



**MNPEF** Mestrado Nacional  
Profissional em  
Ensino de Física



Karen Pan

## **UMA SEQUÊNCIA DE ENSINO SOBRE TORQUE PARA ESTUDANTES DO ENSINO FUNDAMENTAL**

Dissertação apresentada ao curso de Mestrado Nacional Profissional em ensino de Física, ofertado pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul em parceria com a Sociedade Brasileira de Física, como requisito para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientação: Prof. Dr. Alexandre Luis Junges

Tramandaí  
Setembro de 2023

#### CIP - Catalogação na Publicação

Pan, Karen  
UMA SEQUÊNCIA DE ENSINO SOBRE TORQUE PARA  
ESTUDANTES DO ENSINO FUNDAMENTAL / Karen Pan. -- 2023.  
101 f.  
Orientador: Alexandre Luis Junges.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do  
Rio Grande do Sul, Campus Litoral Norte, Programa de  
Pós-Graduação do Mestrado Nacional Profissional em  
Ensino de Física, Tramandai, BR-RS, 2023.

1. Equilíbrio Estático. 2. Centro de Massa. 3.  
Torque. 4. questionário prévio. 5. ensino fundamental.  
I. Junges, Alexandre Luis, orient. II. Título.

Karen Pan

**UMA SEQUÊNCIA DE ENSINO SOBRE TORQUE PARA ESTUDANTES DO ENSINO  
FUNDAMENTAL**

Dissertação apresentada ao curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, ofertado pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul em parceria com a Sociedade Brasileira de Física, como requisito para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada em 12 de setembro de 2023.

Prof. Dr. Alexandre Luis Junges – MNPEF/UFRGS (Presidente da Banca)

Prof. Dr. Terrimar Ignácio Pasqualetto – MNPEF/UFRGS

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Karen Cavalcanti Taucedá – MNPEF/UFRGS

Prof. Dr. Claudio Rejane da Silva Dantas - URCA/CE

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de agradecer a Deus, o Senhor dos céus e da terra, por Seu infinito amor, bondade e misericórdia, bem como por todas as bênçãos que tenho recebido. Sem o Seu apoio, não teria conseguido superar as barreiras que surgiram em minha jornada. Agradeço também ao meu pai Reinaldo Pan, que com toda atenção e paciência me encorajou em todos momentos, a minha mãe Ercíria Pan (*in memoriam*) sempre incentivou a busca do conhecimento, reforçando sua importância para contribuição na sociedade, como também uma realização pessoal. Aos meus filhos Eduardo Pan e Laura Pan que tiveram muito carinho, atenção e paciência no decorrer deste processo, a eles muita gratidão. A minha irmã Aline Pan, pelo incentivo de ingressar nesta trajetória incansavelmente até minha inscrição, e estimulando a cada fase percorrida, principalmente acreditando que meu sonho seria realizado. Ao pai dos meus filhos Luis Fabiano Ribeiro Gomes, que no decorrer da dissertação, contribuiu com seu apoio e encorajamento para seguir em frente. As minhas amigas Luciane, Cris, Karine e Claudia, minha gratidão por escutar meus desabafos e mesmo assim em hipótese nenhuma deixaram que eu desistisse do processo. Ao Prof.: Dr. Alexandre Luis Junges, pela orientação e paciência, ao longo das etapas de construção deste trabalho. Por fim é de suma importância agradecer a Escola Nossa Senhora do Cenáculo e os alunos do 9º ano de 2023 que participaram do processo.

## RESUMO

Esta dissertação descreve o desenvolvimento e aplicação de uma sequência de ensino com ênfase em atividades práticas, interativas e investigativas, adequadas para uma turma do ensino fundamental. Mediante o uso de problematizações, buscou-se estimular os alunos a estabelecer conexões entre os novos conteúdos e seus conhecimentos prévios, em todas as tarefas os estudantes foram desafiados com experimentos, permitindo a construção de novas estruturas cognitivas e o desenvolvimento de habilidades como o pensamento crítico. O produto educacional desenvolvido é composto por uma sequência didática sobre torque, equilíbrio estático e centro de massa. O produto educacional toma por fundamentação teórica a teoria de aprendizagem significativa de David Ausubel, ao ressaltar a necessidade de organizar e integrar o material de ensino com o conhecimento prévio dos alunos. Assim, visa abordar desafios enfrentados pelos professores no contexto da disciplina de Física, em especial, a questão do engajamento com as atividades de sala de aula. A sequência foi aplicada numa turma do 9º ano do Ensino Fundamental de uma escola da cidade de Porto Alegre. Os resultados obtidos após a aplicação do produto fornecem indícios de que ocorreu um engajamento significativo dos alunos com a sequência de ensino.

Palavras-chave: Ensino de Física. Torque e equilíbrio estático. Ensino fundamental. Aprendizagem significativa. Atividades Práticas.

## **ABSTRACT**

This dissertation describes the development and application of a teaching sequence with an emphasis on practical, interactive and investigative activities, suitable for an elementary school class. Through the use of problematizations, we sought to encourage students to establish connections between new content and their previous knowledge. In all tasks, students were challenged with experiments, allowing the construction of new cognitive structures and the development of skills such as critical thinking. The educational product developed consists of a didactic sequence on torque, static balance and center of mass. The educational product takes David Ausubel's theory of meaningful learning as its theoretical foundation, highlighting the need to organize and integrate teaching material with students' prior knowledge. Thus, it aims to address challenges faced by teachers in the context of the Physics discipline, in particular, the issue of engagement with classroom activities. The sequence was applied to a 9th year elementary school class at a school in the city of Porto Alegre. The results obtained after applying the product provide evidence that significant student engagement with the teaching sequence occurred.

**Keywords:** Teaching Physics. Torque and static balance. Elementary School. Meaningful learning. Practical activities.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Forças atuando sobre um corpo rígido	22
Figura 2 - Distribuição das forças ao longo do corpo extenso	23
Figura 3 - Alavanca equilibrando um corpo	24
Figura 4 - (a) Alavanca interpotente, (b) Alavanca inter-resistente	24
Figura 5 - Distribuição das forças ao longo do corpo	26
Figura 6 – Alunos respondendo ao questionário de conhecimentos prévios	40
Figura 7: Materiais e ferramentas, placas de madeira com parafuso, porca e cano de PVC, empregadas na Atividade 1.	41
Figura 8 - Discussão e dinâmica sobre os conceitos de FORÇA e TORQUE	43
Figura 9 - Registro de atividades para o caderno dos alunos	44
Figura 10 - Alunos realizando a Atividade 2: Torque e Equilíbrio Estático	47
Figura 11 - Alunos realizando a Atividade 3 - Parte 2	49
Figura 12 - Situação de equilíbrio da gangorra e os torques aplicados	51
Figura 13 - Imagem do Simulador PHET durante atividade dos alunos	52
Figura 14: Experimentos da Atividade 4 para encontrar o centro de massa de um bloco.	54
Figura 15 - Alunos testando a estabilidade do bloco irregular e sua relação com o centro de massa e centro de gravidade.	57
Figura 16: Mapa mental construído pelos Grupos. (a) Grupo 1, (b) Grupo 2, (c) Grupo 3.	58

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Descrição geral de cada encontro da sequência didática.	30
Quadro 2 - Descrição das respostas dadas às questões a e b.	35
Quadro 3 - Descrição das respostas dadas às questões a e b.	60



## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	10
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	14
2.1 Teoria da Aprendizagem Significativa .....	14
2.2 Conceitos de Física: Torque, Equilíbrio Estático, Centro de Massa.....	18
2.2.1 Torque.....	19
2.2.2 Equilíbrio Estático .....	20
2.2.3 Centro de massa e centro de gravidade .....	25
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	28
3.1 Produto Educacional.....	29
<b>4 RESULTADOS DA APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL</b> .....	34
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	66
<b>6 REFERÊNCIAS</b> .....	68
APÊNDICE A – PRODUTO EDUCACIONAL .....	70
APÊNDICE B – ATIVIDADES DA SEQUÊNCIA UTILIZADAS NO FORMATO IMPRESSO DURANTE A APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL .....	88

## 1. INTRODUÇÃO

Em setembro de 2016 o Ensino Médio do Estado do Rio Grande do Sul sofreu uma reforma educacional que implicou em aumento de carga horária de 800 horas para 2400 horas até 2026, para que as escolas recebam os estudantes em tempo integral. O secretário da educação, Luís Antônio de Freitas, prometeu que as mudanças seriam feitas com a participação da sociedade (CHAGAS E LUCE, 2020).

A declaração feita aos estudantes do ensino médio respondia às demandas por melhores condições de infraestrutura e autonomia para gestão das escolas. Porém, as alterações apresentadas em 2016 sob forma de MP, ignoram um movimento histórico de ampla discussão na sociedade civil (KUENZER, 2017, p.334). De modo similar, a nova Base Nacional Comum Curricular (BNCC) introduz mudanças e define os objetivos dessas mudanças, mas não oferece um caminho claro para atingir os mesmos. Diante disso as instituições devem criar documentos com esses requisitos que contemplem o principal documento estabelecido, deixando explícito à comunidade escolar e ao Estado que a Instituição está cumprindo com as novas normas.

Porém, a realidade ainda é outra. No Ensino Fundamental, a Física é tratada como uma ciência abstrata, ou seja, na maioria das vezes, o processo de ensino ocorre com aplicação de fórmulas, onde as situações não fazem parte do cotidiano dos alunos, sendo apenas de natureza numérica (Barros e Kanbach, 2007). A carga horária de física no Ensino Médio é de uma hora-aula semanal, dessa forma, muitos conteúdos não são abordados e, mesmo quando são, são ensinados de forma superficial. Assim, a física parece estar cada vez mais distante da vida real dos alunos e estimular o entusiasmo dos alunos em sala de aula é um dos principais problemas enfrentados pelos professores de física, seja no ensino médio como no ensino fundamental.

Diante desse cenário, minha trajetória profissional de 30 anos, Licenciada em Ciências e Matemática, sendo 10 anos dedicados à administração da disciplina de Física no Ensino Médio, trouxe-me valiosas experiências. Inicialmente, deparei-me com resistência por parte dos alunos, o que me motivou a buscar abordagens mais atrativas. Percebi que iniciar os conceitos por meio de experimentos práticos não apenas conquistou a atenção dos estudantes, mas também proporcionou resultados

positivos e gratificantes no processo de ensino. Essa abordagem inovadora foi o ponto de partida para o desenvolvimento deste produto educacional. A aplicação dessas práticas no 9º ano do Ensino Fundamental torna-se crucial para mitigar o receio dos alunos em relação à disciplina de Física no Ensino Médio. Ao introduzir experimentos práticos nessa fase, possibilitamos que os estudantes desenvolvam uma compreensão mais concreta e contextualizada dos conceitos físicos. Essa abordagem não apenas desperta o interesse desde cedo, mas também promove uma transição mais suave para o Ensino Médio, onde a Física frequentemente é percebida como desafiadora. Ao eliminar barreiras iniciais e proporcionar uma base sólida, buscamos fomentar a curiosidade e a confiança dos alunos, preparando-os para enfrentar os desafios da disciplina de Física com entusiasmo e motivação.

Neste trabalho foi desenvolvido um produto educacional voltado para a disciplina de Física do 9º Ano do Ensino Fundamental. O produto consiste numa sequência de ensino sobre os conteúdos *torque*, *equilíbrio estático* e *centro de massa*. Torque, Equilíbrio Estático e Centro de Massa são conteúdos que deveriam ser abordados no último trimestre do 1º ano do Ensino Médio, porém muitas vezes, não se consegue chegar ao conteúdo.

A abordagem tradicional desses conceitos pode tornar o aprendizado maçante e desinteressante para os estudantes. No entanto, é importante destacar que esses conceitos são fundamentais e têm aplicações práticas muito importantes no cotidiano. Por isso, é importante que os professores busquem formas mais dinâmicas e interessantes de ensinar os mesmos, utilizando exemplos práticos e relacionando-os a situações do cotidiano. Dessa forma, os alunos podem compreender de forma mais clara e prática a importância e as aplicações, tornando o aprendizado mais interessante e relevante.

Com respeito a BNCC do Ensino Fundamental, podemos identificar e relacionar o conteúdo de Torque com o “Objeto de conhecimento: Máquinas Simples” e a Habilidade (EF07CI01): “discutir a aplicação, ao longo da história, das máquinas simples e propor soluções e invenções para a realização de tarefas mecânicas cotidianas”.

De fato, tendo em vista a pouca carga horária de física e o nível de ensino do 9º Ano, a abordagem proposta concentra maior ênfase na compreensão conceitual de cada conteúdo. Neste sentido, são desenvolvidas atividades

experimentais e demonstrativas que permitam um debate reflexivo sobre os conceitos junto aos alunos e introduzindo de maneira sutil as equações matemáticas envolvidas. O produto educacional foi desenvolvido tomando por fundamentação teórica a Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel e Marco Antônio Moreira.

Como é sabido, experimentos de baixo custo são ferramentas didáticas que podem auxiliar as aulas de Física (LABURU e KANBACH, 2016). Além de serem uma ferramenta que pode ser utilizada para suprir a carência de laboratórios nas escolas de ensino fundamental e médio, é também uma forma de aproximar os alunos da ciência, facilitando o processo de ensino por meio de materiais encontrados no cotidiano e experimentos que podem ser facilmente reproduzidos.

Além disso, estratégias devem ser utilizadas para manter a atenção dos alunos durante a atividade experimental, como pedir anotações escritas dos fenômenos observados e de fazer perguntas durante a execução (OLIVEIRA, 2010). Para tanto, é fundamental que os professores incentivem a participação ativa nas aulas, criando um ambiente de diálogo e colaboração em que todos possam contribuir para a construção do conhecimento. Dessa forma, os alunos se tornam coadjuvantes no processo de aprendizagem, e não apenas receptores passivos de informações.

Sendo assim, o principal objetivo deste trabalho é desenvolver uma sequência de ensino sobre torque, equilíbrio estático e centro de massa que envolva experimentos de baixo custo e simulações virtuais para promover o aprendizado contextualizado de estudantes do 9º ano do ensino fundamental. Além de introduzir conceitos, busca-se fomentar o conhecimento de ferramentas e de situações cotidianas que envolvam a aplicação dos conteúdos trabalhados.

No próximo capítulo (Capítulo 2) é apresentada a fundamentação teórica do trabalho. Para tanto serão discutidas as referências de aprendizagem, Teoria da Aprendizagem Significativa, e os conceitos da disciplina de física como torque, condições de equilíbrio de um corpo rígido e centro de massa, necessários para o desenvolvimento do produto educacional. No capítulo 3, dedicado à Metodologia, é feita uma descrição geral do produto educacional, uma descrição prévia de cada lição e de como ela pode ser implementada pelo professor.

O capítulo 4 delinea os resultados derivados da implementação do produto. Nesta seção, realiza-se uma exposição e análise das etapas da sequência

de ensino, abrangendo a avaliação das manifestações verbais e respostas dos estudantes diante dos questionários e atividades propostas, com o intuito de avaliar a maneira como construíram o entendimento dos conceitos apresentados.

Antecipa-se que este Produto Educacional seja passível de replicação em diversos contextos educacionais, inclusive por outros educadores. Ademais, almeja-se que as atividades sugeridas na sequência de ensino sobre Torque, Equilíbrio Estático e Centro de Massa possam contribuir de forma significativa para estimular a discussão acerca dos princípios da Física no âmbito do Ensino Fundamental.

## **2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

Neste capítulo será apresentado a fundamentação teórica utilizada no desenvolvimento e aplicação do produto educacional. Como já destacado, adotou-se como referencial de ensino-aprendizagem a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, posteriormente desenvolvida por Marco Antonio Moreira. Outro aspecto a considerar na fundamentação teórica são os conceitos da disciplina de física como *Torque, Condições de Equilíbrio de um Corpo Rígido e Centro de Massa*.

### **2.1 Teoria da Aprendizagem Significativa**

Tornar a escola um ambiente motivador é fundamental para a ocorrência de aprendizagem. Não basta apenas apresentar o conteúdo de forma divertida ou diferenciada, é preciso possibilitar que os alunos reflitam e apropriem-se dos significados dos conceitos apresentados, para que possam aplicá-los em novas situações. Dessa forma, a estrutura cognitiva do aluno funciona como um ponto de ancoragem às novas ideias e conceitos, facilitando a mesma.

De acordo com a Teoria da Aprendizagem Significativa, a aprendizagem requer a presença de três condições fundamentais (MOREIRA, 2016). A primeira delas é a disposição do estudante em aprender. Essa etapa inicial é crucial e pode representar um desafio. Nesse contexto, cabe ao professor tornar o conteúdo atrativo e envolvente, de modo a despertar o interesse e a motivação do aluno para o processo de aprendizagem.

A segunda condição consiste na utilização de materiais que sejam potencialmente significativos. Isso significa que o material de ensino deve ser estruturado de forma a permitir a conexão com os conhecimentos prévios que o aluno já possui. Além disso, o material deve ser concebido de maneira a estimular o estudante, gerando um engajamento natural com o conteúdo apresentado.

Por fim, a terceira condição é a existência de conceitos já presentes na estrutura cognitiva do aluno, que possam servir como base para a construção de

novos conhecimentos. Esses conceitos prévios, capazes de servir de ancoradouro a uma nova informação para que esta adquira significado para o indivíduo, são chamados subsunçores. Dessa forma, a aprendizagem significativa ocorre quando o aluno está motivado e predisposto a aprender, o material utilizado é relevante e promove a conexão com seus conhecimentos anteriores, e há conceitos subsunçores adequados em sua mente, permitindo que os novos conhecimentos sejam integrados de forma coerente e significativa. O papel do professor é de extrema importância ao facilitar essas condições para a aprendizagem efetiva dos alunos.

Sobre a primeira condição Moreira (2012, p.8) afirma que:

Não se trata exatamente de motivação, ou de gostar da matéria. Por alguma razão, o sujeito que aprende deve se predispor a relacionar (diferenciando e integrando) interativamente os novos conhecimentos a sua estrutura cognitiva prévia, modificando-a, enriquecendo-a, elaborando-a e dando significados a esses conhecimentos.

O aluno que apenas memoriza e decora o conteúdo para a hora da prova está envolvido em uma aprendizagem mecânica, superficial e desprovida de significado. Essa abordagem limitada se caracteriza pelo armazenamento temporário de informações na memória, sem estabelecer conexões com conhecimentos prévios ou outras áreas do saber. Dessa forma, o aprendizado se torna passageiro e não promove uma compreensão profunda nem habilidades aplicáveis em diferentes contextos.

Em contraste, a aprendizagem significativa busca estabelecer relações e significados profundos entre novos conhecimentos e o que o aluno já sabe. Essa abordagem proporciona uma compreensão sólida e duradoura, permitindo a aplicação do conhecimento em diversas situações e estimulando habilidades críticas e analíticas.

Cabe ao educador incentivar os estudantes a buscarem a aprendizagem significativa, criando um ambiente propício ao interesse, reflexão e construção ativa do conhecimento. Ao compreender a importância desse tipo de aprendizagem em relação à mera memorização, os alunos terão mais chances de alcançar um aprendizado efetivo e enriquecedor.

Sobre isso, Moreira (2012, p.8) explica que essa condição implica os outros dois importantes requisitos:

1) que o material de aprendizagem (livros, aulas, aplicativos, ...) tenha significado lógico (isto é, seja relacionável de maneira não-arbitrária e não-literal a uma estrutura cognitiva apropriada e relevante) e 2) que o aprendiz tenha em sua estrutura cognitiva ideias-âncora relevantes com as quais esse material possa ser relacionado.

O papel do professor é de extrema importância nesse momento, pois é ele quem irá orientar o aluno a recuperar os conceitos já presentes em sua estrutura cognitiva. Da mesma forma, o material disponibilizado ao aluno deve auxiliá-lo nesse processo de resgate. Dessa maneira, o novo conhecimento interage de forma significativa com os conceitos prévios, permitindo que seja assimilado de maneira efetiva.

Segundo Moreira (2011), a teoria da aprendizagem de Ausubel é representante do cognitivismo e como tal, propõe uma explicação teórica do processo de aprendizagem. Para ele, a aprendizagem significa organização e integração do material de ensino na estrutura cognitiva do aprendiz. Ele se baseia na premissa que existe uma estrutura na qual essa organização e integração se processam constantemente voltada para a aprendizagem, tal como ela ocorre na sala de aula, no dia-a-dia da maioria das escolas. Segundo Ausubel, o fator isolado que mais influencia a aprendizagem é aquilo que o aluno já conhece.

A prontidão cognitiva é a predisposição para aprender que um aluno apresenta quando possui ideias relevantes em sua estrutura cognitiva que possam interagir com o material de aprendizagem. No entanto, essa prontidão cognitiva não acontece sem estímulo intelectual apropriado. Para ajudar a construir um ambiente de aprendizado significativo, Moreira (2011) propõe o uso das *Unidades de Ensino Potencialmente Significativas* (UEPS), que são sequências de ensino teoricamente fundamentadas e voltadas para a aprendizagem significativa.

As oito etapas propostas por Moreira (2011, p.48) para a construção de UEPS são: definir o tópico específico a ser abordado, identificar os conhecimentos prévios do aluno, propor situações-problema em nível introdutório, apresentar o conhecimento levando em conta a diferenciação progressiva, retomar os aspectos mais gerais do conteúdo e propor novas situações-problema mais complexas, concluir a unidade, dando seguimento ao processo de diferenciação progressiva



numa perspectiva integradora, avaliar somaticamente, individualmente e procurar evidências de aprendizagem significativa.

Para Moreira, o conhecimento prévio do estudante é o princípio mais importante que influencia na aprendizagem significativa e deve ser considerado ao elaborar sequências didáticas, juntamente com a integração entre pensamentos, sentimentos e ações no ser que aprende (MOREIRA, 2011).

Para tanto, é importante que o aluno esteja motivado e engajado no processo e que o conteúdo seja apresentado de forma organizada, aplicando em situações práticas, para consolidar a mesma. Existem dois tipos de aprendizagem significativa, a primeira é por representação: ocorre quando o novo conteúdo é relacionado a um conceito ou ideia já existente na mente do aluno, ampliando e enriquecendo esse conceito ou ideia (MOREIRA, 1998). Nesse tipo de aprendizagem, é importante que o aluno compreenda a relação entre os conceitos, e não apenas memorize informações isoladas. Já o segundo tipo, aprendizagem por colaboração, ocorre quando o aluno estabelece relações entre o novo conteúdo e outras ideias, conceitos ou experiências anteriores, criando novas conexões e estruturas mentais. Nesse tipo de aprendizagem, o aluno é incentivado a refletir, analisar e sintetizar informações para criar novos conhecimentos (MOREIRA, 1998).

Dessa forma é importante que o professor esteja atento às necessidades e interesses dos alunos, e que utilize metodologias de ensino que favoreçam a participação ativa e a construção do conhecimento pelo aluno. Além disso, é fundamental que haja uma relação de confiança e respeito mútuo entre o professor e o aluno, para que o processo de aprendizagem seja acolhedor e estimulante.

Quando os alunos são incentivados a explicar os fenômenos observados, eles são desafiados a pensar criticamente e a desenvolver a autonomia. Em vez de receber informações prontas, eles se tornam ativos na construção do conhecimento, o que é muito mais efetivo em termos de aprendizagem. Além disso, são encorajados a participar das discussões, suas ideias são valorizadas e utilizadas para construir novos conhecimentos. Isso não só aumenta a motivação dos alunos, como também ajuda a desenvolver habilidades importantes, como a comunicação, o pensamento crítico e a criatividade (BARROWS, 2008).

## 2.2 Conceitos de Física: Torque, Equilíbrio Estático e Centro de Massa

Na disciplina de Física, ao abordar o conteúdo de mecânica, inicialmente abordamos o estudo do movimento e o equilíbrio de corpos como pontos materiais, tratando-os como entidades sem dimensões ou forma definidas. Essa abordagem é útil para compreender conceitos fundamentais e desenvolver modelos matemáticos que descrevam o comportamento desses sistemas simplificados. No entanto, é necessário ressaltar que muitos objetos do mundo real possuem extensão e forma, impossibilitando sua representação como partículas.

Nesses casos, a mecânica dos corpos extensos torna-se relevante. Essa área da mecânica permite analisar o movimento e equilíbrio de objetos reais, como bolas, carros, vigas e pêndulos, considerando suas dimensões e distribuição de massa. Um aspecto crucial na mecânica dos corpos extensos é o estudo do movimento de rotação. Para tal, introduzimos o conceito de momento de inércia, que expressa a resistência de um objeto à mudança de sua rotação. Esse parâmetro é influenciado pela distribuição da massa em relação ao eixo de rotação, sendo fundamental para compreender a dinâmica de rotação de objetos reais.

Outro princípio relevante é a conservação do momento angular, uma grandeza física que se mantém constante em sistemas isolados, ou seja, quando não há torques externos atuando. Esse princípio desempenha um papel crucial na descrição da conservação do movimento de rotação de objetos e é aplicado em diversas situações, como no estudo de pêndulos oscilantes e no funcionamento de máquinas rotativas. Em resumo, a mecânica dos corpos extensos é uma parte essencial da mecânica que permite compreender, com maior precisão, o comportamento de objetos reais, considerando suas dimensões e forma, sob a influência de forças externas. Esse campo de estudo fornece ferramentas poderosas para analisar o movimento de rotação e equilíbrio de objetos, possibilitando sua aplicação em diversas áreas, desde o projeto de máquinas até a compreensão dos fenômenos naturais que nos cercam.

### 2.2.1 Torque

O torque, também conhecido como momento de uma força, é uma grandeza crucial na mecânica dos corpos extensos, responsável por descrever o efeito rotacional causado por uma força aplicada em um objeto. Ele é um conceito fundamental para entender a dinâmica de rotação de corpos rígidos, tais como engrenagens, eixos, pêndulos, rodas e muitos outros objetos com extensão e forma definidas.

Para compreender o que é torque, é necessário entender o conceito de produto vetorial. O produto vetorial entre dois vetores, como o vetor força ( $\mathbf{F}$ ) e o vetor distância ( $\mathbf{d}$ ), resulta em um novo vetor perpendicular ao plano definido por eles. Em outras palavras, o torque ( $\boldsymbol{\tau}$ ) é uma grandeza vetorial que possui direção perpendicular ao plano formado pela força aplicada e a distância do ponto de aplicação da força ao eixo de rotação. Para representar o torque, utilizamos a regra da mão direita: apontamos o dedo indicador na direção da força e o dedo médio na direção da distância ( $d$ ), e o polegar indicará a direção do vetor torque ( $\boldsymbol{\tau}$ ).

O valor do torque é determinado pela magnitude da força ( $F$ ) e pela magnitude da distância perpendicular ( $d_{\perp}$ ). Assim, podemos representar o torque na forma de um produto vetorial e em módulo como:

$$\boldsymbol{\tau} = \mathbf{d} \times \mathbf{F} \quad (1)$$

Podemos também expressar o módulo do torque como o produto escalar das magnitudes da força e da distância perpendicular ou braço de alavanca:

$$\tau = F \cdot d_{\perp} \quad (2)$$

É importante destacar que o torque não está relacionado apenas à magnitude da força aplicada, mas também à distância do ponto de aplicação da força ao eixo de rotação. Quanto maior a distância perpendicular ( $d_{\perp}$ ), maior será o torque gerado pela mesma força.

O torque pode ser positivo ou negativo, dependendo da direção em que a força tende a causar a rotação do objeto em torno do eixo de rotação. Se o torque for positivo, a força tenderá a causar uma rotação no sentido anti-horário. Por outro lado, se o torque for negativo, a força tenderá a causar uma rotação no sentido horário.

Na Mecânica dos Corpos Extensos, o estudo do torque é essencial para analisar o movimento de rotação de objetos e sistemas complexos. Ele desempenha um papel fundamental no projeto e funcionamento de máquinas, permitindo a compreensão dos mecanismos de engrenagens e o equilíbrio de sistemas rotacionais.

O conceito de torque também é amplamente aplicado em diversos campos da engenharia, como na construção de veículos automotores, onde o conhecimento do torque dos motores é crucial para determinar a potência e eficiência do veículo. Além disso, é utilizado na análise de pontes e estruturas, para garantir a estabilidade e segurança das construções.

Em resumo, o torque é uma grandeza física que descreve o efeito rotacional de uma força aplicada em um objeto. É uma ferramenta poderosa para entender e controlar o movimento de rotação de corpos extensos e desempenha um papel fundamental na mecânica dos corpos extensos, influenciando muitos aspectos do nosso cotidiano e da engenharia moderna.

### 2.2.2 Equilíbrio Estático

Na Mecânica, ao analisar o equilíbrio de um corpo extenso, é fundamental considerar tanto sua translação quanto sua rotação. Nesta seção estamos interessados em discutir as condições de equilíbrio de objetos que não estão se movendo, seja em translação ou em rotação, em relação a um dado referencial. Em tal situação, dizemos que os objetos estão em **equilíbrio estático**. A análise do equilíbrio estático de um corpo extenso é muito importante para ramos como o da engenharia onde, por exemplo, o projetista está interessado em assegurar que determinada ponte ou estrutura seja estável frente às condições adversas (ventos, sobrecarga, etc) impostas pelo mundo real.

Em primeiro lugar, podemos expressar a segunda lei de Newton na translação e na rotação nas formas (HALLIDAY, et al., 2016):

$$\begin{aligned}\sum \vec{F} &= m\vec{a} \\ \sum \vec{\tau} &= I\vec{\alpha}\end{aligned}\tag{3}$$

Assim, conforme Halliday, et al. (2016), existem duas condições que devem ser satisfeitas para que um corpo extenso esteja em equilíbrio estático:

(1) *A soma vetorial de todas as forças externas que atuam sobre o corpo deve ser igual a zero.*

(2) *A soma vetorial de todos os torques externos que atuam sobre o corpo, medidos em relação a qualquer ponto, deve também ser igual a zero.*

A primeira condição refere-se ao equilíbrio frente ao movimento de translação e, de acordo com a segunda lei de Newton, pode ser expressa na forma matemática:

$$\begin{aligned}\sum \vec{F} &= \mathbf{0} \\ \sum F_x &= 0 \\ \sum F_y &= 0 \\ \sum F_z &= 0\end{aligned}\tag{4}$$

Onde  $\Sigma F_x$ ,  $\Sigma F_y$ ,  $\Sigma F_z$  representam a soma das componentes x, y e z de todas as forças externas.

A segunda condição refere-se ao equilíbrio frente a rotação e, de acordo com a segunda lei de Newton na rotação pode ser expressa na forma:

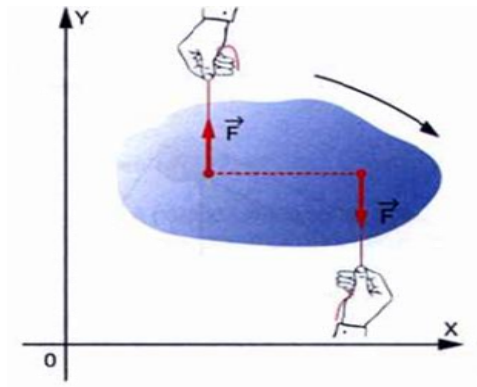
$$\begin{aligned}\sum \vec{\tau} &= \mathbf{0} \\ \sum \tau_x &= 0 \\ \sum \tau_y &= 0 \\ \sum \tau_z &= 0\end{aligned}\tag{5}$$

Onde  $\Sigma \tau_x$ ,  $\Sigma \tau_y$ ,  $\Sigma \tau_z$  representam a soma das componentes x, y e z dos torques externos.

Em situações, como da Figura 1, nas quais as forças atuantes estão no plano xy, os únicos torques atuantes são os que causam rotação em torno do eixo z. Assim, de modo simplificado, as condições de equilíbrio do corpo ficam (HALLIDAY, et al., 2016):

$$\begin{aligned}\sum F_x &= 0 \\ \sum F_y &= 0 \\ \sum \tau_z &= 0\end{aligned}\tag{6}$$

Figura 1 - Forças atuando sobre um corpo rígido no plano xy.

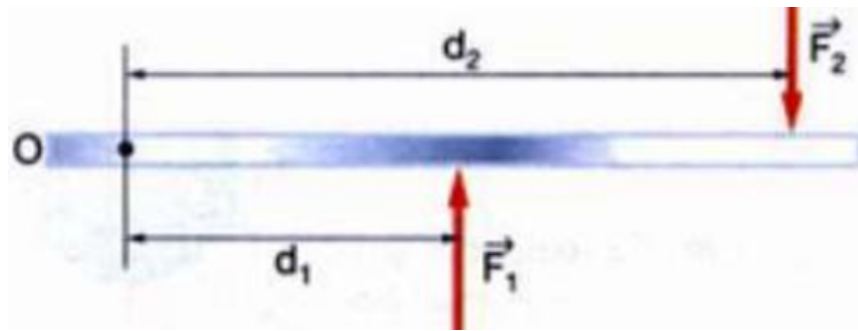


Fonte: Máximo e Alvarenga (2006, p.134).

Para analisar o equilíbrio de um corpo extenso particular, é fundamental considerá-lo como um corpo rígido, ou seja, um corpo que não sofre deformações sob a ação das forças externas. Além disso, é importante tratá-lo como um conjunto de partículas interconectadas, onde cada partícula contribui para a dinâmica do corpo como um todo.

Como visto, para analisar o equilíbrio de um corpo extenso, devemos considerar a distribuição das forças ao longo do corpo. Isso significa que diferentes forças podem estar atuando em pontos distintos do corpo, e é essencial levar em conta a distância dessas forças em relação a um ponto de referência. Consideremos, assim, a situação descrita na Figura 2:

Figura 2 - Distribuição das forças ao longo do corpo extenso.



Fonte: Máximo e Alvarenga (2006, p.141).

Onde  $F_1$  e  $F_2$  são as forças aplicadas ao corpo e  $d_1$  e  $d_2$  são os vetores de distância dessas forças em relação ao ponto de referência. Na situação de equilíbrio primeiramente a soma vetorial de todas as forças que atuam sobre o corpo deve ser igual a zero, ou seja,  $\Sigma F = 0$ . Em segundo lugar, o torque resultante sobre ele também tem que ser nulo. Assim, isso pode ser expressa pela equação em módulo:

$$F_1 \cdot d_1 - F_2 \cdot d_2 = 0 \quad (7)$$

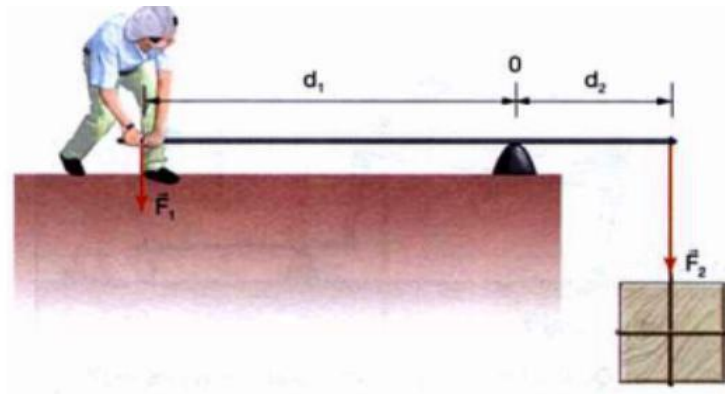
Essa equação é conhecida como a lei do momento ou equação do *braço de alavanca*. Quando o torque resultante do sistema é nulo, isso indica que as forças aplicadas estão equilibradas e não há rotação ou movimento ocorrendo no corpo extenso. Isso é de extrema importância para garantir o equilíbrio estável de objetos em diversas situações práticas, como construções, máquinas, veículos e estruturas.

Uma alavanca é uma máquina simples que é utilizada para ampliar a força aplicada em um objeto ou modificar a direção de uma força. Ela consiste em um objeto rígido que gira em torno de um ponto de apoio, conhecido como eixo ou ponto de fulcro. Existem três tipos de alavancas, identificados de acordo com a posição do ponto de fulcro em relação à posição da força aplicada a carga (MÁXIMO e ALVARENGA, 2006):

1) Alavanca interfixa: Nesse tipo de alavanca, o ponto de apoio está localizado entre a força aplicada e a carga (resistência), como uma tesoura, uma balança de braços iguais ou um pedaço de madeira que é usado para levantar um

objeto. A força é aplicada em um extremo da alavanca, o objeto a ser levantado é colocado no outro extremo e o ponto de apoio fica no meio (Figura 3).

Figura 3 - Alavanca equilibrando um corpo.

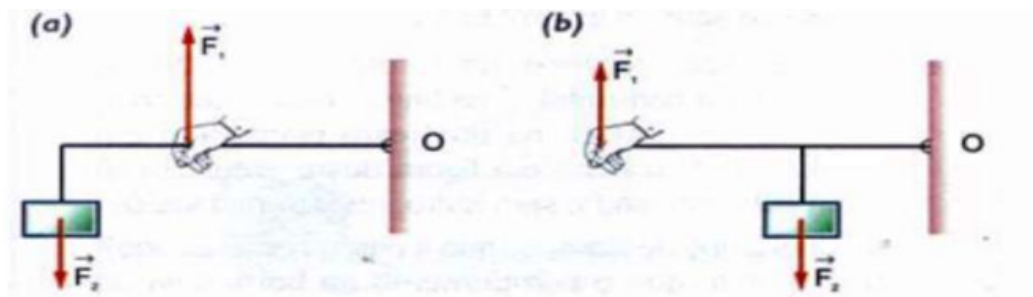


Fonte: Máximo e Alvarenga (2006, p.141)

2) *Alavanca interpotente*: Nesse tipo de alavanca, a carga é colocada entre a força aplicada e o ponto de apoio (Figura 4a). Um exemplo desse tipo de alavanca são as pinças e cortadores de unhas.

3) *Alavanca de inter-resistente*: Nesse tipo de alavanca, a resistência ou carga é colocada entre o ponto de apoio e a força aplicada (Figura 4a). esse tipo de alavanca permite levantar e objetos pesados e é empregada, por exemplo no carrinho de mão, quebra nozes e abridor de garrafas.

Figura 4 - (a) Alavanca interpotente, (b) Alavanca inter-resistente.



Fonte: Máximo e Alvarenga (2006, p.141).



Em resumo, as alavancas são ferramentas simples e úteis que podem ser usadas para amplificar a força aplicada ou modificar a direção da força. Cada tipo de alavanca tem uma aplicação específica e é importante entender as diferenças entre elas para escolher a ferramenta certa para a tarefa em questão.

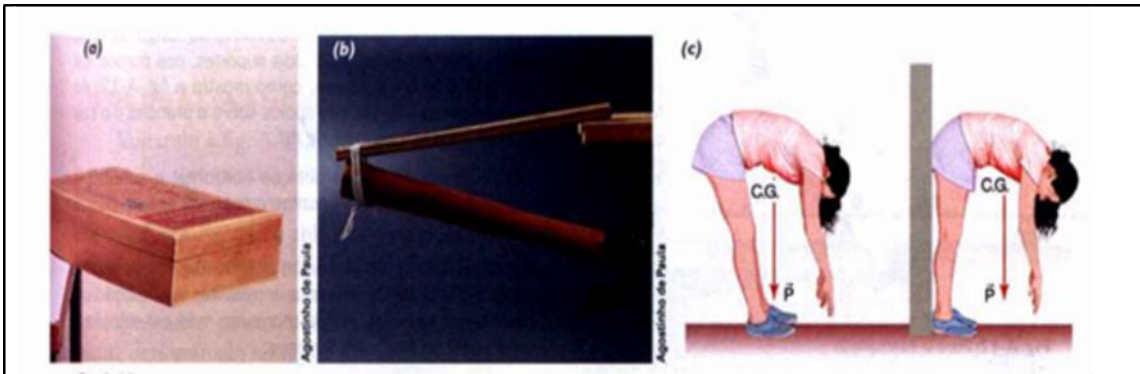
### 2.2.3 Centro de massa e centro de gravidade

Centro de massa (CM) de um corpo é o ponto em que podemos considerar que toda massa esteja concentrada, assim, é o ponto em que o corpo pode ser equilibrado, mesmo que esteja submetido a forças externas. Por sua vez, o Centro de Gravidade (CG) de um corpo é o ponto onde estaria atuando a resultante das forças de atração gravitacional, ou seja, é o ponto em que estaria atuando a força peso do corpo. Ele é calculado levando em conta a distribuição do peso do objeto em relação a força gravitacional externa. Quando a aceleração da gravidade atuante sobre um corpo é constante, o centro de massa e o centro de gravidade do corpo coincidem.

O centro de massa de um corpo pode ser calculado a partir da distribuição de massa do mesmo. É importante ressaltar que o centro de massa pode não ser o centro geométrico do corpo, pois depende da distribuição de massa do mesmo. Para um corpo homogêneo, o centro de massa está localizado no ponto médio do corpo, ao longo do eixo de simetria. Para corpos não homogêneos, o centro de massa pode ser encontrado através de cálculo integral, levando em conta a distribuição de massa em todas as partes deste.

O conhecimento do centro de massa é importante em diversas aplicações da Física, como na mecânica, na dinâmica de corpos rígidos e na estática. Exemplos, na figura 5, abaixo:

Figura 5 - Situações de equilíbrio envolvendo centro de massa.



Fonte: Máximo, e Alvarenga (2006, p.139)

A localização do CM e do CG<sup>1</sup> de um corpo é importante para a estabilidade de um corpo. Na figura 5 são apresentadas diferentes situações de estabilidade dos corpos. Se traçarmos uma linha reta para baixo a partir do CM ou CG e essa linha incidir na parte interna da base de apoio do objeto, então o objeto estará em equilíbrio, caso contrário não. Assim, na Figura 5.c vemos duas situações de estabilidade e de instabilidade de uma pessoa fazendo alongamento. O centro de gravidade (CG) da pessoa parada contra parede é deslocado para frente, de modo que a linha vertical partindo de CG não incide mais sobre o pé de apoio da pessoa, logo esta situação é instável e a pessoa irá se desequilibrar.

A relação entre o centro de massa e o centro de gravidade é bastante significativa. Quando a aceleração da gravidade é constante, como na Terra, o centro de massa e o centro de gravidade coincidem. Isso significa que o ponto onde toda a massa está concentrada é também o ponto onde a força gravitacional resultante atua. Essa coincidência é fundamental para que corpos extensos possam ser tratados como partículas pontuais em muitas situações de análise física.

Por sua vez, o centro de gravidade é de grande relevância para avaliar a estabilidade de objetos e estruturas. Ao traçar uma linha vertical a partir do centro de massa ou do centro de gravidade, podemos determinar se um corpo está em equilíbrio ou sujeito a desequilíbrio. Se essa linha vertical cair dentro da base de apoio do objeto, ele estará em equilíbrio; caso contrário, estará instável.

<sup>1</sup> É importante lembrar que tanto o CM como o CG não devem ser interpretados de maneira literal, mas apenas como localizações hipotéticas de um corpo:  
<https://cref.if.ufrgs.br/?contact-pergunta=propriedades-e-limitacoes-dos-conceitos-de-centro-de-massa-e-de-centro-de-gravidade>.

Em resumo, os conceitos de centro de massa e centro de gravidade são fundamentais para entender como a massa e a força gravitacional interagem nos corpos extensos. Essas grandezas são de extrema importância na análise física, permitindo-nos tratar corpos complexos como partículas simplificadas e fornecendo informações cruciais sobre a estabilidade e o comportamento mecânico dos objetos em diferentes contextos da ciência e engenharia.

### 3. METODOLOGIA E DESCRIÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

O Produto Educacional foi concebido para ter um enfoque conceitual nos conteúdos de Física - Torque, Equilíbrio Estático e Centro de Massa, tendo como objetivo proporcionar uma aprendizagem significativa para alunos dos anos finais do Ensino Fundamental, através de um ambiente educacional estimulante.

A sequência de ensino que compõe o produto toma como fundamentação teórica a teoria de aprendizagem significativa ao ressaltar a necessidade de organizar e integrar o material de ensino com o conhecimento prévio dos alunos para construir significados relevantes. Para atingir esse propósito, a sequência de ensino foi elaborada com ênfase em atividades práticas, interativas e investigativas, adequadas para uma turma participativa de 9º ano da Escola Nossa Senhora do Cenáculo, em Porto Alegre. A metodologia baseada nas Unidades de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) de Moreira orienta o professor na condução das atividades, promovendo a integração entre pensamentos, sentimentos e ações dos alunos durante o processo de aprendizagem.

Mediante situações-problema, atividades práticas e experimentais seguidas por problematizações e revisão conceitual, busca-se estimular os alunos a estabelecer conexões entre os novos conteúdos e seus conhecimentos prévios, permitindo a construção de novas estruturas cognitivas e o desenvolvimento de habilidades como o pensamento crítico e a criatividade.

O método adotado está alinhado à teoria da aprendizagem significativa e reconhece a importância do conhecimento prévio dos alunos para a construção de novos significados. A sequência de ensino é planejada para preparar os alunos para interagirem com o conteúdo, promovendo a prontidão cognitiva necessária para assimilar de forma significativa os conceitos apresentados. Assim, busca-se valorizar a reflexão, a investigação e a aplicação dos conceitos em diferentes contextos. O Produto Educacional visa tornar o ensino de Física mais envolvente e relevante para os estudantes, buscando também superar o desafio de não possuir um laboratório de ciências. Neste sentido, a criatividade do professor ao utilizar espaços e recursos

disponíveis na escola pode ser um aliado valioso para enriquecer a experiência educacional dos alunos.

### 3.1 Produto Educacional

O Produto Educacional consiste numa sequência de ensino sobre os conteúdos da Física, *Torque, Equilíbrio Estático e Centro de Massa*, numa perspectiva conceitual, visando a sua aplicação nos anos finais do Ensino Fundamental. A proposta de trabalho foi desenvolvida em uma turma de 9º Ano do Ensino Fundamental, na Escola Nossa Senhora do Cenáculo, localizada no município de Porto Alegre. A escola é privada, porém filantrópica e possui aproximadamente 210 alunos, divididos em dois cursos, que são Educação Infantil e Ensino Fundamental Anos Iniciais e Anos Finais, a escola não possui Ensino Médio. Ao todo são vinte docentes efetivos e dez pessoas no setor administrativo.

O produto educacional foi aplicado na turma 91 do 9º ano. Essa turma é composta por 21 alunos, sendo 12 meninas e 9 meninos, entre 14 e 16 anos. A característica principal dessa turma é ser participativa e propensa a se envolver em todas as atividades propostas. A escola não possui laboratório de ciências, o que dificulta a realização de experimentação, então a criatividade é fundamental para a execução e implementação da proposta.

Como já destacado, o produto foi concebido no intuito de promover um enfoque conceitual sobre o conteúdo de equilíbrio, torque e centro de massa. A primeira parte do produto descreve as orientações para o professor, que podem servir de guia para implementação da sequência didática. A segunda parte é constituída pelas atividades que são realizadas junto ao aluno e que compõem a sequência de ensino. Estas tarefas são em sua maioria atividades práticas, demonstrativas, interativas e investigativas, onde pretende-se chegar a uma aprendizagem significativa.

O produto Educacional está dividido em quatro lições que abordam de forma gradual os conceitos de torque, equilíbrio estático e centro de massa. O Quadro 1 apresenta a divisão dos encontros com uma breve descrição de cada lição junto com o tempo estimado para sua implementação, os objetivos da aprendizagem e as atividades propostas em cada lição.

Quadro 1 - Descrição geral de cada lição da sequência didática

Lição	Objetivos da Aprendizagem	Atividades Propostas
Lição 1: Apresentação do produto educacional introdução ao conceito de Torque. 2 períodos ( 90 minutos )	Refletir sobre situações do cotidiano que envolvem o uso de ferramentas. Compreender o conceito de Força e Torque.	Questionário Prévio e Atividade 1.
Lição 2: Torque e Equilíbrio Estático 4 Períodos (180 minutos )	Identificar e refletir situações do cotidiano que envolvam Equilíbrio Estático. Construir o conceito de Equilíbrio Estático, através das atividades propostas.	Demonstração 1. Atividade 2, parte 1. Atividade 2, parte 2. Atividade 2, parte 3. Atividade 3.
Lição 3: Centro de Massa, Centro de Gravidade e Equilíbrio de Corpos Extensos. 2 períodos ( 90 minutos )	Compreender, identificar e ser capaz de determinar o centro de massa ou gravidade de um bloco geométrico regular e irregular. Entender as condições de estabilidade de um corpo sob ação de uma força.	Atividade 4..
Lição 4: Construção de um Mapa Conceitual Sobre os Conteúdos abordados. 2 períodos ( 90 minutos )	Verificar a criatividade, a autonomia que os estudantes entenderam e relacionaram com os conceitos abordados. Avaliar o entendimento dos conteúdos pelos estudantes	Atividade 5. Questionário Prévio.

Cada lição é acompanhada de instruções destinadas ao professor para a sua implementação. Essas instruções compreendem uma apresentação do encontro, seus objetivos, os recursos pedagógicos a serem utilizados e as etapas da aula. A seguir, serão apresentadas as 4 Lições juntamente com as orientações para sua execução.

Na Lição 1 é apresentada a proposta de ensino, ou seja, a sequência didática do Produto Educacional, junto com a aplicação do questionário prévio, para averiguar os conhecimentos dos alunos, bem como a realização da Atividade 1.

O desenvolvimento da aula se dá de forma expositiva e dialogada, seguida de um experimento descrito abaixo, o qual tem por objetivo iniciar a problematização dos conceitos de força e torque. Sugere-se que o professor disponha dos seguintes

recursos didáticos: questionário prévio, slides para apresentação da tarefa a ser realizada, computador e projetor. As principais etapas da lição são:

- Conversa com a turma para apresentar a implementação do produto educacional.
- Aplicação do Questionário 1 para a identificação dos conhecimentos prévios dos alunos.
- Conversa problematizadora inicial sobre o que os estudantes entendem por Torque e o uso de ferramentas que foram colocadas à disposição pelo professor (a).
- Formação dos grupos de alunos (4 a 5 alunos por grupo) para realização da Atividade 1 do produto educacional.
- Problematizações envolvendo a Atividade 1 e introdução do conceito de Torque.
- Início da leitura e discussão do texto “Força e Torque” das Lições 11 e 26 - Leituras de Física do GREF. [O GREF - Grupo de Reelaboração do Ensino de Física.](#)
- Vídeo de Como trocar pneu de um carro sem fazer força desnecessária, temos essas três opções: <https://youtu.be/vhiuA9vOf40>, <https://youtu.be/ZBphRPLo4HY>, <https://youtu.be/pRpq8Pble7Q>

Na Lição 2 são aplicadas a Demonstração 1 e a Atividade 2 do Produto Educacional. O desenvolvimento da aula se dá de forma expositiva e dialogada com realização de experimentos e uso de simuladores virtuais, como o aplicativo PHET *Interactive Simulations* (<https://phet.colorado.edu/>). Além disso, foram considerados e retomados os conhecimentos já desenvolvidos no primeiro encontro. O objetivo desta lição foi conceituar, a partir das tarefas realizadas, equilíbrio estático. As principais etapas da lição são:

- A aula inicia com a retomada dos assuntos discutidos na aula anterior. O entendimento sobre o conceito de torque e o uso do braço de alavanca, realizando as Leituras de Física, Lições 11 e 16, do GREF.
- Realização da Demonstração 1.
- Realização da Atividade 2.
- Realização da Atividade 3.
- Realização de uma atividade experimental, no pátio da escola utilizando a gangorra da praça e os alunos.
- Intervenção do professor (a), para conceituar equilíbrio das forças.
- Atividade com o aplicativo *PHET Interactive Simulations*.

Na Lição 3 investigamos os conceitos de Centro de Massa e Centro de Gravidade. No que segue é dada prioridade ao emprego do termo “centro de massa”, porém em situações que envolvam a força peso também empregaremos o termo “centro de gravidade”. Estes conceitos estão diretamente relacionados ao conceito de torque e às condições de equilíbrio de um corpo extenso. Como veremos muitas situações, como a estabilidade de um carro de fórmula 1, o equilíbrio de um malabarista, a trajetória de um foguete, estão relacionados com o conceito de centro de massa.

O desenvolvimento da aula se dá de forma expositiva e dialogada, com a demonstração de dois experimentos (Atividade 4), com objetivo de encontrar o centro de massa de um bloco regular e retangular, e outro irregular (Figura 4). Os estudantes distribuídos em grupos tinham à sua disposição os mesmos materiais que o professor (a), ou seja, bloco de madeira retangular, bloco de madeira irregular, prumo, pregos, martelo, régua e lápis. As principais etapas da lição são:

- Organizar os alunos nos seus grupos e problematizar a questão de ponto médio, diagonal de uma figura geométrica, bem como questioná-los sobre o que entendem por centro de gravidade e centro de massa.
- Distribuir os materiais para cada grupo e deixar que manipulem os mesmos.
- Realização da Atividade 4: desafio do centro de massa, do produto educacional. Veja-se o vídeo que inspirou essa atividade: <https://www.youtube.com/watch?v=qRsJXXb9WNE>.
- Problematizações envolvendo a Atividade 4: Parte 1 e Parte 2. Leitura em conjunto do conceito de Centro de Massa, se necessário, mostrar matematicamente, ponto médio e o encontro das diagonais de uma figura geométrica.
- Assistir o vídeo “*Center of Mass*” sobre o assunto com os alunos: <https://www.youtube.com/watch?v=qRsJXXb9WNE>

Na Lição 4 os alunos em seus grupos realizaram a construção de um mapa conceitual sobre os conteúdos trabalhados - Torque, Equilíbrio Estático e Centro de Massa/Gravidade. As principais etapas desta lição são:

- Deixar que pesquisem sobre mapas conceituais e seus exemplos. Por exemplo, no link: <http://www.if.ufrgs.br/cref/mapas/>



- O professor fornece orientações sobre os tipos e modelos de mapas conceituais e os principais procedimentos para sua construção.
- Atividade em grupo de elaboração do Mapa Conceitual. O grupo poderá escolher um modelo de mapa conceitual, tendo a liberdade de criação na sua elaboração. O mapa conceitual deve contemplar todos conteúdos, ou seja conceitos, exemplos e fórmulas.
- Apresentação do Mapa Conceitual de cada grupo para a turma.
- Realização do Questionário Prévio pela segunda vez.

Por fim, é importante salientar que as orientações fornecidas ao professor não são, nem pretendem ser, rígidas. A sequência didática sugerida pode ser adaptada conforme a realidade do professor ou o progresso de cada turma e o tempo para implementação de cada lição pode variar.

## **4 RESULTADOS DA APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL**

Neste capítulo serão apresentados os resultados obtidos na aplicação do Produto Educacional com a descrição das principais etapas e momentos da aplicação. A análise dos resultados foi feita de forma qualitativa através da análise das falas e respostas dos alunos aos questionários e atividades propostas.

### ***ENCONTRO 01:***

No primeiro encontro da sequência didática iniciamos com a Lição 01, que teve a duração de 90 minutos, equivalente a 2 períodos, foi estabelecida uma atividade de conversação com o intuito de familiarizar-se com a turma. Nessa dinâmica, cada aluno teve a oportunidade de expressar-se, compartilhando informações pessoais e refletindo sobre a importância e aplicação da Física em seu cotidiano.

Dentre os relatos apresentados pelos alunos, destacam-se aqueles relacionados aos experimentos como sendo essenciais na compreensão do conceito a ser estudado pela disciplina, além de contribuir para a compreensão dos fenômenos naturais e para o desenvolvimento de habilidades analíticas, resolutivas e de pensamento crítico.

Além disso, os alunos reconhecem a presença da Física em diversas áreas profissionais. Seus relatos enfatizam a relevância da Física no contexto cotidiano, porém ressaltam um certo receio, dizem que a Física é “difícil”. Mas entendem o seu papel na formação de indivíduos e profissionais capacitados para enfrentar os desafios científicos e tecnológicos da sociedade contemporânea.

Posteriormente, foi exposta a proposta de implementação do produto educacional. A proposta não teve resistência por parte da turma e percebeu-se que a maioria estava interessada em participar.

O início da aplicação da sequência didática ocorreu por meio da realização de um questionário de conhecimentos prévios. O propósito deste questionário era identificar o nível de conhecimento que os estudantes já possuíam e que pudesse ser relacionado aos conteúdos abordados durante a execução do produto

educacional. Para garantir a precisão dos resultados, os alunos foram devidamente orientados a responder individualmente o questionário com seriedade, buscando assim obter dados mais representativos e próximos da realidade. As duas primeiras perguntas eram:

a. Assinale as ferramentas mecânicas que você conhece:

- |   |   |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> <i>Martelo</i>           | <input type="checkbox"/> <i>Talhadeira</i>    |
| <input type="checkbox"/> <i>Chave de Boca</i>     | <input type="checkbox"/> <i>Alicate</i>       |
| <input type="checkbox"/> <i>Chave de Fenda</i>    | <input type="checkbox"/> <i>Lanterna</i>      |
| <input type="checkbox"/> <i>Macaco Hidráulico</i> | <input type="checkbox"/> <i>Macaco Manual</i> |
| <input type="checkbox"/> <i>Chave de Roda</i>     | <input type="checkbox"/> <i>Manivela</i>      |

b. Você já usou alguma dessas ferramentas? Quais?

O Quadro 2 descreve o número de respostas dadas às questões alunos que assinalou ou indicou a ferramenta que conhece (questão a) ou já usou (questão b), considerando um total de 22 alunos respondentes.

Quadro 2 - Descrição do número de respostas dadas às questões a e b.

<b>Ferramenta</b>	<b>a. Assinale as ferramentas mecânicas que você conhece.</b>	<b>b. Você já usou alguma dessas ferramentas? Quais?</b>
<i>Martelo</i>	<i>20 alunos</i>	<i>18 alunos</i>
<i>Chave de Fenda.</i>	<i>21 alunos</i>	<i>19 alunos</i>
<i>Chave de Boca.</i>	<i>21 alunos</i>	<i>15 alunos</i>
<i>Macaco Mecânico.</i>	<i>13 alunos</i>	<i>0 alunos</i>
<i>Lanterna.</i>	<i>22 alunos</i>	<i>22 alunos</i>
<i>Manivela.</i>	<i>10 alunos</i>	<i>2 alunos</i>
<i>Chave de Roda.</i>	<i>19 alunos</i>	<i>10 alunos</i>
<i>Alicate.</i>	<i>22 alunos</i>	<i>20 alunos</i>
<i>Macaco Hidráulico.</i>	<i>15 alunos</i>	<i>3 alunos</i>
<i>Talhadeira.</i>	<i>7 alunos</i>	<i>4 alunos</i>

A seguir descrevo e comento as demais questões do questionário prévio junto às respostas dadas pelos alunos:

*c. Por que a chave de roda é em "L"?*

Nessa questão as respostas demonstram diferentes percepções dos alunos. Alguns destacam a ideia de ter mais força ao girar o cabo, enquanto outros mencionam a facilidade de girar os parafusos e a possibilidade de usar o pulso para aplicar mais força. Também há menção ao uso da chave de roda para afrouxar parafusos mais presos e trocar pneus. Algumas respostas são menos precisas, com alunos afirmando que não sabem o motivo. Cinco alunos responderam simplesmente "não sei". Algumas das respostas dadas foram:

*Aluno 1: Para ter mais força quando girar o cabo.*

*Aluno 2: Para facilitar o movimento circulatório.*

*Aluno 7: Para girar mais fácil.*

*Aluno 8: Para dar mais força pelo pulso e não pela mão.*

*Aluno 9: Para tirar os parafusos dos pneus.*

*Aluno 10: Por que é mais fácil de girar.*

*Aluno 14: É para colocar no parafuso da roda, e girar com a outra parte para afrouxar.*

*Aluno 15: Para poder girar melhor os pregos da roda do carro.*

*Aluno 18: Para encaixar a chave no parafuso da roda, ter mais facilidade na hora de girar, afrouxar, fazendo movimento para direita.*

*Aluno 20: Por que é mais fácil girar o parafuso e segurar.*

*d. O que você entende por Força?*

Nesta questão as respostas refletem uma noção geral de que força envolve a aplicação de pressão, puxar, empurrar ou descontar força em algo. Alguns alunos mencionam que força é utilizada para mover ou abrir algo. Outros não têm uma definição clara do conceito e fornecem respostas mais vagas. Seis alunos responderam simplesmente que não sabem. Algumas das respostas dadas foram:

*Aluno 2: Usado para puxar, empurrar, descontar força em algo.*

*Aluno 3: Forçar algo para abrir ou fechar.*

*Aluno 8: Algo que fique entre pressão.*

*Aluno 12: Uma coisa que move algo.*

*Aluno 13: Se uma força está agindo em um corpo, ela está dividindo por ele todo.*

*Aluno 14: Força é uma pressão que você usa para abrir alguma coisa ou empurrar algo.*

*Aluno 15: Força é usada para mover ou abrir alguma coisa.*

*Aluno 16: Aplicar uma certa pressão sobre alguma coisa.*

*Aluno 17: Uma pressão que nós fazemos em algo ou alguém.*

*Aluno 18: Uma pressão que fazemos em algo ou alguém.*

*Aluno 20: É uma pressão feita sobre algum corpo*

*Aluno 21: Uma pressão que fazemos em algo ou alguém.*

*Aluno 22: Uma pressão que fazemos em algo ou alguém.*

e. *Por que é mais fácil girar um eixo usando uma manivela do que girar manualmente?*

As respostas apontam para a ideia de que a manivela facilita o movimento e reduz a necessidade de usar força. Alguns alunos mencionam que, manualmente, é difícil obter a força necessária para girar o eixo. Contudo, há também respostas em que os alunos não têm uma explicação clara. Dez alunos responderam “não sei”. Algumas das respostas dadas foram:

*Aluno 1: Para usar menos força.*

*Aluno 2: A manivela facilita o movimento, se tentarmos manualmente iremos fracassar, pois é muito pequeno e não temos força, nem técnica para girar. A manivela facilita.*

*Aluno 3: Pois usamos menos força do que manualmente.*

*Aluno 4: Porque com uma ferramenta fica mais fácil do que manualmente, talvez manualmente não teremos força.*

*Aluno 10: Para não usar manualmente.*

*Aluno 14: Por que você pode empurrar para baixo e usar mais força, enquanto girar manualmente usando uma ou as duas mãos, terá que fazer mais força ainda.*

*Aluno 15: Se fosse fechado com uma manivela, e se fosse fechado manualmente não teria a mesma força para fechar.*

*Aluno 18: Porque facilita na hora de usarmos a força.*

*Aluno 19: Por que a manivela é feita especialmente para facilitar, amenizar o giro dos eixos.*

f. *Você já ouviu falar em “braço de alavanca”? Explique:*

Nesta questão, vinte (20) dos 22 alunos afirma não ter ouvido falar sobre o conceito de "braço de alavanca". Apenas um aluno menciona já ter ouvido falar, mas

não consegue explicá-lo. Isso sugere que o tema não foi abordado, e compreendido, de forma adequada no ensino de Física. Algumas das respostas dadas foram:

*Aluno 10: Nunca ouvi falar.*

*Aluno 17: Não, pois só conheço algumas ferramentas.*

*Aluno 18: Não.*

*Aluno 19: Já, mas não sei explicar.*

*Aluno 20: Nunca ouvi falar.*

*Aluno 21: Sim, mas não usei.*

*Aluno 22: Não.*

*g. Quando criança você já deve ter brincado de gangorra. Como vocês faziam para equilibrar uma gangorra?*

As respostas mostram que os alunos buscam atingir o equilíbrio colocando pesos equivalentes em ambos os lados da gangorra. Alguns mencionam a tentativa de deixar a mesma quantidade de peso dos dois lados para alcançar o equilíbrio. Outros mencionam que, apesar das tentativas, nem sempre era possível obter o equilíbrio desejado. Algumas das respostas dadas foram:

*Aluno 1: Tentamos nos equilibrar, para os dois ficarem no meio.*

*Aluno 2: Dois objetos do mesmo peso, ou dois objetos em um lado que juntos dão o mesmo peso.*

*Aluno 3: Tentando deixar o mesmo peso dos dois lados.*

*Aluno 4: Uma pessoa de um lado e outra no outro, mas mesmo assim nem sempre vai ficar equilibrada.*

*Aluno 5: Eu era mais pesada, ficava mais pro meio e minha prima que é mais leve, mais pra ponta.*

*Aluno 9: Ficando um em cada ponta e o mesmo peso.*

*Aluno 14: Cada um de um lado da gangorra se inclinando para trás.*

*Aluno 16: Tentamos deixar o peso dos dois lados iguais.*

*Aluno 19: Ambos tentavam ficar na mesma posição e o mesmo peso se inclinando para trás.*

*Aluno 20: Uma pessoa fica mais para frente e a outra para trás e com as costas inclinadas para trás.*

*h. Qual sua opinião em relação a posição da fechadura das portas, por que ficam na outra extremidade em relação às dobradiças?*

As respostas mostram uma falta de conhecimento específico sobre o assunto, com alunos mencionando que não sabem o motivo ou fornecendo respostas vagas. Apenas um aluno levanta a hipótese de que a posição da

fechadura pode influenciar na força utilizada ao abrir a porta. Nove dos 22 alunos responderam simplesmente “não sei”. Algumas das respostas dadas foram:

*Aluno 3: A gente puxa a maçaneta, então acho que usamos menos força.*

*Aluno 5: As dobradiças prendem e mobilizam as portas, se a fechadura fosse do mesmo lado não daria certo.*

*Aluno 7: Seria estranho se ficasse do outro lado.*

*Aluno 11: Para abrir melhor a porta, eu acho.*

*Aluno 12: Para elas não prenderem na parede e usar menos força para puxar.*

*Aluno 13: Não vai mudar o jeito que a porta abre, sempre vai ser o mesmo.*

*Aluno 16: Porque a mudança de lugar influencia na força que fazemos.*

*Aluno 17: A posição muda a diferença na força.*

*Aluno 18: A sua movimentação, posição ao abrir.*

*Aluno 20: Pois a mudança de posição influencia na nossa força.*

*Aluno 21: Pois a mudança de posição influencia na nossa força.*

*i. O que você entende por Torque?*

A maioria dos alunos não conhece o conceito de torque e fornece respostas vagas ou afirma que não sabe. Dezesete alunos responderam simplesmente “não sei”, “nada” ou “não ouvi falar”. Apenas um aluno menciona que torque está relacionado a uma chave para parafusos. Algumas das respostas dadas foram:

*Aluno 15: Um tipo de ferramenta para parafuso.*

*Aluno 17: Algo relacionado a parafusos, ou a uma ferramenta para remoção de certos parafusos.*

*Aluno 18: É uma chave que usam para tirar ou colocar parafuso de carro ou moto.*

*Aluno 21: Eu acho que é uma ferramenta para remoção de parafusos.*

*Aluno 22: Tipo de ferramenta para manusear algum parafuso.*

Analisando as respostas dos alunos sobre conceitos e ferramentas relacionadas ao tema percebe-se uma diversidade de compreensões e níveis de conhecimento em relação aos conceitos físicos abordados. Alguns alunos demonstram uma compreensão razoável, enquanto outros têm dificuldade em explicar ou até mesmo desconhecem os conceitos. Essa análise destaca a importância de uma abordagem clara e abrangente no ensino de Física, buscando sanar dúvidas e promover um melhor entendimento dos princípios fundamentais que regem o universo físico. Além disso, incentiva a exploração de novos conceitos e o desenvolvimento de habilidades críticas para o processo de aprendizagem. É

fundamental que o ensino de Física seja mais acessível e cativante para os alunos, despertando a curiosidade e o interesse pela ciência que permeia o mundo em que vivemos.

Figura 6 – Alunos respondendo ao questionário de conhecimentos prévios.

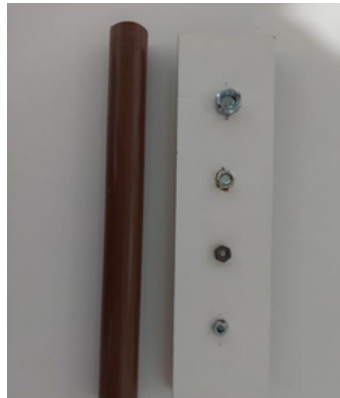


Fonte: Pan, Karen (Maio, 2023)

Após a aplicação do questionário prévio foi aplicada a Atividade 1: Investigando a natureza do Torque (Atividade 1 da Lição do Produto Educacional - Apêndice A). Nessa atividade os alunos trabalharam em grupos e investigaram a natureza e o conceito de torque. A tarefa consistia em avaliar placas de madeira com parafuso fornecidas pelo (a) professor (a), onde os alunos tentavam afrouxar a porca de cada parafuso usando apenas suas próprias mãos, bem como com auxílio de chaves de diferentes tipos. Abaixo são descritas as respostas dadas pelos alunos na Etapa de Problematização feita após a experiência.



Figura 7: Materiais e ferramentas, placas de madeira com parafuso, porca e cano de PVC, empregadas na Atividade 1.



Fonte: Pan, Karen (Maio, 2023)

a. Foi possível afrouxar a porca do parafuso usando apenas a força dos dedos da mão? Explique.

*Grupo 1: Não, pois o parafuso é pequeno demais e seria usado uma força descomunal, logo é impossível de tirar o parafuso sem o auxílio da chave de boca.*

*Grupo 2: Não, pois ninguém teve força.*

*Grupo 3: Não, pois machuca muito os dedos e não temos tanta força nos dedos.*

*Grupo 4: Não, precisamos das ferramentas para afrouxar os parafusos.*

Ao questionar um grupo de estudantes sobre a dificuldade de afrouxar a porca de um parafuso apenas com a força dos dedos, foram apresentadas diversas respostas que apontam para a mesma conclusão: essa tarefa é praticamente impossível de ser realizada manualmente.

Os alunos ressaltaram a importância das ferramentas adequadas para a execução da tarefa, enfatizando que é necessário utilizar uma chave de boca para afrouxar o parafuso de forma eficiente. Além disso, eles destacaram a dificuldade em aplicar força suficiente usando apenas os dedos da mão, mencionando desconforto e falta de força como fatores limitantes.

Essa análise evidencia a importância de utilizar ferramentas apropriadas para realizar tarefas mecânicas, como afrouxar parafusos. A chave de boca, por exemplo, é projetada para se encaixar corretamente na cabeça do parafuso,

permitindo que a força seja aplicada de forma mais eficiente e precisa. Dessa forma, o uso da ferramenta adequada facilita o trabalho, tornando-o mais rápido e efetivo.

Além disso, é fundamental que os estudantes compreendam os princípios básicos da física relacionados ao torque. Nesse contexto, a chave de boca funciona como um braço de alavanca, ampliando a força aplicada pelos dedos e permitindo afrouxar o parafuso com maior facilidade.

Ao explorar esses conceitos de física no contexto prático, os alunos podem desenvolver uma compreensão mais profunda das forças e alavancas que atuam nas atividades cotidianas. Isso os auxilia a compreender a importância de utilizar as ferramentas adequadas em diferentes situações, evitando esforço desnecessário e garantindo maior eficiência no trabalho.

a. Quais os procedimentos empregados para afrouxar a porca? O que é preciso para afrouxar a porca? Quais as ferramentas utilizadas?

*Grupo 1: Técnica, jeito. Pode ser usado bastante força caso esteja muito preso.*

*Grupo 2: Força, pressão. Usar as ferramentas do jeito certo, a chave de boca.*

*Grupo 3: O movimento de rotação e colocando força, usamos todas as ferramentas, chave de boca.*

*Grupo 4: Usa-se a chave de boca para afrouxar, usando força.*

b. É necessário fazer muita ou pouca força para afrouxar a porca? Explique.

*Grupo 1: Depende da situação, da porca, se ela estiver muito presa, vai requerer muita força.*

*Grupo 2: Com as ferramentas, pouca força.*

*Grupo 3: No começo colocamos muita força, depois com o movimento de rotação ele vai afrouxando, e vamos diminuindo a força.*

*Grupo 4: Depende se a porca está muito presa ou não.*

c. O que acontece quando aumentamos o comprimento do cabo da chave?

*Grupo 1: Facilita, pois temos mais espaço para fazer os movimentos e a força.*

*Grupo 2: Ficou mais fácil de manusear os parafusos.*

*Grupo 3: Não sabemos, não foi necessário usar.*

*Grupo 4: Não ajudou.*

d. A partir da discussão feita, como você definiria FORÇA e TORQUE?

*Grupo 1: Força geralmente é por uma pressão para frente ou para trás, já o torque é a torção.*

*Grupo 2: Força é colocar pressão em algo e torque é afrouxar um parafuso.*

*Grupo 3: Força é a pressão usada em algo e torque é o movimento de rotação do parafuso.*

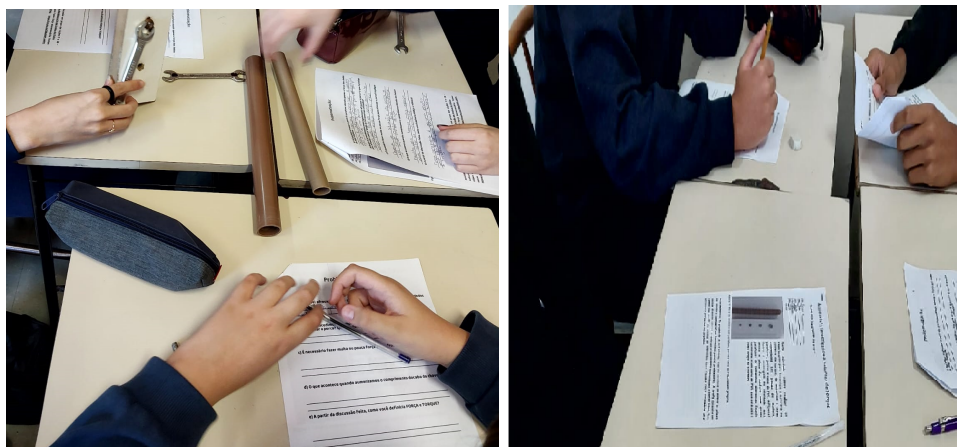
*Grupo 4: Força que fazemos para tirar o parafuso. Torque é a força de rotação em um parafuso. O braço de alavanca ajuda a fazer menos força.*

A partir das respostas dos grupos, podemos observar que os alunos têm uma associação inicial entre força e pressão, confundindo os conceitos. Eles entendem a força como a pressão aplicada a um objeto com o objetivo de movê-lo, empurrá-lo ou puxá-lo em uma determinada direção. Também se percebe que os alunos relacionam força a algo capaz de mover um corpo. Quanto ao torque, eles o associam a causar rotação ou torção, e alguns mencionaram que torque é utilizado para afrouxar um parafuso.

Além disso, os grupos reconheceram a necessidade de utilizar a chave de boca para afrouxar a porca, já que apenas a força dos dedos não era suficiente. Eles aplicaram movimentos de rotação e a força adequada com as ferramentas corretas, e notaram que o aumento do comprimento do cabo da chave facilitou o processo.

Embora os alunos ainda estejam em processo de compreensão dos conceitos de força e torque, a atividade prática com a porca e a chave de boca permitiu que eles relacionassem esses conceitos com situações reais e desenvolvessem uma compreensão mais profunda sobre o tema. Com o tempo e a prática, é provável que a distinção entre força e pressão, bem como a definição correta de torque, sejam aprimoradas.

Figura 8 - Discussão e dinâmica sobre os conceitos de FORÇA e TORQUE.



Fonte: Pan, Karen (Maio, 2023)

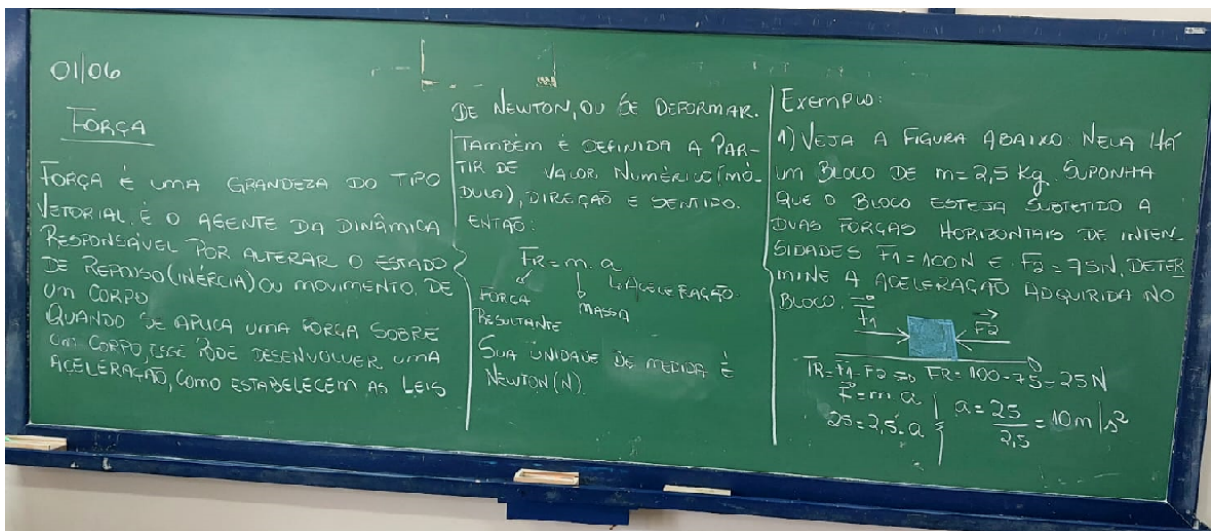
No último momento do encontro foi indicado aos alunos que realizassem a leitura conforme a Atividade de Leitura e Vídeo (Apêndice A - Produto Educacional),

das Lições 11 e 26 - Leituras de Física do GREF. O GREF - Grupo de Reelaboração do Ensino de Física.

### ENCONTRO 02:

No segundo encontro a aula inicia com a retomada dos assuntos discutidos na aula anterior. O entendimento sobre o conceito de torque e o uso do braço de alavanca, realizando as Leituras de Física, Lições 11 e 26 - Leituras de Física do GREF. O GREF - Grupo de Reelaboração do Ensino de Física. Achei necessário colocar no quadro os conceitos de Força e Torque e realizar a explicação destes conteúdos, para dar continuidade aos experimentos.

Figura 9 - Registro de atividades para o caderno dos alunos.



Fonte: Pan, Karen (Maio, 2023)

Na sequência do encontro foram realizadas a Demonstração 1 e a Atividade 2 da Lição 2 do Produto Educacional. Na *Demonstração 1: Testando a Força para abrir uma Porta*, a problematização iniciava com a pergunta:

a. Nesta demonstração, foi exercido um Torque? Explique.

*Grupo 1: Sim, por que a força para abrir a porta e girar a maçaneta, muda de acordo com a posição do nosso corpo.*

*Grupo 2: Sim, porque a cada ângulo diferente foi preciso forças diferentes.*

*Grupo 3: Sim, quando mudava a posição a força também mudava.*

*Grupo 4: Sim, a  $45^\circ$  e  $90^\circ$  foi mais fácil abrir a porta.*

b. Em qual das posições angulares foi mais fácil abrir a porta? Por que?

*Grupo 1: A 90°, porque nesta posição não precisa de tanta força para abrir a porta.*

*Grupo 2: No ângulo de 90°, pois não foi preciso tanta força.*

*Grupo 3: Em 90°, pois não foi necessário usar tanta força.*

*Grupo 4: Em 90°, pois está no meio.*

c. Existe relação entre o abrir da porta e afrouxar os parafusos na aula anterior?

*Grupo 1: Sim, por que a mudança de direção influencia para abrir a porta e afrouxar um parafuso.*

*Grupo 2: Sim, pois ambos aplicaram força e torque, mesma quantidade e o tipo de força diferente.*

*Grupo 3: Sim, aplicamos torque nos dois experimentos.*

*Grupo 4: Sim, usamos torque nas duas.*

Nesta demonstração, os alunos entenderam que foi exercido um torque, pois perceberam que a força necessária para abrir a porta e girar a maçaneta variava de acordo com a posição do corpo (Grupo 1) e com o ângulo de abertura (Grupos 2, 3 e 4). Ao analisar qual posição angular tornou mais fácil abrir a porta, todos os grupos destacaram a posição de 90°, justificando que nessa posição foi necessária menos força para realizar o movimento. Quando questionados sobre a relação entre abrir a porta e afrouxar parafusos na aula anterior, os alunos identificaram a conexão entre ambas as atividades. Eles reconheceram que ambas envolvem a aplicação de torque, mesmo que em contextos diferentes, e a influência da mudança de direção na força necessária para o movimento. Essa compreensão demonstra que os alunos conseguiram estabelecer uma conexão entre os conceitos aprendidos em ambas as atividades práticas, relacionando-as de forma coerente e significativa.

No próximo momento da aula foi realizada a “Atividade 2: Torque e Equilíbrio Estático” da Lição 2 do Produto Educacional, que consistia em testar o equilíbrio de uma régua. As questões problematizadoras eram:

a. Quais as possibilidades que estão encontrando para chegar ao equilíbrio da régua, considerando a relação entre os objetos e a distância que os mesmos se encontram em relação ao dedo?

*Grupo 1: São várias as possibilidades*

*Grupo 2: Os objetos de mesmo peso nas extremidades opostas e objetos com pesos diferentes, são colocados em distâncias diferentes.*

*Grupo 3: Botar objetos com o mesmo peso e a mesma distância.*

*Grupo 4: Em 90°, pois está no meio.*

b. A partir disso, anotem as formas diferentes que encontraram para chegar ao equilíbrio, que será necessário, pois iremos comparar com a próxima atividade que será realizada no pátio da escola.

*Grupo 1: Colocando triângulos em cima da régua.*

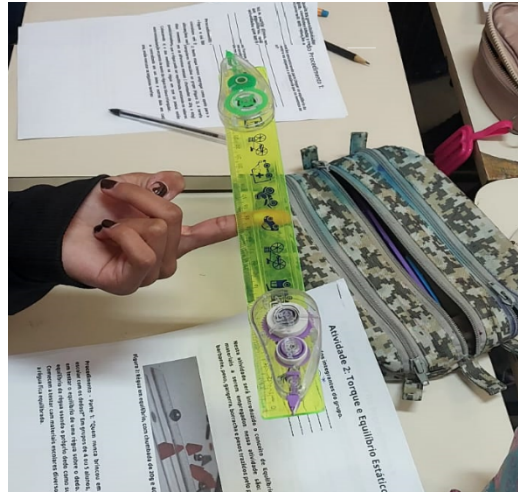
*Grupo 2: As distâncias do ponto de equilíbrio.*

*Grupo 3: Colocando uma borracha de um lado e chumbadas do outro em distâncias diferentes.*

*Grupo 4: Botar objetos de mesmo peso, nos mesmos lugares ou objetos com pesos diferentes em lugares diferentes.*

A partir da atividade realizada pelos grupos, os alunos apresentaram diversas formas criativas para alcançar o equilíbrio da régua. Cada grupo trouxe abordagens distintas, considerando a distribuição do peso e as distâncias em relação ao ponto de equilíbrio. Durante a atividade com a régua, os grupos exploraram diferentes abordagens para alcançar o equilíbrio, levando em conta a relação entre os objetos e suas distâncias em relação ao ponto de equilíbrio. As possibilidades identificadas incluíram colocar objetos de mesmo peso nas extremidades opostas ou objetos com pesos diferentes em distâncias distintas. Além disso, algumas abordagens criativas foram mencionadas, como colocar triângulos em cima da régua ou utilizar uma combinação de borrachas e chumbadas em distâncias variadas. Essa diversidade de respostas demonstra a compreensão dos alunos sobre os princípios de equilíbrio e sua capacidade de aplicá-los de maneiras inovadoras.

Figura 10 - Alunos realizando a Atividade 2: Torque e Equilíbrio Estático.



Fonte: Pan, Karen (Maio, 2023)

### **ENCONTRO 03:**

Neste terceiro encontro a aula inicia aplicando a Atividade 3 ainda dá Lição 2 do Produto Educacional (Apêndice A), que consistia em testar o equilíbrio da régua usando chumbadas e, num segundo momento, no pátio da escola tentar o equilíbrio nas gangorras da praça. Cabe observar que a Lição 2 se mostrou bastante extensa, demandando mais de 1 encontro para sua realização, conforme previsto no Quadro, necessitando do dobro de tempo estimado quando elaborado o Produto Educacional, que pode ainda diferir de outras realidades de turmas que executarem o mesmo.

Com respeito a Atividade 3 realizada em sala de aula envolvendo o equilíbrio da régua, as questões problematizadoras e as respostas obtidas foram:

a. Em quais posições do peso é mais fácil manter a régua em equilíbrio na horizontal? Explique.

*Grupo 1: Colocando na mesma distância o mesmo peso.*

*Grupo 2: As distâncias do ponto de equilíbrio.*

*Grupo 3: Colocando uma borracha de um lado e chumbadas do outro em distâncias diferentes.*

*Grupo 4: Botar objetos de mesmo peso, nos mesmos lugares ou objetos com pesos diferentes em lugares diferentes.*

b. Colocar chumbadas com a mesma massa à mesma distância do centro. Verificar se conseguem o equilíbrio. Anotar a distância em que conseguiram obter o equilíbrio da régua.

*Grupo 1: Sim, colocamos a distância de 5cm as chumbadas de 6 gramas. Grupo 2: As distâncias do ponto de equilíbrio.*

*Grupo 3: Colocando uma borracha de um lado e chumbadas do outro em distâncias diferentes.*

*Grupo 4: Botar objetos de mesmo peso, nos mesmos lugares ou objetos com pesos diferentes em lugares diferentes.*

d. Colocar massas diferentes e testar a distância que as mesmas devem ser posicionadas do centro para chegar ao equilíbrio. Anotar as distâncias em que conseguiram obter o equilíbrio da régua.

*Grupo 1: Não deu certo.*

*Grupo 2: As distâncias do ponto de equilíbrio*

*Grupo 3: Colocando uma borracha de um lado e chumbadas do outro em distâncias diferentes.*

*Grupo 4: Botar objetos de mesmo peso, nos mesmos lugares ou objetos com pesos diferentes em lugares diferentes.*

d. Colocar massas diferentes e testar a distância que as mesmas devem ser posicionadas do centro para chegar ao equilíbrio. Anotar as distâncias em que conseguiram obter o equilíbrio da régua.

*Grupo 1: Não deu certo.*

*Grupo 2: As distâncias do ponto de equilíbrio*

*Grupo 3: Colocando uma borracha de um lado e chumbadas do outro em distâncias diferentes.*

*Grupo 4: Botar objetos de mesmo peso, nos mesmos lugares ou objetos com pesos diferentes em lugares diferentes.*

Os alunos exploraram diferentes abordagens para alcançar o equilíbrio horizontal da régua com pesos. O Grupo 1 identificou que ao colocar pesos iguais em distâncias equivalentes, foi mais fácil manter a régua equilibrada. No entanto, ao tentar com massas diferentes, não obtiveram sucesso. O Grupo 2 focou nas distâncias do ponto de equilíbrio, enquanto o Grupo 3 experimentou colocar uma borracha de um lado e chumbadas do outro em distâncias diferentes, buscando o equilíbrio. Por sua vez, o Grupo 4 testou objetos com pesos diferentes em lugares distintos.



As respostas dos alunos refletem a exploração de conceitos relacionados ao equilíbrio e às posições das massas na régua. Eles perceberam que o equilíbrio depende das proporções entre as massas e suas distâncias ao centro. Essas experiências contribuíram para a compreensão dos princípios físicos envolvidos e incentivaram o aprendizado prático.

Figura 11 - Alunos realizando a Atividade 3 - Parte 2.



Fonte: Pan, Karen (Maio, 2023)

Na Parte 3 da Atividade 3 (Lição 2) os alunos foram levados ao pátio da escola para testar as condições de equilíbrio aplicadas à gangorra do pátio da escola. Cada grupo deveria escolher dois colegas para ficar em cima da gangorra. Com auxílio de uma trena, iriam medir as posições (distância do eixo de rotação) em que o voluntário está sentado na situação de equilíbrio. As questões problematizadoras junto com as respostas dos alunos são apresentadas abaixo:

a. Quando a gangorra sobe e desce existe Torque? Em que sentido? Explique.

*Grupo 1: Sim, quando sobe e desce, há um movimento rotacional de eixo, para cima e para baixo.*

*Grupo 2: Sim, existe equilíbrio e torque*

*Grupo 3: Sim, subindo e descendo por causa do peso.*

*Grupo 4: Sim.*

b. Qual o peso dos estudantes que ficaram em cima da gangorra? Vocês percebem alguma relação entre os colegas e a distância que os mesmos estão do eixo da gangorra?

*Grupo 1: Entre 75 kg e 80 kg, posicionados a mesma distância do eixo.*

*Grupo 2: O peso era de 47 kg e 46 kg. Sim, são pesos parecidos e distâncias iguais do eixo, a distância era de 60cm do eixo.*

*Grupo 3: Eram de 80kg e 65kg. Não conseguiram equilíbrio.*

*Grupo 4: Não sabemos.*

c. Quais as posições medidas que os estudantes estavam sentados na situação de equilíbrio da gangorra?

*Grupo 1: Estavam a 1,5 metros do eixo, nas pontas da gangorra, depois a 40cm.*

*Grupo 2: Ambas estavam sentadas nas pontas da gangorra, 1,5 metros do eixo.*

*Grupo 3: Não responderam.*

*Grupo 4: Colegas com pesos muito diferentes ficaram nas extremidades da gangorra, 1,5 metros do eixo, não teve equilíbrio.*

d. Multiplique os valores dos pesos pela posição de cada colega. Qual o valor em cada caso? Os valores são iguais? Como você interpreta esse fato?

*Grupo 1, 2 e 4 responderam que não sabem. Não sabem*

*Grupo 2:  $46 * 60 = 2760$  e  $47 * 60 = 2820$ . Os valores não são iguais, mas muito próximos.*

e. Existe alguma relação entre a situação de equilíbrio da gangorra e os torques aplicados em cada lado da gangorra?

*Os quatro grupos não responderam esta questão.*

Nessas questões os alunos foram questionados sobre o Torque e equilíbrio em uma gangorra. O Grupo 1 percebeu que, ao subir e descer, havia movimento rotacional e, portanto, Torque. O Grupo 2 observou que os colegas tinham pesos semelhantes e estavam posicionados a uma distância igual do eixo, alcançando o equilíbrio. No entanto, o Grupo 3 não obteve equilíbrio com pesos diferentes. Na situação de equilíbrio, os estudantes estavam sentados nas pontas da gangorra, equidistantes do eixo (Grupo 1 e 2). Os alunos do Grupo 2 multiplicaram os valores de peso pela posição dos colegas e perceberam que os resultados foram muito próximos. Entretanto, a relação entre a situação de equilíbrio da gangorra e os torques aplicados em cada lado não foi abordada de forma explícita. Em geral, os alunos mostraram compreensão sobre o conceito de Torque e equilíbrio na gangorra, embora algumas relações específicas não tenham sido exploradas em todas as respostas.

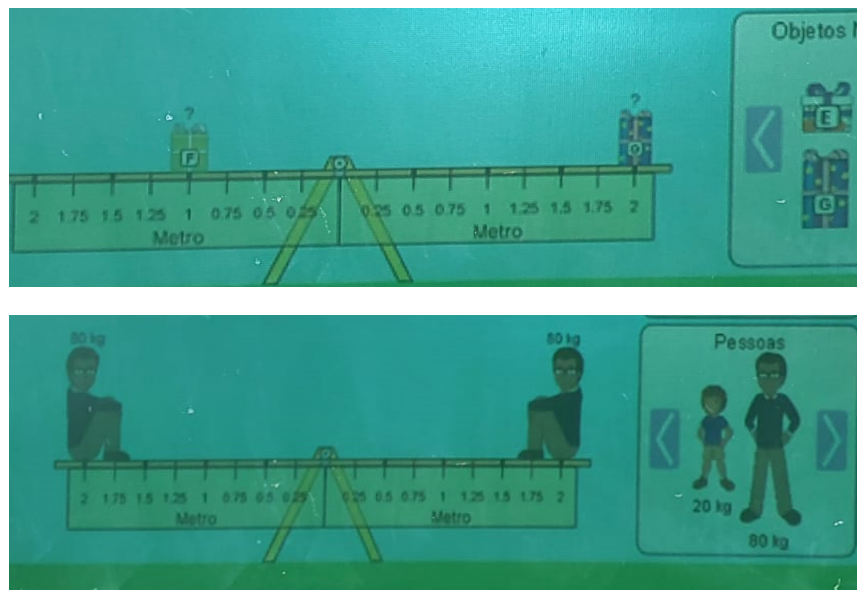
Figura 12 - Situação de equilíbrio da gangorra e os torques aplicados



Fonte: Pan, Karen (Maio, 2023)

Por fim, foi realizada a *Atividade 3: Testando as condições de equilíbrio num simulador virtual* (lição 2 - Produto Educacional). Nesta atividade os alunos usaram na sua maioria o projetor da sala de aula e ficou mais claro o entendimento do Torque nulo, ou seja, que o equilíbrio acontece devido o Torque resultante nulo. Isto é expresso na igualdade:  $F_1 \cdot d_1 = F_2 \cdot d_2$

Figura 13 - Imagem do Simulador PHET durante atividade dos alunos.



Fonte: Fonte: Pan, Karen (Maio, 2023)

a. O que o grupo percebe que é necessário para chegar ao equilíbrio?

*Grupo 1: Ter a mesma distância com massas iguais.*

*Grupo 2: Não responderam.*

*Grupo 3: Que precisa do mesmo peso, mesmo sendo coisas diferentes.*

*Grupo 4: Um peso igual, na mesma distância e pesos diferentes em distâncias diferentes.*

b. Existe relação com os experimentos que realizamos com a régua e a gangorra no pátio da escola? Explique.

*Grupo 1: Sim, é o mesmo experimento, mas mais certeza que vai dar certo.*

*Grupo 2: Não responderam.*

*Grupo 3: Sim, foi mais fácil de chegar ao equilíbrio.*

*Grupo 4: Sim, só é mais fácil para conseguir o equilíbrio.*

c. Explique com suas próprias palavras a Fórmula  $F_1 \cdot d_1 = F_2 \cdot d_2$ .

*Grupo 1: Não entendemos ainda essa fórmula, sabemos que precisa dar zero nos dois lados.*

*Grupo 2: Não responderam.*

*Grupo 3: Que precisa dar zero dos dois lados, daí o torque é zero também.*

*Grupo 4: Achamos que precisa dar zero nos dois lados da fórmula.*

d. Colocando o extintor de 5 kg na posição de 2 metros da régua. Onde deve-se posicionar a lixeira de 10 kg para atingir o equilíbrio?

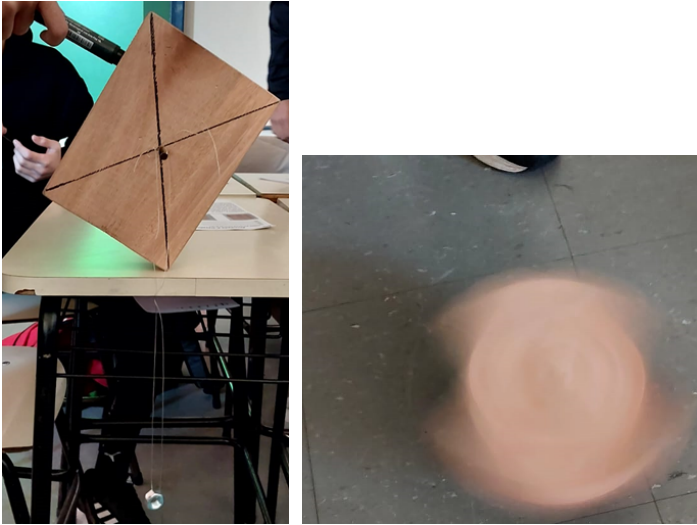
*Grupo 1, 2 e 4: A um metro.  
Grupo 2: Não responderam.*

Como visto, os grupos de alunos foram questionados sobre o equilíbrio em experimentos com uma régua, uma gangorra e finalmente o aplicativo PHET *Interactive Simulations*. Eles reconheceram que o equilíbrio depende da relação entre os pesos e suas distâncias ao ponto central. Alguns destacaram a importância de ter pesos iguais em distâncias equivalentes, enquanto outros perceberam que é possível equilibrar com massas diferentes em posições proporcionais. Além disso, notaram que os princípios de equilíbrio e torque são semelhantes em ambos os experimentos. Embora ainda estejam em processo de compreensão da fórmula, os alunos responderam que o "torque precisa dar zero nos dois lados", parecendo sugerir que o produto  $F \cdot d$  deve ser zero em ambos os lados. Isso indica que ainda não ficou claro para eles que o produto  $F \cdot d$  de um lado da fórmula deve ser igual ao produto  $F \cdot d$  do outro lado da fórmula, ou seja, que a soma dos torques deve ser zero para alcançar o equilíbrio. Por outro lado, demonstraram compreensão ao posicionar a lixeira a 1 metro do eixo para equilibrar o extintor a 2 metros da régua. De modo geral, mostraram progresso na compreensão dos conceitos e sua aplicação prática.

#### **ENCONTRO 04:**

No quarto encontro foram abordados os conceitos de Centro de Massa e Centro de Gravidade. A principal atividade deste encontro foi a *Atividade 4: desafio do centro de massa*, dividida em duas partes, Parte 1 e Parte 2 (Lição 3 do Produto Educacional). O desenvolvimento da aula ocorreu de forma a realizar os dois experimentos previstos na Atividade 4, cujo objetivo é encontrar o centro de massa de um bloco regular e retangular e outro bloco irregular.

Figura 14: Experimentos da Atividade 4 para encontrar o centro de massa de um bloco.



Fonte: Pan, Karen (Maio, 2023)

Na aplicação da Parte 1 da Atividade 4, cada grupo tinha a tarefa de determinar o centro de massa do bloco regular (retângulo) e do bloco irregular. As questões problematizadoras e as respostas dos alunos foram as seguintes:

a. O que é ponto médio de uma figura geométrica não plana?

*Grupo 1: É o ponto que está exatamente no centro da figura, da face maior nessa figura.*

*Grupo 2: É o encontro de duas retas feitas na diagonal da figura.*

*Grupo 3: Onde as retas se encontram.*

*Grupo 4: Quando desenhamos duas retas diagonais e elas se encontram.*

b. O que é centro de massa de um corpo?

*Grupo 1: O ponto que estabiliza o corpo. Se mexer desestabiliza também.*

*Grupo 2: Onde se concentra a massa do corpo, dá um equilíbrio.*

*Grupo 3: Que dá equilíbrio ao corpo.*

*Grupo 4: Onde tem mais massa corporal.*

c. O que é centro de gravidade de um corpo?

*Grupo 1: O ponto do corpo para ele não cair.*

*Grupo 2: Mesmo da massa.*

*Grupo 3: Onde ele não cai.*

*Grupo 4: Fica no ponto de massa.*

Como podemos observar nas respostas, os grupos apresentaram suas compreensões sobre pontos importantes em geometria e física. O ponto médio de uma figura geométrica não plana foi descrito como o ponto central da figura ou o encontro de duas retas diagonais (Grupos 1, 2 e 4). Em relação ao centro de massa de um corpo, os alunos o identificaram como o ponto de equilíbrio, onde a massa se concentra (Grupos 1, 2 e 3). Quanto ao centro de gravidade, foi descrito como o ponto em que o corpo não cairá (Grupos 1, 3 e 4).

Apesar de algumas respostas estarem simplificadas, os alunos demonstraram entendimento sobre a importância desses conceitos em suas respectivas áreas. O centro de massa e o centro de gravidade são fundamentais para compreender o equilíbrio de corpos e objetos em diversas situações físicas, enquanto o ponto médio é relevante em estudos geométricos. Assim, pesquisar essas duas questões é de suma importância para o próximo experimento.

d. O que é um Prumo?

*Grupo 1: Instrumento constituído para ver o ponto de equilíbrio de um objeto.*

*Grupo 2: Um objeto que mostra o centro de massa e gravidade de um objeto.*

*Grupo 3: Uma ferramenta para encontrar o equilíbrio de um objeto, deixar reto também.*

*Grupo 4: Um instrumento para achar o centro de massa de um corpo.*

e. Por que foi necessário empregar o fio prumo para determinar o centro de massa do bloco irregular?

*Grupo 1: Por que não podia ser só traçando as retas.*

*Grupo 2: Por que não podia fazer a mesma coisa que no bloco regular.*

*Grupo 3: Por que não dava para fazer com a régua, o ponto seria em lugar diferente.*

*Grupo 4: Porque precisava ver o ponto do centro de massa que é diferente do bloco regular.*

O fio prumo permitiu a visualização do ponto de centro de massa, que é diferente do bloco regular para o bloco irregular. O uso desse instrumento foi fundamental para alcançar resultados precisos e entender a distribuição de massa em objetos irregulares.

No segundo momento da aula foi realizada a Parte 2 da Atividade 4, onde os alunos deveriam verificar a estabilidade de cada bloco (retangular regular e bloco irregular). As questões problematizadoras junto com as respostas dos alunos são:

a. O que queremos dizer com a estabilidade de um corpo (bloco)?

*Os quatro grupos responderam da seguinte maneira: “Quando um corpo está estável.”*

b. Qual dos blocos apresentou maior estabilidade frente a tentativa de tombamento?

Os quatro grupos responderam essa questão, sendo o “bloco regular”.

c. Em qual posição dos blocos foi necessário aplicar mais força? Explique.

*Os quatro grupos responderam da seguinte maneira: “Quando estava com a maior largura na mesa.”*

d. Quando os blocos tombaram, a partir de que momento?

*Os quatro grupos responderam da seguinte maneira: “Quando a linha de prumo passava do ponto marcado.”*

e. Em qual posição o bloco irregular foi menos estável? Explique.

*Os quatro grupos responderam da seguinte maneira: “Com o lado menor na mesa. Não tinha equilíbrio.”*

f. Qual a relação entre estabilidade do bloco, centro de massa/centro de gravidade e torque aplicado?

*Grupo 1: Quando a estabilidade é alterada, fazendo força tem torque.*

*Grupo 2: Sempre que colocamos a força, teve torque.*

*Grupo 3: O centro de massa e gravidade são iguais, quando o bloco caiu, teve torque.*

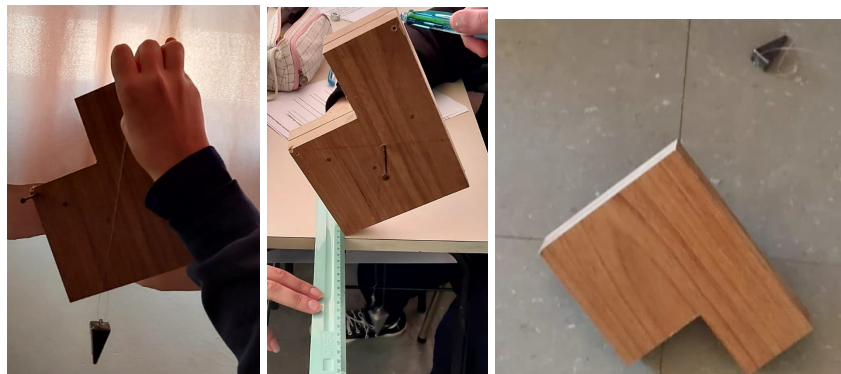
*Grupo 4: Quando passou do ponto marcado, teve torque.*

Os grupos compreenderam que a estabilidade de um corpo (bloco) refere-se ao equilíbrio do mesmo, ou seja, quando está bem apoiado e não tende a tombar. Todos concordaram que o bloco regular apresentou maior estabilidade frente à tentativa de tombamento. Nas diferentes posições dos blocos, foi necessário aplicar mais força quando o lado maior estava na mesa. O momento em que os blocos tombaram foi identificado quando o fio de prumo passou do ponto marcado ou do ponto médio do bloco. O bloco irregular foi menos estável quando o lado



menor estava na mesa, resultando em falta de equilíbrio. Em relação à relação entre estabilidade, centro de massa, centro de gravidade e torque aplicado, os grupos destacaram que a alteração da estabilidade está relacionada à aplicação de força, gerando torque no corpo. Essas respostas evidenciam o entendimento dos conceitos de estabilidade e equilíbrio, bem como sua relação com a posição do centro de massa/gravidade e a aplicação de torque nos blocos.

Figura 15 - Alunos testando a estabilidade do bloco irregular e sua relação com o centro de massa e centro de gravidade.



Fonte: Pan, Karen (Maio, 2023)

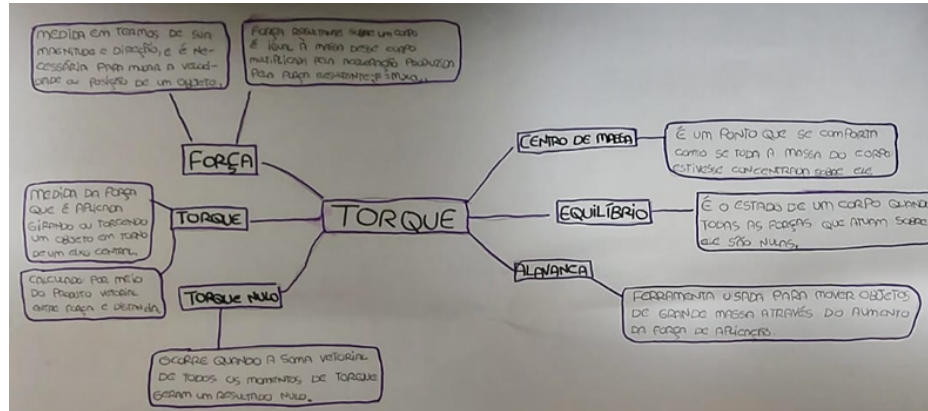
Após realizarmos o experimento com os dois blocos, assistimos ao vídeo *Center of Mass descrito na Atividade 4 - Produto Educacional (Apêndice A)*. Os alunos aparentemente queriam repetir a tarefa, para tentar um melhor resultado. Não foi realizado.

### **ENCONTRO 05:**

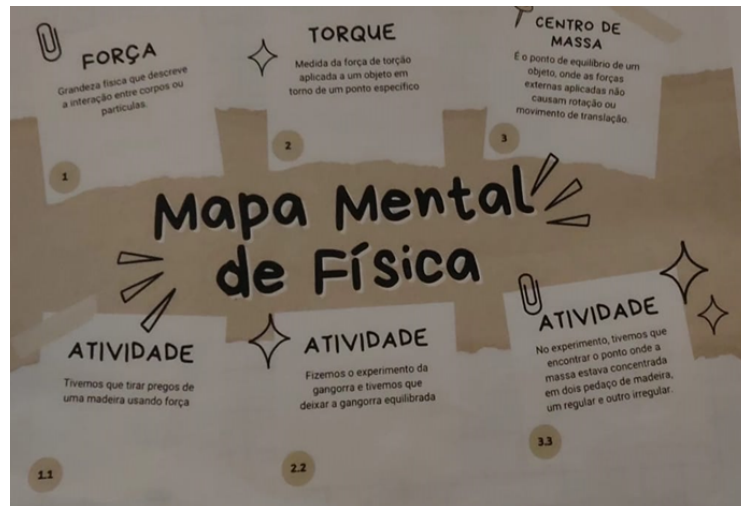
No encontro cinco, os alunos em seus grupos construíram um mapa conceitual sobre os conteúdos trabalhados - Torque, Equilíbrio Estático e Centro de Massa/Gravidade (Lição 4 do Produto Educacional). Com 90 minutos de duração, os alunos também apresentaram seu mapa conceitual sobre os conteúdos trabalhados. Logo em seguida, responderam novamente ao questionário aplicado no primeiro encontro, Questionário Prévio. A tarefa de construção dos mapas conceituais foi realizada por três grupos, o quarto grupo não realizou a construção do mapa, sua justificativa foi que apenas um participante tinha interesse na tarefa. A Figura 16 apresenta os três mapas conceituais construídos pelos grupos.

Figura 16: Mapa mental construído pelos Grupos. (a) Grupo 1, (b) Grupo 2, (c) Grupo 3.

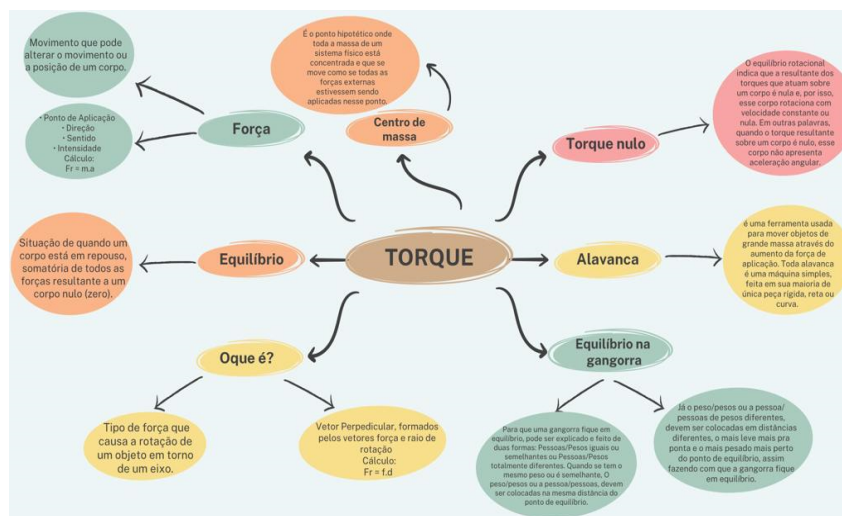
(a)



(b)



(c)



Fonte: Pan, Karen (Maio, 2023)

Durante a realização do trabalho, os alunos foram divididos em quatro grupos, e cada grupo construiu um Mapa Conceitual abordando os conceitos estudados. Observou-se que os grupos um e três mostraram maior facilidade na elaboração do Mapa Conceitual, enquanto o grupo dois deixou de abordar alguns conceitos importantes.

No entanto, ao apresentarem seus Mapas Conceituais, todos os grupos conseguiram explicar com clareza os conteúdos estudados, e a professora conduziu uma discussão enriquecedora entre os grupos. Esse debate foi extremamente relevante, pois permitiu esclarecer dúvidas que alguns alunos possam ter tido durante as atividades. Cada grupo pôde expressar suas compreensões e conhecimentos adquiridos, e a troca de ideias entre eles proporcionou um ambiente de aprendizado colaborativo. Apesar das diferenças na elaboração dos mapas, o resultado geral foi positivo, pois todos os grupos conseguiram transmitir os conceitos de forma satisfatória durante a apresentação.

A interação entre os estudantes e a professora durante o debate contribuiu significativamente para o entendimento dos conceitos abordados. Através dessa discussão, foi possível esclarecer dúvidas e consolidar o conhecimento adquirido durante as atividades experimentais. Em resumo, mesmo com variações na construção dos Mapas Conceituais, a apresentação e o debate posterior foram bem-sucedidos, permitindo que os alunos explicassem e compreendessem os conceitos estudados de maneira efetiva. Esse tipo de abordagem interativa e colaborativa demonstrou ser uma estratégia valiosa para o ensino da Física, tornando o aprendizado mais significativo e estimulante para os estudantes.

Finalmente foi aplicado novamente o Questionário de conhecimentos prévios. Os resultados da aplicação do pós teste são descritos a seguir. Os resultados das questões a e b são apresentados no Quadro 3.

Quadro 3: Descrição do número de respostas dadas às questões a e b.

Ferramenta	a. Assinale as ferramentas mecânicas que você conhece.	b. Você já usou alguma dessas ferramentas? Quais?
Martelo	22 alunos	22 alunos
Chave de Fenda.	22 alunos	22 alunos
Chave de Boca.	22 alunos	22 alunos
Macaco Mecânico.	14 alunos	16 alunos
Lanterna.	22 alunos	22 alunos
Manivela.	22 alunos	22 alunos
Chave de Roda.	22 alunos	22 alunos
Alicate.	22 alunos	20 alunos
Macaco Hidráulico.	18 alunos	3 alunos
Talhadeira.	19 alunos	4 alunos

c. Por que a chave de roda é em "L"? Algumas das respostas dadas foram:

*Aluno 1: Para girar mais facilmente o parafuso.*

*Aluno 2: Para ajudar a fazer menos força.*

*Aluno 3: Para poder usar o pé e ter mais força.*

*Aluno 4: Usar a força com mais facilidade.*

*Aluno 5: Por que a parte mais comprida serve como braço de alavanca, para não fazer tanta força.*

*Aluno 6: Usamos para não ter dificuldade de tirar os parafusos da roda.*

*Aluno 7: Para poder facilitar tirar o parafuso.*

*Aluno 8: Fica mais fácil de tirar os parafusos.*

*Aluno 9: Para usar a força do pulso e tirar os parafusos da roda.*

*Aluno 10: Para melhor movimento de rotação e usa menos força.*

*Aluno 11: Pois, facilita na hora de girar*

*Aluno 12: Por que se a pessoa não conseguir afrouxar o parafuso da sua roda, ela usa a chave, porque quanto maior a distância a facilidade de afrouxar é maior.*

*Aluno 13: Para facilitar o movimento na hora de girar.*

*Aluno 14: Para facilitar o movimento na hora de girar.*

*Aluno 15: Pois facilita na hora de girar.*

*Aluno 16: Pois facilita na hora de girar.*

*Aluno 17: Pressão que se aplica em algo.*

*Aluno 18: Para facilitar os movimentos circulatorios.*

*Aluno 19: Para colocar o parafuso de uma maneira mais fácil.*

*Aluno 20: Por que é mais fácil girar o parafuso e segurar.*

*Aluno 21: Para facilitar na hora girar os parafusos.*

*Aluno 22: Não sei.*

d. O que você entende por Força?

*Aluno 1: É a pressão que colocamos em um objeto.*

*Aluno 2:  $F = m \cdot a$*

*Aluno 3: É uma medida que é necessária para mudar um objeto de posição.*

*Aluno 4: Que é uma medida em termos de sua magnitude e duração que é necessário para mudar a posição de um objeto.*

*Aluno 5: É o que se usa para mover algo.*

*Aluno 6: É a pressão que se coloca em um objeto, daí ele se movimenta.*

*Aluno 7: Ela é uma grande física.*

*Aluno 8: A força é algo que usamos para mover objetos de lugar e apertar coisas, como parafusos.*

*Aluno 9: Usamos a forma para mover um objeto.*

*Aluno 10: Altera o estado de um corpo.*

*Aluno 11: Responsável por alterar ou movimentar a posição de um corpo e fazendo pressão.*

*Aluno 12: Que é uma grandeza escalar, responsável em alterar a posição ou movimento de um corpo.*

*Aluno 13: Movimento que altera a posição de um corpo.*

*Aluno 14: Movimento que pode alterar o movimento ou a posição de um corpo.*

*Aluno 15: Responsável por alterar ou movimentar a posição de um corpo.*

*Aluno 16: Movimento que pode alterar o movimento ou a posição de um corpo.*

*Aluno 17: Pressão que se aplica em algo.*

*Aluno 18: Uma pressão que fazemos em algo ou alguém.*

*Aluno 19: Uma grandeza física que descreve a interação entre corpos.*

*Aluno 20: É uma pressão feita sobre algum corpo e movimentá-lo.*

*Aluno 21: Movimento que altera a posição de um corpo.*

*Aluno 22: Responsável por alterar ou movimentar a posição de um corpo.*

e. Por que é mais fácil girar um eixo usando uma manivela do que girar manualmente?

*Aluno 1: Por que você usa menos força.*

*Aluno 2: A manivela começa a girar usando mais força no início, depois fica mais fácil.*

*Aluno 3: Porque teremos facilidade em mover o eixo.*

*Aluno 4: Porque a manivela ajuda muito.*

*Aluno 5: A manivela serve como braço de alavanca, o que facilita o trabalho.*

*Aluno 6: Pois você usa menos força que manualmente,*

*Aluno 7: Por causa do torque.*

*Aluno 8: Para não usar tanta força.*

*Aluno 9: Para não usar força.*

*Aluno 10: Para aplicar menos força.*

*Aluno 11: Pois, aplicamos menos força.*

*Aluno 12: Por conta da manivela e sua distância do eixo a facilidade de afrouxar é maior.*

*Aluno 13: Pois, usamos menos força e fica mais fácil de tirar algo.*

*Aluno 14: Pois aplicamos menos força.*

*Aluno 15: Pois aplicamos menos força.*

*Aluno 16: Porque a distância da manivela do eixo é responsável por facilitar na hora de girar o eixo.*

*Aluno 17: Pois a distância deixa mais fácil.*

*Aluno 18: Porque facilita na hora de usarmos a força.*

*Aluno 19: Ajuda a fazer os movimentos circulatorios em função do seu formato*

*Aluno 20: Por que a manivela encaixa mais fácil no parafuso e é mais fácil de girar.*

*Aluno 21: Pois a distância e a posição que você está deixa mais fácil.*

*Aluno 22: Pois a distância deixa mais fácil.*

f. Você já ouviu falar em “braço de alavanca”? Explique:

*Aluno 1: Sim. Para fazer menos força.*

*Aluno 2: Sim é um equipamento que ajuda a fazer menos força.*

*Aluno 3: Sim, você usa para facilitar e tirar o parafuso.*

*Aluno 4: Sim. Facilita para tirar a porca do parafuso.*

*Aluno 5: Sim, usa-se para fazer menos força.*

*Aluno 6: Sim.*

*Aluno 7: Sim, serve para ajudar a rotacionar as chaves.*

*Aluno 8: Sim. O braço de alavanca é usado para diminuir a força usada.*

*Aluno 9: Sim, aplica força no braço de alavanca e fica mais fácil a rotação.*

*Aluno 10: Sim, usamos para afrouxar os parafusos.*

*Aluno 11: Sim, serve para diminuir a força que estamos aplicando.*

*Aluno 12: Sim, é uma ferramenta utilizada para não usar tanta força.*

*Aluno 13: Sim, é uma ferramenta que ajuda ou serve para usar a força aplicada.*

*Aluno 14: Sim, é uma ferramenta que serve como ajuda ou força aplicada*

*Aluno 15: Sim, serve para diminuir a força que estamos aplicando.*

*Aluno 16: Sim, o braço de alavanca é utilizado para facilitar e usar menos força, quando for usar uma ferramenta.*

*Aluno 17: Sim, é uma ferramenta usada para facilitar uma rotação.*

*Aluno 18: Sim, é uma ferramenta que facilita a rotação.*

*Aluno 19: Sim, é uma ferramenta que facilita a rotação.*

*Aluno 20: Sim, o braço de alavanca é usado para facilitar e afrouxar os parafusos, por causa da distância.*

*Aluno 21: Sim, é uma ferramenta para ajudar a fazer menos força.*

*Aluno 22: Sim, usamos para afrouxar os parafusos.*

g. Quando criança você já deve ter brincado de gangorra. Como vocês faziam para equilibrar uma gangorra?

*Aluno 1: Tentamos nos equilibrar, com pesos e mesma distância do eixo.*

*Aluno 2: Colocando o mesmo peso dos dois lados.*

*Aluno 3: Tentando deixar equilibrado no meio.*

*Aluno 4: Uma pessoa de um lado e outra no outro, com a mesma distância do eixo.*

*Aluno 5: Usando pesos iguais ou colocando os pés no chão.*

*Aluno 6: Colocando uma pessoa na ponta e a outra no meio em direções contrárias.*

- Aluno 7: Uma pessoa de cada lado da gangorra.*
- Aluno 8: Colocando o mesmo peso ou muito semelhante na mesma posição após o eixo.*
- Aluno 9: Ficando um em cada ponta e o mesmo peso.*
- Aluno 10: Sentado no centro e o outro na ponta da gangorra.*
- Aluno 11: Ainda estava colocando os pés no chão.*
- Aluno 12: Ambas se inclinando para trás ou ficando mais perto do eixo.*
- Aluno 13: Ficamos nos extremos da gangorra.*
- Aluno 14: Um em cada extremidade da gangorra.*
- Aluno 15: Ficar todo mundo com o pé no chão.*
- Aluno 16: Tentamos deixar o peso dos dois lados iguais.*
- Aluno 17: O mais pesado ficava na ponta e o mais leve no meio.*
- Aluno 18: O mais pesado ficava na ponta e o mais leve no meio.*
- Aluno 19: Ambos tentavam ficar na mesma posição e o mesmo peso se inclinando para trás.*
- Aluno 20: Cada um fica de um lado da gangorra, nas extremidades.*
- Aluno 21: Nós dividimos os pesos, o mais pesado perto do eixo e o mais leve perto da ponta da gangorra.*
- Aluno 22: Ficamos nas extremidades da gangorra.*

h. Qual sua opinião em relação a posição da fechadura das portas, por que ficam na outra extremidade em relação às dobradiças?

- Aluno 1: A pessoa não ia conseguir abrir a porta.*
- Aluno 2: É mais fácil de abrir.*
- Aluno 3: A posição facilita abrir a porta, em 180° não abre.*
- Aluno 4: Porque abre melhor.*
- Aluno 5: Para não ter torque, que facilita a abertura da porta, precisa de distância.*
- Aluno 6: A força muda dependendo da posição que você está.*
- Aluno 7: Para usar menos força para abrir a porta.*
- Aluno 8: Pois dependendo da posição que você está da porta, pode facilitar ou dificultar a abertura da porta.*
- Aluno 9: Foi fácil abrir a 90°, nas outras posições não.*
- Aluno 10: Depende da posição que você está, do mesmo lado não foi tão fácil abrir a porta.*
- Aluno 11: Dependendo da posição que estamos, podemos diminuir ou aumentar a nossa força.*
- Aluno 12: Por que dependendo da posição podemos diminuir ou aumentar a nossa força.*
- Aluno 13: Por que dependendo da posição podemos facilitar ou dificultar a nossa força.*
- Aluno 14: Por que dependendo da posição podemos facilitar ou dificultar a nossa força.*
- Aluno 15: Movimento de rotação em torno de um eixo.*
- Aluno 16: Pois dependendo da posição, podemos diminuir nossa força.*
- Aluno 17: Não funcionaria de modo algum, se estivesse do mesmo lado.*
- Aluno 18: Para possibilitar que a porta abra mais e com facilidade.*
- Aluno 19: Dependendo da posição eu tive um pouco de dificuldade, pois fiquei encostado na parede.*

*Aluno 20: Pois a mudança de posição influencia na nossa força.  
 Aluno 21: Pois a mudança de posição influencia na nossa força.  
 Aluno 22: A posição muda a força que usamos para abrir a porta.*

*i. O que você entende por Torque?*

*Aluno 1: Não sei.  
 Aluno 2: Quando, tem força e não tem equilíbrio.  
 Aluno 3: Uma medida de força, girando e torcendo o eixo central  
 Aluno 4: Uma medida de força, girando e torcendo o eixo central  
 Aluno 5: Força que tende a rotacionar um corpo pela qual ela é aplicada.  
 Aluno 6: É o agente dinâmico de rotação.  
 Aluno 7: É a força de rotação.  
 Aluno 8: É a força de rotação ou torção.  
 Aluno 9: É uma força de rotação.  
 Aluno 10: Usar força para girar ou torcer um objeto em torno do seu eixo central.  
 Aluno 11: É um movimento de rotação ao redor de um eixo.  
 Aluno 12: Que ele é um agente dinâmico da rotação.  
 Aluno 13: Movimento de rotação de um objeto em torno de um eixo.  
 Aluno 14: Movimento de rotação de um objeto em torno de um eixo.  
 Aluno 15: Um tipo de ferramenta para parafuso.  
 Aluno 16: Movimento de rotação de um objeto em torno de um eixo  
 Aluno 17: Capacidade de rotação, influenciada por uma força.  
 Aluno 18: Força de torção aplicada em torno de um objeto em um ponto específico.  
 Aluno 19: É uma força rotacional.  
 Aluno 20: Movimento de rotação em torno de um eixo.  
 Aluno 21: Movimento de rotação em torno de um eixo.  
 Aluno 22: É uma força em um eixo de rotação.*

Como podemos observar, os resultados mostram que, ao questionar os alunos sobre a razão da chave de roda ser em formato "L", alguns deles compreendem que essa forma oferece vantagem mecânica para facilitar o uso da força ao girar os parafusos. Embora nem todos mencionam explicitamente o conceito de alavanca, é possível inferir que eles têm uma noção intuitiva dessa vantagem mecânica. Por outro lado, alguns alunos não conseguem explicar adequadamente o motivo da forma "L", sugerindo falta de familiaridade com o conceito de alavanca.

Quanto ao conceito de força, muitos alunos associam força a uma ação de puxar, empurrar ou aplicar pressão em algo. Entretanto, têm dificuldade em fornecer uma definição mais abstrata e precisa do conceito físico de força, indicando a necessidade de uma compreensão mais clara.



Sobre a pergunta de por que é mais fácil girar um eixo usando uma manivela, alguns alunos mencionam que a manivela oferece vantagem mecânica, permitindo aplicar menos força para o mesmo resultado. Outros, entretanto, não compreendem completamente a relação com a vantagem mecânica. Quanto ao termo "braço de alavanca", a maioria dos alunos afirma não ter ouvido falar ou não consegue explicar o conceito, o que indica falta de familiaridade com essa ideia específica.

Ao perguntar sobre como equilibrar uma gangorra, muitos alunos mencionam corretamente a necessidade de colocar pesos iguais em ambos os lados para alcançar o equilíbrio. Outros também destacam a importância de ajustar a posição do corpo. Essas respostas indicam um entendimento satisfatório do conceito de equilíbrio.

Quando indagados sobre a posição da fechadura das portas em relação às dobradiças, alguns alunos acertam ao mencionar que essa posição facilita o movimento da porta e o uso da força para abri-la. Outros não conseguem responder adequadamente, indicando que talvez não tenham pensado sobre essa questão anteriormente. Por fim, ao serem questionados sobre o conceito de torque, a maioria dos alunos não soube responder ou ofereceu definições vagas, sugerindo falta de familiaridade com esse conceito físico.

Em resumo, os resultados da pesquisa revelam um entendimento variado dos conceitos abordados. Alguns conceitos, como o de força e equilíbrio, são compreendidos de forma satisfatória por muitos alunos, enquanto outros, como o de torque e braço de alavanca, ainda precisam ser mais explorados e explicados para que os alunos adquiram uma compreensão mais profunda. É fundamental que esses conceitos sejam apresentados de maneira clara e contextualizada, para que os alunos possam relacioná-los a situações cotidianas e desenvolver uma compreensão sólida dos princípios físicos envolvidos na aprendizagem.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta dissertação apresentou a elaboração e aplicação de um Produto Educacional que aborda os conceitos de Torque, Equilíbrio Estático e Centro de Massa e Gravidade. O produto foi concebido como uma sequência didática composta de 4 Lições que empregam atividades variadas, inclusive atividades experimentais de baixo custo, atividades ao ar livre e também uso de simuladores. Neste sentido buscou-se despertar o interesse de estudantes do 9º ano do ensino fundamental, além de fomentar a compreensão dos conceitos trabalhados, buscou-se proporcionar-lhes uma abordagem diferenciada da Física, distinta daquela comumente vivenciada em sala de aula.

A abordagem experimental utilizando materiais de baixo custo e pouco conhecidos pelos alunos, revelou-se uma valiosa contribuição para o ensino do conteúdo de física escolhido. Além disso, teve como objetivo desmistificar os conceitos, evitando a apreensão e a aversão que muitos estudantes manifestam em relação à disciplina de Física, inclusive ao ingressarem na etapa posterior do Ensino Médio.

A escolha dos conceitos torque, equilíbrio estático e centro de massa permitiu uma interação mais próxima dos estudantes com as tarefas propostas, incentivando a investigação, o questionamento e a posterior compreensão dos temas abordados. Em geral, o engajamento dos alunos foi notável, e é possível afirmar que observou-se avanços na compreensão dos conceitos tratados durante o trabalho.

Entretanto, algumas atividades enfrentaram desafios. Por exemplo, o experimento da régua com chumbadas pareceu não despertar tanto interesse entre os estudantes, que relataram dificuldades em realizá-lo. Da mesma forma, a atividade da gangorra enfrentou obstáculos, uma vez que muitos alunos não se sentiram à vontade para se pesarem diante dos colegas. Contudo, foram realizadas suposições no pátio da escola, e os registros foram mantidos.

Recomendo, aos colegas professores que desejam utilizar este Produto Educacional, que disponibilizem mais tempo para as atividades, permitindo uma maior imersão e compreensão dos conceitos pelos alunos. Além disso, caso possível, sugiro a inclusão da atividade de afrouxar os parafusos de um pneu, que foi um desejo manifestado pelos estudantes. Outra sugestão é ampliar as atividades

relacionadas ao centro de massa e gravidade, uma vez que os alunos demonstraram grande interesse por esses temas e experimentos.

Com respeito ao engajamento e a compreensão dos conteúdos trabalhados, foi possível observar que os alunos estiveram motivados e envolvidos com as atividades propostas. Também a reaplicação do questionário de conhecimentos prévios, no último encontro da sequência de ensino, foi importante para podermos avaliar qualitativamente possíveis avanços dos alunos na compreensão dos conteúdos abordados.

Em suma, acredito que o Produto Educacional alcançou, em sua maioria, os objetivos propostos com os estudantes, sobretudo por enfatizar a construção dos conceitos por meio dos experimentos e a partir do conhecimento prévio dos alunos. Essa abordagem despertou o interesse dos estudantes e permitiu uma aplicação mais sutil da matemática, suas fórmulas e suas aplicações, tornando o aprendizado da Física mais significativo e prazeroso.

## REFERÊNCIAS

ALVARENGA, B.; MÁXIMO, A. **Curso de Física**. volume 2. São Paulo: Editora Scipione, 2006. Acesso em março de 2023.

AUSUBEL, D. Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva. 2000. Disponível em: [www.uel.br/pos/ecb/pages/arquivos/Ausubel\\_2000\\_Aquisicao%20e%20retencao%20e%20retencao%20de%20conhecimentos.pdf](http://www.uel.br/pos/ecb/pages/arquivos/Ausubel_2000_Aquisicao%20e%20retencao%20e%20retencao%20de%20conhecimentos.pdf). Acesso em abril de 2023.

ARARIBA PLUS. **Ciências - 9 Ano**. 4. ed. São Paulo: Moderna 2014.

BEDAQUE, C. **Ciências: entendendo a natureza**. 23. ed. São Paulo: Saraiva, 2009.

BARROS, M.; KANBACH, B. A relação com o saber profissional do professor de física e o fracasso da implementação de atividades experimentais no ensino médio. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 12, n. 3, p. 305-320, 2007. Disponível em: <https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/462/266>. Acesso em: março de 2023.

BARROWS, H.; TAMBLYN, R. **Aprendizagem Baseada em Problemas: Uma Abordagem Investigativa**. São Paulo: Centro de Educação a Distância - CEAD, 2008. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18157/tde-05112008-145409/publico/AdrianaCasaleKalatzis.pdf>. Acesso em: março de 2023.

CHAGAS, A. B.; LUCE, M. B. Reforma do Ensino Médio no Estado do Rio Grande do Sul (Brasil): alinhamentos e resistências. **Práxis Educativa**. v.15, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.5212/PraxEduc.v.15.14653.022>. Acesso em março de 2023.

REF. **Leis da Mecânica**. Disponível em: <https://fep.if.usp.br/~profs/gref.html#pills-le-mecânica>. Acesso em janeiro de 2023.

HALLIDAY, D., et al. **Fundamentos de física**. Vol. I: Mecânica, Grupo Gen - LTC, 2016.

\_\_\_\_\_. **Fundamentos de física**. Vol. II: Gravitação, Ondas e Termodinâmica, Grupo Gen - LTC, 2016.

HEWITT, P. **Física Conceitual**. 11. ed. Porto Alegre: Bookman, 2011.

LABURÚ, C.; BARROS, M.; KANBACH, B. A relação com o saber profissional do professor de física e o fracasso da implementação de atividades experimentais no ensino médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. v. 38, n. 4, e 4305, 2016. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext & pid=S1806-11172016000400308](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172016000400308) & lng=en\ nrm=iso. Acesso em março de 2023.

MOREIRA, M. Teorias de Aprendizagem. **Investigações em Ensino de Ciências**. v. 12, n. 3, p. 305-320, 2007. Disponível em: <https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/619/408>. Acesso em janeiro de 2023.

\_\_\_\_\_. **A teoria da aprendizagem significativa**. Porto Alegre, 2016. Brasil. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/~moreira/Subsidios6.pdf>. Acesso em janeiro de 2023.

MOREIRA, M.; LAGRECA, M.. Representações mentais dos alunos em mecânica clássica: três casos. **Investigações em Ensino de Ciências**. v. 3, n. 2, p. 83-106, 1998. Disponível em: <https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/619/408>. Acesso em janeiro de 2023.

\_\_\_\_\_. **O que é afinal aprendizagem significativa?** 2011. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/~moreira>. Acesso em janeiro de 2023.

Moreira, M. Unidades de Ensino Potencialmente Significativas - UEPS. **Aprendizagem Significativa em Revista**, 1(2), 43–63, 2011. Recuperado de [http://www.if.ufrgs.br/asr/artigos/Artigo\\_ID16/v1\\_n3\\_a2011.pdf](http://www.if.ufrgs.br/asr/artigos/Artigo_ID16/v1_n3_a2011.pdf)

RAMALHO, N.; TOLEDO, F. **Os Fundamentos da Física: mecânica**. 10<sup>a</sup> ed. São Paulo: Moderna, 2009. Disponível em 2009. <http://www.professoremerson.com/biblioteca/fisica/ramalho01.pdf> Acesso em fevereiro de 2023.

WATARI, K. **Mecânica Clássica** - Vol. 1 e 2. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2004.

## **APÊNDICE A – PRODUTO EDUCACIONAL**



**MNPEF** Mestrado Nacional  
Profissional em  
Ensino de Física



## **PRODUTO EDUCACIONAL**

### **UMA SEQUÊNCIA DE ENSINO SOBRE TORQUE PARA ESTUDANTES DO ENSINO FUNDAMENTAL**

Karen Pan

Prof. Dr. Alexandre Luis Junges

Tramandaí

Setembro de 2023

## 1. INTRODUÇÃO

Este produto educacional consiste em uma sequência didática composta de 4 Lições que aborda os conteúdos de Física *Torque, Equilíbrio Estático e Centro de Massa*. A proposta enfatiza os aspectos conceituais do conteúdo a ser trabalhado e é destinada às séries finais do Ensino Fundamental. A implementação do produto foi realizada em uma turma do 9º ano do Ensino Fundamental na turma 91 do 9º ano da Escola Nossa Senhora do Cenáculo, em Porto Alegre, composta por 21 alunos. A característica principal dessa turma é ser participativa e propensa a se envolver em todas as atividades propostas, poucos alunos são apáticos. A escola não possui laboratório de ciências, o que dificulta a realização de experimentação, então a criatividade é fundamental para a execução e implementação da proposta.

A sequência de ensino que compõe o produto toma como fundamentação teórica a teoria de aprendizagem ao ressaltar a necessidade de organizar e integrar o material de ensino com o conhecimento prévio dos alunos para construir significados relevantes. Para atingir esse propósito, a sequência de ensino foi elaborada com ênfase em atividades práticas, interativas e investigativas, adequadas para uma turma participativa de 9º ano da Escola Nossa Senhora do Cenáculo, em Porto Alegre. A metodologia baseada nas Unidades de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) de Moreira orienta o professor na condução das atividades, promovendo a integração entre pensamentos, sentimentos e ações dos alunos durante o processo de aprendizagem. Mediante situações-problema, atividades práticas e experimentais seguidas por problematizações e revisão conceitual, busca-se estimular os alunos a estabelecer conexões entre os novos conteúdos e seus conhecimentos prévios, permitindo a construção de novas estruturas cognitivas e o desenvolvimento de habilidades como o pensamento crítico e a criatividade.

Como já destacado, o produto foi concebido no intuito de promover um enfoque conceitual sobre o conteúdo de equilíbrio, torque e centro de massa. A primeira parte de cada lição do produto descreve as orientações para o professor, que podem servir de guia para implementação da sequência didática. A segunda parte é constituída pelas atividades que são realizadas junto ao aluno e que compõem a sequência de ensino. Estas tarefas são em sua maioria atividades



práticas, demonstrativas, interativas e investigativas, onde pretende-se chegar a uma aprendizagem significativa.

O Produto Educacional está dividido em quatro lições que abordam de forma gradual os conceitos de torque, equilíbrio estático e centro de massa. O Quadro 1 apresenta a divisão dos encontros com uma breve descrição de cada lição junto com o tempo estimado para sua implementação, os objetivos da aprendizagem e as atividades propostas em cada lição. As atividades realizadas junto aos alunos estão disponíveis em formato de PDF no Apêndice B desta dissertação e pelo link: [https://www.canva.com/design/DAFd28poJQA/Ty-6t9FucIR2ewF\\_RDE5gw/edit?utm\\_content=DAFd28poJQA&utm\\_campaign=designshare&utm\\_medium=link2&utm\\_source=sharebutton](https://www.canva.com/design/DAFd28poJQA/Ty-6t9FucIR2ewF_RDE5gw/edit?utm_content=DAFd28poJQA&utm_campaign=designshare&utm_medium=link2&utm_source=sharebutton)

Quadro 1 - Descrição geral de cada lição da sequência didática.

Lição	Objetivos da Aprendizagem	Atividades Propostas
Lição 1: Apresentação do produto educacional introdução ao conceito de Torque. 2 períodos ( 90 minutos )	Refletir sobre situações do cotidiano que envolvem o uso de ferramentas. Compreender o conceito de Força e Torque.	Questionário Prévio e Atividade 1.
Lição 2: Torque e Equilíbrio Estático 4 Períodos (180 minutos )	Identificar e refletir situações do cotidiano que envolvam Equilíbrio Estático. Construir o conceito de Equilíbrio Estático, através das atividades propostas.	Demonstração 1. Atividade 2, parte 1. Atividade 2, parte 2. Atividade 2, parte 3. Atividade 3.
Lição 3: Centro de Massa, Centro de Gravidade e Equilíbrio de Corpos Extensos. 2 períodos ( 90 minutos )	Compreender, identificar e ser capaz de determinar o centro de massa ou gravidade de um bloco geométrico regular e irregular. Entender as condições de estabilidade de um corpo sob ação de uma força.	Atividade 4..
Lição 4: Construção de um Mapa Conceitual Sobre os Conteúdos abordados. 2 períodos ( 90 minutos )	Verificar a criatividade, a autonomia que os estudantes entenderam e relacionaram com os conceitos abordados. Avaliar o entendimento dos conteúdos pelos estudantes	Atividade 5. Questionário Prévio.

A seguir, serão apresentadas as 4 Lições do produto Educacional. Cada lição inicia com instruções destinadas ao professor que servem de guia para a implementação de cada lição. Essas instruções compreendem uma apresentação do encontro, seus objetivos, os recursos pedagógicos a serem utilizados e as etapas da lição. Em seguida são apresentadas as Atividades, Demonstrações, Questionários e Sugestões de Leitura que compõem cada lição. As Atividades 1 a 5 constituem o eixo principal de cada lição, sendo cada atividade acompanhada de questões problematizadoras a serem desenvolvidas junto aos alunos.

### **Lição 1: Apresentação do produto educacional introdução ao conceito de Torque.**

Na Lição 1 é apresentada a proposta de ensino, ou seja, a sequência didática do Produto Educacional, junto com a aplicação do questionário prévio, para averiguar os conhecimentos dos alunos, bem como a realização da Atividade 1.

O desenvolvimento da aula se dará de forma expositiva e dialogada, seguida de um experimento descrito abaixo, o qual tem por objetivo iniciar a problematização dos conceitos de força e torque. Sugere-se que o professor disponha dos seguintes recursos didáticos: questionário prévio, slides para apresentação da tarefa a ser realizada, computador e projetor. As principais etapas da lição 1 são:

- Conversa com a turma para apresentar a implementação do produto educacional.
- Aplicação do Questionário 1 para a identificação dos conhecimentos prévios dos alunos.
- Conversa problematizadora inicial sobre o que os estudantes entendem por Torque e o uso de ferramentas que foram colocadas à disposição pelo professor (a).
- Formação dos grupos de alunos (4 a 5 alunos por grupo) para realização da Atividade 1 do produto educacional.
- Problematizações envolvendo a Atividade 1 e introdução do conceito de Torque.

- Início da leitura e discussão do texto “Força e Torque” das Lições 11 e 26 - Leituras de Física do GREF. [O GREF - Grupo de Reelaboração do Ensino de Física.](#)
- Vídeo de Como trocar pneu de um carro sem fazer força desnecessária, temos essas três opções: <https://youtu.be/vhiuA9vOf40>, <https://youtu.be/ZBphRPLo4HY>, <https://youtu.be/pRpq8Pble7Q>

### Questionário 1: Teste seus conhecimentos

Nome do Aluno: \_\_\_\_\_

a. Assinale as ferramentas mecânicas que você conhece:

- |  |                                     |
|--|-------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Martelo           | <input type="checkbox"/> Talhadeira |
| <input type="checkbox"/> Chave de Boca     | <input type="checkbox"/> Alicates   |
| <input type="checkbox"/> Chave de Fenda    | <input type="checkbox"/> Lanternas  |
| <input type="checkbox"/> Macaco Hidráulico | <input type="checkbox"/> Manivela   |
| <input type="checkbox"/> Chave de Roda     |                                     |

b. Você já usou alguma dessas ferramentas? Quais?

c. Por que a chave de roda é em “L”?

d. O que você entende por Força?

e. Por que é mais fácil girar um eixo usando uma manivela do que girar manualmente?

f. Você já ouviu falar em “braço de alavanca”? Explique:

g. Quando criança você já deve ter brincado de gangorra. Como vocês faziam para equilibrar uma gangorra?

h. Qual sua opinião em relação a posição da fechadura das portas, por que ficam na outra extremidade em relação às dobradiças? j. O que você entende por Torque?

### Atividade 1: *Investigando a natureza do Torque*

Nomes dos integrantes do grupo.

(1): \_\_\_\_\_

(2): \_\_\_\_\_

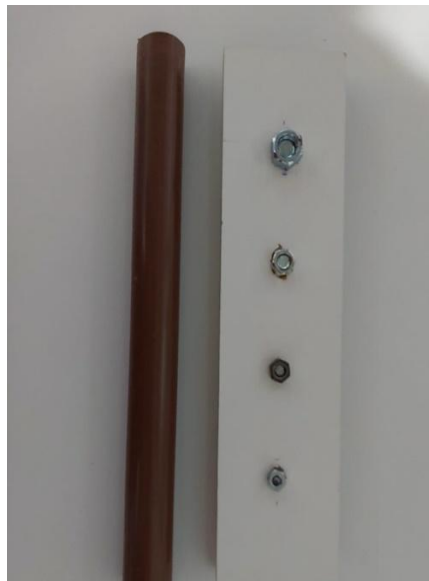
(3): \_\_\_\_\_

(4): \_\_\_\_\_

(5): \_\_\_\_\_

Nesta atividade vamos realizar um experimento para investigar a natureza e o conceito de torque. Os materiais a serem empregados são: placas de madeira, parafusos, porcas e cano de PVC. A Figura 1 ilustra a montagem da atividade, onde temos a placa de madeira com quatro parafusos de tamanhos diferentes fixados na mesma e um cano de PVC, que será usado como braço de alavanca.

Figura 1: Placa de madeira com parafuso, porca e cano de PVC.



Fonte: Pan, Karen.

**Procedimento:** Em grupos de 4 ou 5 alunos, a tarefa consiste em avaliar as placas de madeira com parafuso fornecidas pelo (a) professor (a). A tarefa consiste em tentar afrouxar a porca de cada parafuso usando apenas suas próprias mãos, como com auxílio de chaves de diferentes tipos. Teste a força necessária para afrouxar a porca fixa no parafuso.

**Problematização:**

- a. Foi possível afrouxar a porca do parafuso usando apenas a força dos dedos da mão? Explique.
- b. Quais os procedimentos empregados para afrouxar a porca? O que é preciso para afrouxar a porca? Quais as ferramentas utilizadas?
- c. É necessário fazer muita ou pouca força para afrouxar a porca? Explique.
- d. O que acontece quando aumentamos o comprimento do cabo da chave?
- e. A partir da discussão feita, como você definiria FORÇA e TORQUE?

**Atividade de Leitura e Vídeo:** Leitura e discussão em grupo das Lições 11 e 26 - *Leituras de Física do GREF*. [O GREF - Grupo de Reelaboração do Ensino de Física](#). Vídeo de Como trocar pneu de um carro sem fazer força desnecessária: Temos essas opções: <https://youtu.be/vhiuA9vOf40>, <https://youtu.be/ZBphRPLo4HY>, <https://youtu.be/pRpq8Pble7Q>.

**Lição 2: Torque e Equilíbrio Estático**

Na Lição 2 são aplicadas a Demonstração 1 e a Atividade 2 do Produto Educacional. O desenvolvimento da aula se dará de forma expositiva e dialogada com realização de experimentos e uso de simuladores virtuais, como o aplicativo PHET *Interactive Simulations* (<https://phet.colorado.edu/>). Além disso, serão considerados e retomados os conhecimentos já desenvolvidos no primeiro encontro. O objetivo desta aula será conceituar a partir das tarefas realizadas, equilíbrio estático. As principais etapas da lição são:

- A aula inicia com a retomada dos assuntos discutidos na aula anterior. O entendimento sobre o conceito de torque e o uso do braço de alavanca, realizando as Leituras de Física, Lições 11 e 16, do GREF.
- Realização da Demonstração 1.
- Realização da Atividade 2.
- Realização da Atividade 3.
- Aplicar o mesmo experimento da régua, mas no pátio da escola utilizando a gangorra da praça e os alunos.

- Intervenção do professor (a), para conceituar equilíbrio das forças.
- Atividade com o aplicativo *PHET Interactive Simulations*.

### **Demonstração 1: Testando a Força para abrir uma Porta**

Consiste em demonstrar a aplicação de um torque para abrir e fechar a porta da sala de aula. O professor (a) fica em frente a porta posicionando-se com ângulos de  $90^\circ$ ,  $45^\circ$  e  $180^\circ$  em relação ao plano da porta. Para cada posição (conforme o ângulo) o professor executa o movimento de abrir e fechar a porta. A partir do experimento busca-se a constatação de que uma mesma força produz torques diferentes de acordo com o ângulo de aplicação da força. Além disso, pode-se discutir sobre o porquê das fechaduras estarem na extremidade oposta da porta, ou seja, distantes de onde a porta está fixa pelas dobradiças. Também é oportuno apresentar a *Regra da Mão Direita* para determinar o sentido do Torque quando a porta abre e fecha, questionando em que sentido e direção está o Torque.

#### **Problematização:**

- Nesta demonstração, foi exercido um Torque? Explique.
- Em qual das posições angulares foi mais fácil abrir a porta? Por que?
- Existe relação entre o abrir da porta e afrouxar os parafusos na aula anterior?

### **Atividade 2: Torque e Equilíbrio Estático**

Nomes dos integrantes do grupo.

(1): \_\_\_\_\_

(2): \_\_\_\_\_

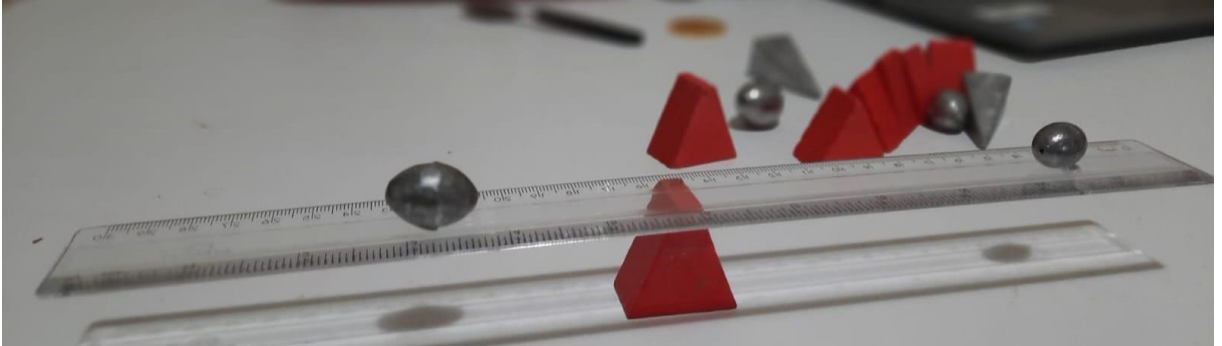
(3): \_\_\_\_\_

(4): \_\_\_\_\_

(5): \_\_\_\_\_

Nesta atividade será introduzido o conceito de Equilíbrio Estático. Os materiais a serem empregados nessa atividade são: régua, trena, barbante, peso, gangorra, borracha e pesos trazidos pelo professor (a).

Figura 2: Régua em equilíbrio, com chumbada de 20g e 40g.



Fonte: Pan, Karen.

**Procedimento - Parte 1:** “Quem nunca brincou em equilibrar a régua escolar com os dedos?” Em grupos de 4 ou 5 alunos, esta tarefa consiste em testar o equilíbrio de uma régua sobre o dedo. Inicialmente teste o equilíbrio da régua usando o **próprio dedo** como suporte para a mesma. Comecem a testar com materiais escolares diversos as situações em que a régua fica equilibrada.

**Problematização:**

- a. Quais as possibilidades que estão encontrando para chegar ao equilíbrio da régua, considerando a relação entre os objetos e a distância que os mesmos se encontram em relação ao dedo?
- b. A partir disso, anatem as formas diferentes que encontraram para chegar ao equilíbrio, que será necessário, pois iremos comparar com a próxima atividade que será realizada no pátio da escola.

**Procedimento - Parte 2:** Nesta etapa iremos empregar como apoio para a régua os blocos triangulares fornecidos ao grupo (Figura 2). A tarefa consiste em testar com as diferentes massas (chumbadas de 20 g e 40 g) situações variadas em que a régua pode ser equilibrada, anotando os valores das massas (pesos) e as medidas na régua em que os pesos estão posicionados em relação ao ponto de apoio da régua no bloco triangular.

**Problematização:**

- a. Em quais posições do peso é mais fácil manter a régua em equilíbrio na horizontal? Explique.
- b. Colocar chumbadas com a mesma massa à mesma distância do centro. Verificar se conseguem o equilíbrio. Anotar a distância em que conseguiram obter o equilíbrio da régua.
- c. Colocar a mesma massa, porém com chumbadas de diferentes formas à mesma distância do centro. Anotar a distância em que conseguiram obter o equilíbrio da régua.
- d. Colocar massas diferentes e testar a distância que as mesmas devem ser posicionadas do centro para chegar ao equilíbrio. Anotar as distâncias em que conseguiram obter o equilíbrio da régua.

**Procedimento - Parte 3:** Dando continuidade a atividade vamos agora testar as condições de equilíbrio aplicadas à gangorra do pátio da escola. Cada grupo deve escolher dois colegas para ficar em cima da gangorra. Primeiramente, com auxílio de uma balança, determine o peso de cada colega. A partir disso os colegas voluntários devem posicionar-se sobre a gangorra verificando as possibilidades de chegar ao equilíbrio, modificando as posições em que se encontram sentados sobre a gangorra. Com auxílio de uma trena, meça as posições (distância do eixo de rotação) em que o voluntário está sentado na situação de equilíbrio.

**Problematização:**

- a. Quando a gangorra sobe e desce existe Torque? Em que sentido? Explique.
- b. Qual o peso dos estudantes que ficaram em cima da gangorra? Vocês percebem alguma relação entre os colegas e a distância que os mesmos estão do eixo da gangorra?
- c. Quais as posições medidas que os estudantes estavam sentados na situação de equilíbrio da gangorra?
- d. Multiplique os valores dos pesos pela posição de cada colega. Qual o valor em cada caso? Os valores são iguais? Como você interpreta esse fato?



e. Existe alguma relação entre a situação de equilíbrio da gangorra e os torques aplicados em cada lado da gangorra?

### Atividade 3: Testando as condições de equilíbrio num simulador virtual

Nomes dos integrantes do grupo.

(1): \_\_\_\_\_

(2): \_\_\_\_\_

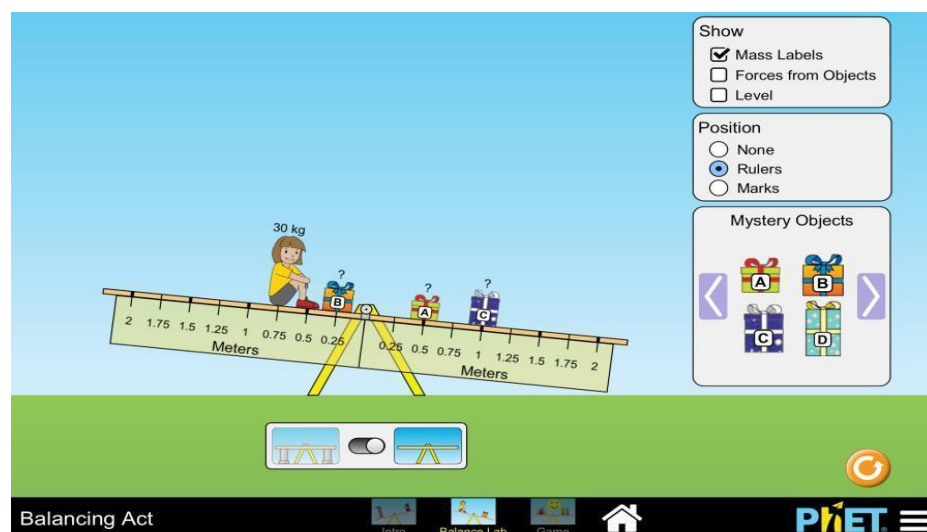
(3): \_\_\_\_\_

(4): \_\_\_\_\_

(5): \_\_\_\_\_

Nesta atividade iremos aplicar novamente os conceitos de torque e equilíbrio através do uso de um simulador virtual (Figura 3). O simulador permitirá testar as intuições sobre torque e equilíbrio bem como avaliar quantitativamente as expressões matemáticas que descrevem as condições de equilíbrio de um corpo extenso. Tais condições de equilíbrio são: Força resultante nula e Torque resultante nulo. Assim, para a situação da gangorra do simulador, a situação de equilíbrio é obtida quando o Torque resultante é nulo. Isto é expresso na igualdade:  $F_1 \cdot d_1 = F_2 \cdot d_2$

Figura 3: Captura de tela do simulador Phet. [Balançando 1.1.33](#)



Fonte: Phet. [Balançando 1.1.33](#).

**Procedimento:** Utilizando um computador (ou smartphone) com acesso a internet acesse o link ([Balançando 1.1.33](#)) para abrir o simulador de equilíbrio da gangorra. No simulador em “Mostrar” acione os marcadores de massa e força dos objetos. Em “Posição” acione as marcações da régua. A partir disso, posicione os diferentes objetos (extintor de incêndio e lixeira) sobre a gangorra e determine as posições em que ocorre o equilíbrio horizontal da gangorra.

**Problematização:**

- O que o grupo percebe que é necessário para chegar ao equilíbrio?
- Existe relação com os experimentos que realizamos com a régua e a gangorra no pátio da escola? Explique.
- Explique com suas próprias palavras a Fórmula  $F_1 \cdot d_1 = F_2 \cdot d_2$ .
- Colocando o extintor de 5 kg na posição de 2 metros da régua. Onde deve-se posicionar a lixeira de 10 kg para atingir o equilíbrio.

**Exemplos para discussão:** Como vimos, a situação de equilíbrio da gangorra, seja no simulador ou no pátio da escola, é atingida quando o Torque Resultante é nulo. Ou seja, quando é satisfeita a equação  $F_1 \cdot d_1 = F_2 \cdot d_2$  ., Onde nesse caso, as forças ( F ) correspondem ao Peso dos objetos (ou pessoas) e as distâncias ( d ) correspondem à posição de cada objeto (ou pessoa) em relação ao ponto de apoio da gangorra.

**Exemplo 1:** João tem uma massa de 50 kg e está a 1,5 m do eixo da gangorra. Bianca ficará do outro lado e ela tem 60 kg, qual a posição que Bianca deve sentar para equilibrar a gangorra?

**Resposta:** Calculando a força peso de ambos alunos temos que (vamos considerar a aceleração da gravidade como sendo  $10 \text{ m/s}^2$ ):

Peso de João =>  $P_J = mg = 50 \text{ kg} \cdot (10 \text{ m/s}^2) = 500 \text{ N}$

Peso da Bianca =>  $P_B = mg = 60 \text{ kg} \cdot (10 \text{ m/s}^2) = 600 \text{ N}$

Para a situação de equilíbrio, igualando os torques temos (onde,  $d_J$  = posição do João;  $d_B$  = posição da Bianca):

$$P_J \cdot d_J = P_B \cdot d_B$$

$$500 \text{ N} \cdot (1,5 \text{ m}) = 600 \text{ N} \cdot d_B$$

$$d_B = 750 \text{ N}\cdot\text{m} / 600 \text{ N}$$

$$d_B = 1,25 \text{ m}$$

Bianca terá que sentar a 1,25 m do eixo da gangorra.

### **Lição 3: Centro de Massa, Centro de Gravidade e Equilíbrio de Corpos Extensos.**

Na Lição 3 investigaremos os conceitos de Centro de Massa e Centro de Gravidade. No que segue será dada prioridade ao emprego do termo “centro de massa”, porém em situações que envolvam a força peso também empregaremos o termo “centro de gravidade”. Estes conceitos estão diretamente relacionados ao conceito de torque e às condições de equilíbrio de um corpo extenso. Como veremos muitas situações, como a estabilidade de um carro de fórmula 1, o equilíbrio de um malabarista, a trajetória de um foguete, estão relacionados com o conceito de centro de massa.

O desenvolvimento da aula se dará de forma expositiva e dialogada, com a demonstração de dois experimentos (Atividade 4), com objetivo de encontrar o centro de massa de um bloco regular e retangular, e outro irregular (Figura 4). Os estudantes distribuídos em grupos terão à sua disposição os mesmos materiais que o professor (a), ou seja, bloco de madeira retangular, bloco de madeira irregular, prumo, pregos, martelo, régua e lápis. As principais etapas da lição são:

- Organizar os alunos nos seus grupos e problematizar a questão de ponto médio, diagonal de uma figura geométrica, bem como questioná-los sobre o que entendem por centro de gravidade e centro de massa.
- Distribuir os materiais para cada grupo e deixar que manipulem os mesmos.
- Realização da Atividade 4: desafio do centro de massa, do produto educacional. Veja-se o vídeo que inspirou essa atividade: <https://www.youtube.com/watch?v=qRsJXXb9WNE>.
- Problematizações envolvendo a Atividade 4: Parte 1 e Parte 2. Leitura em conjunto do conceito de Centro de Massa, se necessário, mostrar matematicamente, ponto médio e o encontro das diagonais de uma figura geométrica.

- Assistir o vídeo “*Center of Mass*” sobre o assunto com os alunos:  
<https://www.youtube.com/watch?v=qRsJXXb9WNE>

#### Atividade 4: Desafio Centro de Massa

Nomes dos integrantes do grupo.

(1): \_\_\_\_\_

(2): \_\_\_\_\_

(3): \_\_\_\_\_

(4): \_\_\_\_\_

(5): \_\_\_\_\_

Figura 4: Placas de madeira usadas na atividade 4.



Fonte: Pan, Karen.

**Procedimento – Parte 1:** Cada grupo, 4 ou 5 alunos, têm a tarefa de determinar o centro de massa do bloco regular (retângulo) e do bloco irregular. Para o bloco regular isso é feito traçando duas linhas diagonais que ligam cada vértice do retângulo. O ponto de intersecção das linhas assinala a localização do centro geométrico do bloco e conseqüentemente o seu centro de massa. Para determinar o centro de massa do bloco irregular é preciso empregar o fio prumo. Para tanto prega-se um prego em dois vértices do retângulo irregular. Em seguida, usando o fio prumo, penduram o fio prumo ao prego e ergam o bloco através do prego.

O fio prumo indicará a linha vertical que deve ser assinalada no bloco. O mesmo procedimento é feito para o vértice oposto (obs: o centro de gravidade/centro de

massa de um corpo está localizado sobre a linha vertical abaixo do ponto de suspensão do corpo). Por fim, o ponto onde as duas linhas “diagonais” traçadas no bloco se encontram indica o centro de massa do bloco. Materiais utilizados: bloco de madeira retangular, bloco de madeira irregular, prumo, pregos, martelo, régua e um lápis (Figura 4).

**Problematização 1:** Usando seus smartphones realizem uma pesquisa sobre as seguintes questões:

- a. O que é ponto Nomes dos integrantes do grupo.  
médio de uma figura geométrica não plana?
- b. O que é centro de massa de um corpo?
- c. O que é centro de gravidade de um corpo?
- d. O que é um Prumo?
- e. Por que foi necessário empregar o fio prumo para determinar o centro de massa do bloco irregular?

**Procedimento - Parte 2:** Vamos agora verificar a estabilidade de cada bloco (retangular regular e bloco irregular). Primeiramente pregasse um prego no centro de massa/centro de gravidade de cada bloco. Em seguida o fio prumo é pendurado no prego fixo ao centro de massa/centro de gravidade. Posicionando os blocos em diferentes posições, apliquem uma força lateral acima do centro de massa que vise “tombar” o bloco. Registrem o que aconteceu em cada bloco e posição dos mesmos.

**Problematização:**

- a. O que queremos dizer com a estabilidade de um corpo (bloco)?
- b. Qual dos blocos apresentou maior estabilidade frente a tentativa de tombamento?
- c. Em qual posição dos blocos foi necessário aplicar mais força? Explique.
- d. Quando os blocos tombaram, a partir de que momento?
- e. Em qual posição o bloco irregular foi menos estável? Explique.
- f. Qual a relação entre estabilidade do bloco, centro de massa/centro de gravidade e torque aplicado?

**Atividade:** Assistir ao vídeo Center of Mass, para comparar com a atividade prática realizada e construir o conceito de Centro de Massa ou Gravidade.

<https://www.youtube.com/watch?v=qRsJXXb9WNE>

#### **Lição 4: Construção de um Mapa Conceitual Sobre os Conteúdos abordados.**

Na Lição 4, última lição da sequência didática, os alunos em seus grupos terão a tarefa de construção de um mapa conceitual sobre os conteúdos trabalhados - Torque, Equilíbrio Estático e Centro de Massa/Gravidade. As principais etapas da aula são:

- Deixar que pesquisem sobre mapas conceituais e seus exemplos. Por exemplo, no link: <http://www.if.ufrgs.br/cref/mapas/>
- O professor fornece orientações sobre os tipos e modelos de mapas conceituais e os principais procedimentos para sua construção.
- Atividade em grupo de elaboração do Mapa Conceitual. O grupo poderá escolher um modelo de mapa conceitual, tendo a liberdade de criação na sua elaboração. O mapa conceitual deve contemplar todos conteúdos, ou seja conceitos, exemplos e fórmulas.
- Apresentação do Mapa Conceitual de cada grupo para a turma.

### Atividade 5: Construção do Mapa Conceitual.

Nomes dos integrantes do grupo.

(1): \_\_\_\_\_

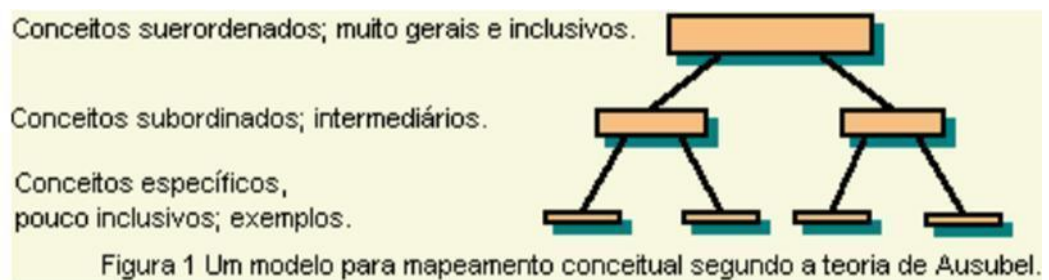
(2): \_\_\_\_\_

(3): \_\_\_\_\_

(4): \_\_\_\_\_

(5): \_\_\_\_\_

Figura 5: Modelo de mapa conceitual.



Fonte: <http://www.if.ufrgs.br/cref/mapas/>

**PROCEDIMENTO:** Em grupos vocês terão a tarefa de construir um mapa conceitual sobre a temática trabalhada, seguindo os seguintes passos:

- Pesquisem sobre mapas conceituais e seus exemplos, segue sugestão. O grupo poderá escolher um modelo de mapa conceitual ou se preferir realizar um de autoria própria.
- O mapa conceitual deve contemplar todos conteúdos, ou seja conceitos, exemplos e fórmulas.
- Cada grupo deverá apresentar para turma o seu Mapa Conceitual.
- Realizar o Questionário Prévio pela Segunda vez.

**APÊNDICE B – ATIVIDADES DA SEQUÊNCIA UTILIZADAS NO FORMATO IMPRESSO DURANTE A APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL**

Nome: \_\_\_\_\_

Data: \_\_\_\_\_

**Questionário Prévio**

a) Assinale as ferramentas que você conhece

**Martelo**



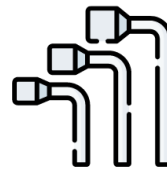

**Manivela**




**Chave de Fenda**




**Chave de Roda**



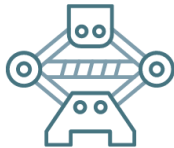

**Chave de Boca**




**Alicate**




**Macaco Mecânico**




**Macaco Hidráulico**




**LANTERNA**




**TALHADEIRA**





**b) Você já usou alguma das ferramentas? Quais?**

---

---

**c) Por que a chave de roda é em "L"?**

---

---

**d) O que você entende por Força?**

---

---

**e) Por que é mais fácil girar um eixo usando uma manivela do que girar manualmente?**

---

---

**f) Você já ouviu falar em "braço de alavanca"? Explique:**

---

---

**g) Quando criança você já deve ter brincado de gangorra. Como vocês faziam para equilibrar uma gangorra?**

---

---

**h) Qual sua opinião em relação a posição da fechadura das portas, por que ficam na outra extremidade em relação às dobradiças?**

---

---

**i) O que você entende por Torque?**

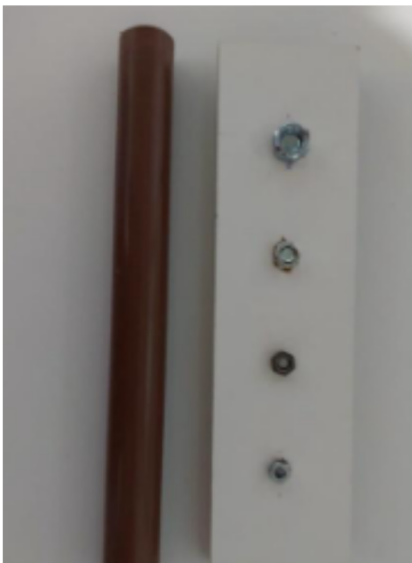
---

---

## Atividade 1: Investigando a natureza do Torque

**Nome dos integrantes do grupo:**

- (1): \_\_\_\_\_  
(2): \_\_\_\_\_  
(3): \_\_\_\_\_  
(4): \_\_\_\_\_  
(5): \_\_\_\_\_



**Nesta atividade vamos realizar um experimento para investigar a natureza e o conceito de torque. Os materiais a serem empregados são: placas de madeira, parafusos, porcas e cano de PVC. A Figura 1 ilustra a montagem da atividade, onde temos a placa de madeira com quatro parafusos de tamanhos diferentes fixados na mesma e um cano de PVC, que será usado como braço de alavanca.**

**Figura 1: Placa de madeira com parafuso, porca e cano de PVC.(autoria própria.)**

**Procedimento: Em grupos de 4 ou 5 alunos, a tarefa consiste em avaliar as placas de madeira com parafuso fornecidas pelo(a) professor(a). A tarefa consiste em tentar afrouxar a porca de cada parafuso usando apenas suas próprias mãos, bem como com auxílio de chaves de diferentes tipos. Teste a força necessária para afrouxar a porca fixa no parafuso.**

## Problematização:

**a) Foi possível afrouxar a porca do parafuso usando apenas a força dos dedos da mão? Explique.**

---

---

**b) Quais os procedimentos empregados para afrouxar a porca? O que é preciso para afrouxar a porca? Quais as ferramentas utilizadas?**

---

---

**c) É necessário fazer muita ou pouca força para afrouxar a porca? Explique.**

---

---

**d) O que acontece quando aumentamos o comprimento do cabo da chave?**

---

---

**e) A partir da discussão feita, como você definiria FORÇA e TORQUE?**

---

---

**Atividade de Leitura e Vídeo: Leitura e discussão em grupo das Lições 11 e 26 - Leituras de Física do GREF. O GREF - Grupo de Reelaboração do Ensino de Física.**

**Vídeo de Como trocar pneu de um carro sem fazer força desnecessária: Temos essas opções: <https://youtu.be/vhiuA9vOf40>, <https://youtu.be/ZBpHRPLo4HY>, <https://youtu.be/pRpq8Pble7Q>.**

## Demonstração 1: Testando a Força para abrir uma porta

**Nomes dos integrantes do grupo.**

(1): \_\_\_\_\_

(2): \_\_\_\_\_

(3): \_\_\_\_\_

(4): \_\_\_\_\_

(5): \_\_\_\_\_

Consiste em demonstrar a aplicação de um torque para abrir e fechar a porta da sala de aula. O professor(a) fica em frente a porta posicionando-se com ângulos de  $90^\circ$ ,  $45^\circ$  e  $180^\circ$  em relação ao plano da porta. Para cada posição (conforme o ângulo) o professor executa o movimento de abrir e fechar a porta. A partir do experimento busca-se a constatação de que uma mesma força produz torques diferentes de acordo com o ângulo de aplicação da força. Além disso, pode-se discutir sobre o porquê das fechaduras estarem na extremidade oposta da porta, ou seja, distantes de onde a porta está fixa pelas dobradiças. Também é oportuno apresentar a Regra da Mão Direita para determinar o sentido do Torque quando a porta abre e fecha, questionando em que sentido e direção está o Torque.

**Problematização:**

**a) Nesta demonstração, foi exercido um Torque? Explique.**

---

---

**b) Em qual das posições angulares foi mais fácil abrir a porta? Por que?**

---

---

**c) Existe relação entre o abrir da porta e afrouxar os parafusos na aula anterior?**

---

---

## Atividade 2: Torque e Equilíbrio Estático

**Nomes dos integrantes do grupo.**

(1): \_\_\_\_\_

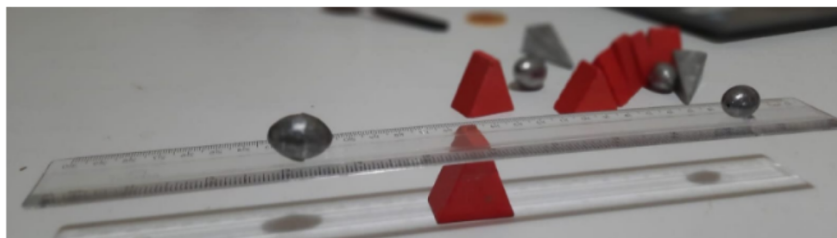
(2): \_\_\_\_\_

(3): \_\_\_\_\_

(4): \_\_\_\_\_

(5): \_\_\_\_\_

**Nesta atividade será introduzido o conceito de Equilíbrio Estático. Os materiais a serem empregados nessa atividade são: régua, trena, barbante, peso, gangorra, borracha e pesos trazidos pelo professor(a).**



**Figura 2: Régua em equilíbrio, com chumbada de 20g e 40g. Autoria Própria.**

**Procedimento - Parte 1: "Quem nunca brincou em equilibrar a régua escolar com os dedos?" Em grupos de 4 ou 5 alunos, esta tarefa consiste em testar o equilíbrio de uma régua sobre o dedo. Inicialmente teste o equilíbrio da régua usando o próprio dedo como suporte para a mesma. Comecem a testar com materiais escolares diversos as situações em que a régua fica equilibrada.**

## Problematização do Procedimento 1:

**a) Quais as possibilidades que estão encontrando para chegar ao equilíbrio da régua, considerando a relação entre os objetos e a distância que os mesmos se encontram em relação ao dedo?**

---

---

**b) A partir disso, anotem as formas diferentes que encontraram para chegar ao equilíbrio, que será necessário, pois iremos comparar com a próxima atividade que será realizada no pátio da escola.**

---

---

**Procedimento - Parte 2: Nesta etapa iremos empregar como apoio para a régua e os blocos triangulares fornecidos ao grupo (Figura 2). A tarefa consiste em testar com as diferentes massas ( chumbadas de 20g e 40g) situações variadas em que a régua pode ser equilibrada, anotando os valores das massas (pesos) e das medidas na régua em que os pesos estão posicionados em relação ao ponto de apoio da régua no bloco triangular. Colocando a mesma centralizada em um deles e outros dois em cada extremidade da mesma, então executar as seguintes tarefas:**

## Problematização do Procedimento 2:

**a) Em quais posições o peso é mais fácil manter a régua em equilíbrio na horizontal? Explique**

---

---

**b) Colocar chumbadas com a mesma massa e mesma distância do centro. Verificar se conseguem o equilíbrio. Anotar a distância em que conseguiram obter o equilíbrio da régua.**

---

---

**c) Colocar a mesma massa, porém com chumbadas de diferentes formas e mesma distância do centro. Anotar a distância em que conseguiram obter o equilíbrio da régua.**

---

---

**d) Colocar massas diferentes e testar a distância que as mesmas devem estar do centro, para chegar ao equilíbrio. Anotar as distâncias em que conseguiram obter o equilíbrio da régua.**

---

---

**Procedimento - Parte 3: Dando continuidade a atividade vamos agora testar as condições de equilíbrio aplicadas à gangorra do pátio da escola. Cada grupo deve escolher dois colegas para ficar em cima da gangorra. Primeiramente, com auxílio de uma balança determina-se o peso de cada colega. A partir disso os colegas voluntários devem posicionar-se sobre a gangorra verificando as possibilidades de chegar ao equilíbrio, modificando as posições em que se encontram sentados sobre a gangorra. Com auxílio de uma trena mede-se as posições (distância do eixo de rotação) em que o voluntário está sentado na situação de equilíbrio.**

### Problematização do Procedimento 3:

**a) Quando a gangorra sobe e desce existe Torque? Em que sentido? Explique.**

---

---

**b) Qual o peso dos estudantes que ficaram em cima da gangorra? Vocês percebem alguma relação entre os colegas e a distância que os mesmos estão do eixo da gangorra?**

---

---

**c) Quais as posições medidas que os estudantes estavam sentados na situação de equilíbrio da gangorra?**

---

---

**d) Multiplique os valores dos pesos pela posição de cada colega. Qual o valor em cada caso? Os valores são iguais? Como você interpreta esse fato?**

---

---

**e) Existe alguma relação entre a situação de equilíbrio da gangorra e os torques aplicados em cada lado da gangorra?**

---

---



### Atividade 3: Testando as condições de equilíbrio num simulador virtual.

**Nomes dos integrantes do grupo.**

(1): \_\_\_\_\_

(2): \_\_\_\_\_

(3): \_\_\_\_\_

(4): \_\_\_\_\_

(5): \_\_\_\_\_

Nesta atividade iremos aplicar novamente os conceitos de torque e equilíbrio através do uso de um simulador virtual (Figura 3). O simulador permitirá testar as intuições sobre torque e equilíbrio bem como avaliar quantitativamente as expressões matemáticas que descrevem as condições de equilíbrio de um corpo extenso. Ou seja, para uma situação de equilíbrio, o Torque resultante deve ser nulo. Isto é expresso na igualdade:  $F_1 \cdot d_1 = F_2 \cdot d_2$



Figura 3: Captura de tela do Simulador Phet. Balançando 1.1.33

**Procedimento:** Utilizando um computador (ou smartphone) com acesso a internet acesse o link (Balançando 1.1.33) para abrir o simulador de equilíbrio da gangorra. No simulador em “Mostrar” acione os marcadores de massa e força dos objetos. Em “Posição” acione as marcações da régua. A partir disso, posicione os diferentes objetos (extintor de incêndio e lixeira) sobre a gangorra e determine as posições em que ocorre o equilíbrio horizontal da gangorra.

**Problematização:**

**a) O que o grupo percebe que é necessário para chegar ao equilíbrio?**

---

---

**b) Existe relação com os experimentos que realizamos com a régua e a gangorra no pátio da escola? Explique.**

---

---

**c) Explique com suas palavras a Fórmula citada acima.**

---

---

**d) Colocando o extintor de 5 kg na posição de 2 metros da régua. Onde deve-se posicionar a lixeira de 10 kg para atingir o equilíbrio?**

---

---

## Atividade 4: Desafio de Massa (Hewitt)

**Nomes dos integrantes do grupo.**

(1): \_\_\_\_\_

(2): \_\_\_\_\_

(3): \_\_\_\_\_

(4): \_\_\_\_\_

(5): \_\_\_\_\_

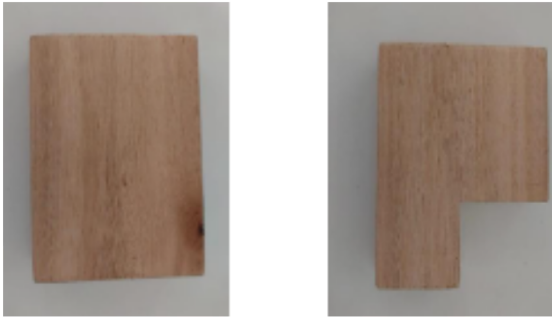


Figura 4: Placas de madeira usadas na atividade 4. (autoria própria).

**Procedimento - Parte 1:** Cada grupo, 4 ou 5 alunos, têm a tarefa de determinar o centro de massa do bloco regular (retângulo) e do bloco irregular. Para o bloco regular isso é feito traçando duas linhas diagonais que ligam cada vértice do retângulo. O ponto de intersecção das linhas assinala a localização do centro geométrico do bloco e conseqüentemente o seu centro de massa. Para determinar o centro de massa do bloco irregular é preciso empregar o fio de prumo. Para tanto prega-se um prego em dois vértices do bloco irregular. Em seguida, usando o fio de prumo, pendurem o fio de prumo ao prego e ergam o bloco através do prego. O fio prumo indicará a linha vertical que deve ser assinalada no bloco. O mesmo procedimento é feito para o vértice oposto ( obs.: o centro de gravidade/centro de massa de um corpo está localizado sobre a linha vertical abaixo do ponto de suspensão do corpo). Por fim, o ponto onde as duas linhas "diagonais" traçadas no bloco se encontram indica o centro de massa do bloco. **Materiais utilizados:** bloco de madeira retangular, bloco de madeira irregular, prumo, pregos, martelo, régua e um lápis (Figura 4).

## ATIVIDADE 5: CONSTRUÇÃO DO MAPA CONCEITUAL.

**Nomes dos integrantes do grupo.**

(1): \_\_\_\_\_

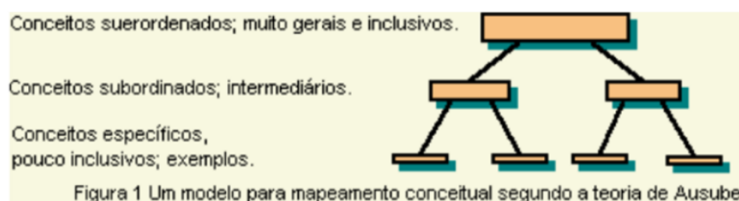
(2): \_\_\_\_\_

(3): \_\_\_\_\_

(4): \_\_\_\_\_

(5): \_\_\_\_\_

**PROCEDIMENTO:** Em grupos vocês terão a tarefa de construir um mapa conceitual sobre a temática trabalhada, seguindo os seguintes passos:



**Figura:** Modelo de mapa conceitual. Fonte: <http://www.if.ufrgs.br/cref/mapas/>

- **O grupo poderá escolher um modelo de mapa conceitual ou se preferir realizar um de autoria própria.**
- **O mapa conceitual deve contemplar todos conteúdos, ou seja conceitos, exemplos e fórmulas.**
- **Cada grupo deverá apresentar para turma o seu Mapa Conceitual.**

**PROBLEMATIZAÇÃO 1: Usando seus smartphones realizem uma pesquisa sobre as seguintes questões:**

**a) O que é Ponto Médio de uma figura geométrica não plana?**

-----  
-----

**b) O que é Centro de Massa de um Corpo?**

-----  
-----

**c) O que é centro de gravidade de um corpo?**

-----  
-----

**d) O que é Prumo?**

-----  
-----

**e) Por que foi necessário empregar o fio prumo para determinar o centro de massa do bloco irregular?**

-----  
-----

**Procedimento - Parte 2: Vamos agora verificar a estabilidade de cada bloco (retangular regular e bloco irregular). Primeiramente prega-se um prego no centro de massa/centro de gravidade de cada bloco. Em seguida o fio prumo é pendurado no prego fixo ao centro de massa/centro de gravidade. Posicionando os blocos em diferentes posições apliquem uma força lateral acima do centro de massa que vise “tombar” o bloco. Registrem o que aconteceu em cada bloco e posição dos mesmos.**

**PROBLEMATIZAÇÃO:**

**a) O que queremos dizer com a estabilidade de um corpo (bloco)?**

-----  
-----

**b. Qual dos blocos apresentou maior estabilidade frente a tentativa de tombamento?**

-----  
-----

**c. Em qual posição dos blocos foi necessário aplicar mais força? Explique.**

-----  
-----

**d. Quando os blocos tombaram, a partir de que momento?**

-----  
-----

**e. Em qual posição o bloco irregular foi menos estável? Explique.**

-----  
-----

**f. Qual a relação entre estabilidade do bloco, centro de massa/centro de gravidade e torque aplicado?**

-----  
-----