de aula porque senti que me estimulou muito mais do que uma aula normal estimularia e eu consegui entender melhor matéria. Eu acho que deveria haver mais aulas desse tipo. O único problema, que está mais relacionado a mim e não à aula em si, é o fato de esquecer de responder formulários mesmo tendo lido os documentos com as matérias, já que eu acabava deixando o formulário pra depois. Mas no geral eu achei que esse tipo de aula foi muito mais produtiva.
26	Como ponto positivo, as aulas tiveram mais participação por parte dos alunos no geral. Foi um contato muito mais direto com a física, ainda mais na última aula onde construímos o barquinho. Com certeza a participação com esse novo método de aula foi muito maior, do que se fizéssemos o teste. Os materiais do documento estavam bem completos, não deixando margem a muitas dúvidas em relação ao conteúdo em si. Eu pelo menos, tive dúvida na hora de relacionar as situações apresentadas nos materiais com o conteúdo de física. Como ponto negativo, senti falta de resolver mais exercícios da lista em sala de aula, para me dar mais segurança para a certificação. No geral foi muito agradável toda essa experiência. Foi um trabalho em que toda semana a gente fazia um pouquinho, o que fazia a gente estudar frequentemente e também não nos sobrecarregava tanto quanto os trabalhos das demais matérias.
27	O método utilizado esse trimestre, de não sei quantos meses, foi muito bom, porém achei um pouco cansativo porque tinha dias que eu estava super cansada e ainda tinha que preencher o formulário, mesmo que ele fosse pequeno. Apesar dessa pequena preguiça eu pude entender o conteúdo, eu acho (veremos na prova). No geral eu achei bem legal. Você deu o conteúdo necessário nos textos, tirou as dúvidas em sala e ainda deu tempo de fazer exercíciuzinhos. Você foi top :)
28	Gostei deste método de ensino porque me estimulou a entender a matéria e a tirar dúvidas com meu grupo. Foi legal isso de ter que entregar relatórios porque não era algo de só ler os textos que você mandava e pronto, e sim responder as perguntas que tinham no relatório. Isso fez com que a gente pensasse sobre a matéria e a tirarmos nossas dúvidas quanto a ela.

29	<p>Professor, parabéns pelo trabalho. Preciso admitir que no início não estava tão disposta (e tinha aquela famosa preguiça envolvida) a participar, devido ao tempo corrido que aluninhos do terceiro ano tem. Felizmente, estava enganada. Participar foi bem mais divertido do que imaginei, e muito mais produtivo do que estava esperando.</p> <p>Ainda assim, senti um pouco de falta das aulas normais, pois tenho muita dificuldade em física, então aprender "por conta própria" em sala de aula é um pouco complicado, mas com certeza foi mais divertido dhjsshs.</p> <p>De qualquer forma, foi muito bem pensado e os tempos de aula foram completamente aproveitados, e ver que nosso professor estava 100% animado, 7 horas da manhã de uma terça feira, te estimula um pouco mais.</p> <p>O que posso destacar: Gostei de termos aproveitado todo tempo que tínhamos e apreciei o fato de nenhuma aula ser monótona e sempre prender nossa atenção, só gostaria que tivéssemos mais tempo. Gostei também do fato desse ter sido o nosso trabalho do primeiro trimestre, porque com o tempo que gastávamos para ler os textos e fazer os formulários, ficaria praticamente impossível fazer um trabalho de física a parte.</p> <p>Em contrapartida, estou preocupada com as provas; já que fugimos do modelo aula teórica com resolução de exercícios em sala depois, não posso afirmar que estou preparada. Gostaria que além de trabalhar as dúvidas em sala, também déssemos mais uma atenção a parte teórica, mas acredito que isso não foi feito pois não tínhamos tempo.</p> <p>Tentando sintetizar (tenho dificuldade com isso): adorei o trabalho, e apesar de não acreditar que estou dizendo isso, eu ficaria feliz se você continuasse com esse método no segundo trimestre; apenas com uma ressalva: acho que seria interessante se metade da matéria fizéssemos isso (formulários e dúvidas em sala) e na outra metade tivéssemos aulas normais.</p> <p>Porém, os textos não podem parar!! Ajuda muito ler sobre o assunto antes da aula. É isso! Obrigada por ler até o final hdjskhjdsk. E como sempre, desculpe pelo textão.</p>
30	<p>Achei que ganhamos tempo com este modelo de aula, porém ainda prefiro as aulas normais em sala, com explicações em sala, e a matéria dada em sala também.</p>
31	<p>Gostei muito do método novo que tentaram incrementar, realmente ensinando física e deixando um pouco mais de lado só resolver listas e questões de matemáticas durante as aulas.</p>
32	<p>professor, achei mto bom. eu já gostava de física, então os experimentos so aumentaram isso. tbm gostei de ler os textos em casa (acredito q o professor é mais um facilitador entende). a separação dos grupos tbm foi bem feita pq parecia q todo mundo saia aprendendo mais e tals. eu queria ter tido mais aulas pra tirar dúvidas das questões das listas.. só isso mesmo. obg viu por essas aulas</p>
33	<p>Eu gostei desse modo, porque a turma em si se comunica mais... porém eu acho que poderia ter mais aulas explicando o conteúdo e fazendo mais exercícios e teve algumas coisas que ficaram confusa com os textos. De resto tá mec.</p>
34	<p>Achei muito proveitosa as aulas praticas no laboratório, porém devido ao tempo curto de aula em sala serem utilizados só pra dúvidas, sendo que na maioria das vezes as duvidas da turma em geral eram do texto todo pelo que eu pude perceber, não acredito que tenha sido tão proveitoso quanto poderia ser. Creio também que esse modelo de aula seria mais proveitoso se fosse abordado nos 1 e 2 anos, pois o 3 ano se torna um ano muito corrido devido ao calendário apertado e aos vestibulares que não podem de forma alguma serem ignorados. Mas de qualquer forma, gostei de poder experimentar essa metodologia, principalmente as práticas no laboratório, acho que as partidas no lab foram as aulas que mais esclareceram a matéria pra turma.</p>

35	Achei interessante esse novo método. Não sei se é eficiente, pois senti falta da matemática e exercícios. Acredito que os exercícios feitos em sala eram muito mais lógicos. Ler os textos em casa antes apontam os que estão mais interessados e é uma boa maneira de agilizar a aula e "achar" as dúvidas, mas ainda assim senti certa falta de uma explicação mais aprofundada na sala, de fórmulas, e exercícios mais como os da última aula resolvidos (com números). Espero a prova para conferir os resultados da experiência e descobrir se realmente aprendi a matéria e como aplicá-la.
36	Gostei muito desta forma de ensinar pois, pela primeira vez tive contato real em como aplicar a física em situações diversas e foi muito bom, o único ponto fraco que eu vejo é que resolvemos poucos exercícios. Se juntassem a prática quando explicar a teoria e depois resolvermos mais exercícios ficaria muito bom esse método de ensino.
37	sugestão, as aulas deveriam ser intercaladas como essas. ou seja um dia assim outro não.
38	Em alguns momentos teve pouca ou nenhuma interação entre os alunos, por apenas pouco lerem os textos, fora isso não foram observados outros aspectos relevantes de serem citados
39	No início achei que o método de aula não seria tão bom pra mim porque senti um pouco de falta de um material mais teórico sobre as aulas, mas depois percebi que com esse método na aula tem um maior incentivo pra questionar-mos os métodos de resolução das questões propostas o que faz com que tenhamos uma maior facilidade pra resolver outros exercícios e faz com que entendamos a matéria de forma menos exaustiva .
40	Achei o modelo de aula de certa forma mais produtivo sim do que as aulas tradicionais. Porém, acho necessário trabalhar a parte individual também, não excluindo a importância do trabalho em grupo e da eficácia desse modelo de aula. Só acho que poderia ter mais atividades individuais, porque não necessariamente um grupo vai levar em consideração todas as opiniões que são expostas e também é preciso entender o conteúdo individualmente. Portanto, acho que poderia ser diminuído o número de atividades que são necessariamente em grupo , mas gostei muito desse tipo de aula.
41	Essa forma que aprendemos vem sendo muito mais interessante, acompanhando a matéria e fazendo experimentos, aprendendo na prática. Não somente em teorias apenas em salas de aula.
42	Explica essa questão que fala de torque? Achei muito legal esse novo modelo de aulas, porque a gente vai estudando aos poucos e isso evita acumular matéria, aprendendo em partes. O único problema está na dificuldade de reservar um tempinho, mesmo que pequeno, ou ao menos lembrar de responder o formulário. Como estamos no ritmo de pré-vestibular, algumas vezes fica complicado conciliar tudo e ter esse momento de ler o material e responder às perguntas.
43	Eu achei esta proposta muito legal.
44	Esse método usado foi muito bom! Foi proveitoso nas questões teóricas e cotidianas... quando as questões de conta, creio q esse método não tenha sido suficiente para o bom entendimento das mesmas. Fora isso, as aulas foram bem animadas (tanto em sala quanto em laboratório) e dinâmicas, e dava vontade de participar. Espero q esse método tenha sido suficiente e possa nos ajudar em relação ao modelo utilizado na prova da certificação
45	O modelo proposto é muito interessante, mas acho q para mim não funcionou muito. Tenho que concordar q ler os textos antes ajudou a elucidar melhor os conteúdos, mas mesmo assim ainda senti dificuldades em alguns deles. Portanto, como eu tenho um pouco de dificuldade de entender algumas coisas da física, acho q a explicação e os assuntos dados em sala seria, novamente, para mim a melhor opção.

46	os pontos positivos das aulas seria uma melhor abordagem sobre os conteúdos , facilitando assim maior entendimento.Porem acho que faltou melhor abordagem com relação a teoria e matemática.Como sugestão , seria interessante de formulários ,entretanto utilizando no final exercícios da lista trimestral aderidos a cada tipo de formulário , e posteriormente resolvidos cuidadosamente em sala
47	Aulas com esse método me fizeram pensar mais na física dentro da sala de aula
48	Eu curti a ideia da dinâmica "nova" de trabalhar em sala de aula, pois foge um pouco do padrão de "números e contas", vendo a matéria de outra forma. Porém isso também é uma complicação, já que essa mudança repentina causa problemas como a falta da didática antiga, por mudar muito rápido. Outra coisa a se destacar foram os textos que são bons, porém acho que não foi o suficiente para absorver bem a matéria, mas foram ótimos. Gostei bastante de trabalhar em grupo nas atividades e inclusive envolvendo as práticas. Acho que por fim é isso.
49	Gostei muito do método utilizado para esta certificação, senti que a dinâmica das aulas fez com que os alunos aprendessem de uma forma mais eficaz e proveitosa, sem contar com a interação que houve entre os grupos, acrescentando no conhecimento individual, podendo compartilhar ideias e experiências. O Professor teve total relevância no cenário de aprendizagem, visto seu empenho e dedicação ao ensinar a matéria e tirar dúvidas de queridos alunos. Além das aulas comuns, dentro de sala, que foram proveitosas, a utilização do laboratório de física foi muito interessante.
50	As aulas foram produtivas.
51	A leitura dos textos antes das aulas me ajudou muito a compreender os exercícios e o conteúdo em sala. Gostei muito do meu grupo, todos nós ajudamos uns aos outros nos exercícios e nas atividades no laboratório.
52	Não tenho sugestões, mas gostei muito do modelo de ensino aplicado, apesar de achar que, para alguns, seja difícil desconstruir um raciocínio errado depois de ter lido e interpretado o texto enviado de sua maneira.
53	Não sou muito bom sobre relatar as coisas, porém eu gostei muito dessa experiência porque sempre reclamei das aulas que o aluno tem que ficar vidrado no professor e escrever muita coisa no caderno, gosto das aulas com mais interações e o nosso tipo de aula exemplificou bastante como eu queria que todas as aulas fossem. valeu, Higino
54	Acho que este modo de avaliação foi muito legal e interessante, pois a interação entre os colegas de grupo, no meu por exemplo, foi muito boa apesar de algumas opiniões diferentes mais sempre entravamos em um único consenso. Vlw HIGINO, tu é 10!
55	Po, to bolado escrevi maior textão aqui mas apaguei sem querer. Eu achei bastante interessante e proveitosa a forma que foi feita essa dinâmica de aprendizado. Ler os textos antes da aula ajudaram bastante para que houvesse um melhor entendimento da materia na explicação durante aula. Alem disso, discutir sobre os temas, explicar e tirar duvidas com os colegas do grupo foi bem produtivo, uma vez que isso fez com que a absorção do conteúdo fosse mais efetiva e interessante, pelo menos no meu caso.
56	Acho que a metodologia utilizada foi ótima e muito boa, fazendo com que além de termos autonomia para aprender, também tenhamos experiência em grupo, o que possivelmente precisaremos em nossas carreiras. O melhor de tudo é que pudemos aprender e exercitar essas partes sem que a aula se tornasse chata ou desinteressante. Atualmente faço curso de professor e estágio como tal, nisso aprendi que a didática utilizada por diversos professores deixa a desejar em varios termos que lá aprendi. Alguns só falam, outros só exercitam, o senhor foi o primeiro professor que conheci que conseguiu dar uma aula que estava totalmente dentro de um padrão de aula perfeito que aprendi. A didática foi maravilhosa.
57	Gostei bastante dos estilos de aula.
58	As aulas em equipe foram vantajosas porque além de me fazer ler mais sobre os assuntos de física também me ir mais as aulas porque eu sabia que se faltasse prejudicaria minha equipe.
59	Ler o texto e responder as questões antes do tema ser abordado na sala de aula, me ajudou

	<p>muito, pois na aula eu já tinha uma noção sobre o tema e sobre as minhas dificuldades, o que permitiu que eu tirasse minhas dúvidas durante a aula. Porque normalmente eu só sei o que não entendi quando vou fazer os exercícios, e a verdade é que eu não faço a lista logo após as aulas (Seria o correto, eu sei. Porém não faço isso.) E discutir as questões e fazer aulas práticas em grupo foi muito bom, pois assim eu pude entender aquilo que ainda estava obscuro, ver as coisas por um outro lado e me divertir aprendendo.</p>
60	<p>Eu sinceramente gostei muito das aulas... Métodos novos são muito importantes de serem aplicados!</p> <p>E seria ainda mais legal aprender física se a gente pudesse sair da escola, visitar museus, os observatórios do Rio, departamentos de Física das universidades e muitas outras coisas. Será que algum dia aprenderemos sobre Física Quântica no EM? Meu sonho!</p>
61	<p>O trabalho foi mais didático e me fez aprender mais do que em qualquer outra aula. Em primeiro momento os testes individuais após a explicação nos faziam pensar sobre o assunto e tentar acertar. Depois com a discussão em grupo, o que eu não sabia meus colegas me explicavam o que eles não sabiam eu explicava (rolava uma troca de conhecimentos) e depois com a explicação do professor tudo se completava de uma maneira que mesmo não querendo aprender (às vezes) dava pra levar o conhecimento de boa parte da matéria! Parabéns pelo trabalho.</p>
62	<p>Gostei muito, me permitiu aprender muito mais, mesmo com alguns empecilhos que tive kk. Faltei as três primeiras aulas (por desânimo de ir ao colégio mesmo) mas depois que fui a primeira ficava animada pq sabia que não seria aquele tipo de aula monótona que me deixa muuuuito entediada!! Faz de novo no trimestre que vem pfff !! *_.*</p>
63	<p>Fiquei muito contente com a experiência, aulas mais dinâmicas e divertidas. Meu grupo foi incrível, e o surpreendente é que não fazíamos trabalhos juntos, e conseguimos executar um ótimo trabalho. Assim que terminei de ler alguns dos textos que foram enviados, achei que não tinha entendido nada, mas na verdade, assim que cheguei em sala de aula e tive a explicação, tudo ficou claro e demonstrou que uma leitura antecipada, ajuda no acompanhamento da matéria dada. E o melhor de tudo na minha opinião, foi o colocar em prática do que estava sendo explicado, acho uma alternativa para chamar a atenção às 07:00 da manhã. Gostaria que continuasse este modelo, mesmo que eu tenha esquecido uma vez de responder o formulário. Obs: foi bom entender a física, e não ficar me matando pra gravar fórmulas</p>
64	<p>Espero que as aulas continuem assim</p>
65	<p>.</p>
66	<p>Acho que fiquei um pouco confusa nas perguntas</p>
67	<p>Acho que nas listas passadas em sala tiveram poucas questões usando as fórmulas dos assuntos que vimos, e na prova o que mais tem é conta pra fazer usando fórmula</p>
68	<p>Gostei muito desse estilo de aula, me ajudou bastante na física, além de ser bem legal</p>
69	<p>Oi, eu achei esse método maneiro, proporcionou uma maior interação entre a turma, já que os grupos não foram escolhidos por nós mesmos. Foi possível discutir algumas questões com os outros integrantes de forma que ou discordasse total do raciocínio ou aprendesse e entendesse o conteúdo com o raciocínio de outra pessoa. A forma de avaliação não ficou muito pesada, o único problema era arrumar tempo e lembrar de ler os textos e responder o questionário, de resto tá legal.</p>
70	<p>O trabalho em grupo é bem legal. As respostas são relativas pois nem sempre o grupo concorda e bem sempre o grupo discorda. Acredito q isso ocorre pq existem "temas" que tratamos que todos nos identificamos mas tbm existem o que alguns se identificam apenas. Mas a atividade assim é bem interessante e se torna sim, proveitosa. Gostei!</p>
71	<p>O professor se esforçou para ensinar a matéria para todos os alunos.</p>
72	<p>As perguntas que eu marquei a "opção 3", foram as que eu não tive muita certeza sobre minha resposta, mesmo depois de pensar bastante. Mas, mesmo assim, espero ter ajudado. Boa pesquisa, Professor!</p>
73	<p>Apresentar essa nova proposta tornou a aula mais interessante e interativa, no entanto a experiência seria muito melhor se essa forma de ensino começasse a ser aplicada no primeiro ano, já que, isso iria proporcionar um hábito maior de fazer esse tipo de atividade.</p>
74	<p>Gostaria que durante as próximas certificações as aulas continuassem a ser dessa forma pois</p>

	foi uma abordagem interessante e diferente de aprendizado e a interatividade com minha equipe e com a matéria me ajudou a manter a atenção no que eu estava fazendo. Tenho uma suspeita de déficit de atenção mas com essa modalidade de ensino eu quase não me desconcentrei em aula.
75	quanto aos questionários, tive alguns problemas de responde-los por não conseguir acessar a conta da turma por um problema no meu aparelho de telefone, mas que ainda sim não procurei outros meios para responder. em contra partida, gostei bastante desse meio de estudo, com os questionários e as atividades em sala, gostaria que permanecesse no próximo trimestre, acreditando que aprendi o conteúdo com mais facilidade e, também para ter outra oportunidade de participar mais ativamente.
76	Sem críticas. Gostei muito da dinâmica vivenciada nas aulas.
77	Sem críticas. Ps: fiz novamente
78	Eu gostei desse modelo de aula porque me incentivou a estudar em casa com os textos e formulários, além de ter sido melhor pra entender a matéria.
79	Legal essa forma de aprender física, mais interativa e quando líamos os textos do questionário de uma certa forma estávamos estudando.
80	Achei as aulas muito interessantes, sempre com algum conteúdo diferenciado pra ensinar a matéria. Achei interessante os textos que são enviados antes da aula, pois quando li o assunto antes da aula entendi muito mais rápido do que normalmente entendo quando estava na aula. Também achei legal a parte dos exercícios em conjunto, já que dá pra fazer as questões rápido e tirar as dúvidas rápido também.
81	Gostei bastante, nos próximos trimestres pode ser o mesmo