

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA
PPGECM - UPF

ITINERÁRIO DIDÁTICO PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS A PARTIR DE UMA ABORDAGEM INVESTIGATIVA

Altair José Fontana
Cleci Teresinha Werner da Rosa



UPF

PPGECM - PROGRAMA
DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA



UPF

EDITORA

30
ANOS



UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO

Bernadete Maria Dalmolin

Reitora

Edison Alencar Casagrande

Pró-Reitor Acadêmico

Antônio Thomé

Pró-Reitor de Planejamento e Desenvolvimento Institucional

UPF Editora

Editor

Adriano Pasqualotti

Revisão

Cristina Azevedo da Silva

Júlia Bortolin dos Santos

Programação visual

Rubia Bedin Rizzi

Conselho Editorial

Dr. Adriano Pasqualotti

Universidade de Passo Fundo

Dr. Carlos Amaral Hölbig

Universidade de Passo Fundo

Dr. Claudio Almir Dalbosco

Universidade de Passo Fundo

Dr. Dirk Stederoth

Universität Kassel

Dr. Edson Campanhola Bortoluzzi

Universidade de Passo Fundo

Dr. Orlando Mauricio Duran Acevedo

Pontificia Universidad Católica de Valparaíso

Dra. Vanina Cravero

Universidad Nacional de Rosario

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA
PPGECM - UPF

ITINERÁRIO DIDÁTICO

PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS

A PARTIR DE UMA ABORDAGEM INVESTIGATIVA

Altair José Fontana
Cleci Teresinha Werner da Rosa

2025

Copyright dos autores

Júlia Bortolin dos Santos
Revisão

Rubia Bedin Rizzi
Projeto gráfico, diagramação e capa

Criada com o uso de IA a partir de prompt editorial
Imagem da capa

Este livro, no todo ou em parte, conforme determinação legal, não pode ser reproduzido por qualquer meio sem autorização expressa e por escrito dos autores. A exatidão das informações, das opiniões e dos conceitos emitidos, bem como das imagens, das tabelas, dos quadros e das figuras, é de exclusiva responsabilidade dos autores.

CIP – Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

F679i Fontana, Altair José
Itinerário didático para o ensino de ciências a partir de uma
abordagem investigativa [recurso eletrônico] / Altair José
Fontana, Cleci Teresinha Werner da Rosa. – Passo Fundo:
EDIUPF, 2025.
3.700 Kb ; PDF.

Inclui bibliografia.

Modo de acesso gratuito: www.upf.br/upfeditora.

ISBN 978-65-5607-100-8 (E-book).

DOI: 10.5335/9786556071008.

1. Ciências da natureza (Ensino médio) – Pesquisa.
2. Prática de ensino. 3. Aprendizagem significativa. I. Rosa,
Cleci Teresinha Werner da. II. Título.

CDU: 372.857

Bibliotecário responsável Schirlei T. da S. Vaz - CRB 10/1364



Campus I, BR 285, Km 292,7, Bairro São José
99052-900, Passo Fundo, RS, Brasil
Telefone: (54) 3316-8374



*“Ensinar não é transferir conhecimento, mas
criar as possibilidades para a sua própria
produção ou a sua construção.”
(FREIRE, 1996, p. 47)*



SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	7
PALAVRAS INICIAIS.....	9
CONTEXTUALIZAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL	11
ITINERÁRIO DIDÁTICO ASSOCIADO À SEI-RCP-ACP	15
ATIVIDADE 01	21
ATIVIDADE 02.....	33
ATIVIDADE 03	45
ATIVIDADE 04	54
ATIVIDADE 05	61
ATIVIDADE 06	69
RELATO DA APLICAÇÃO	76
REFERÊNCIAS.....	79
- APÊNDICE A - RESPOSTAS	81
APRESENTAÇÃO DOS AUTORES.....	91

APRESENTAÇÃO

Este produto educacional está associado à tese de doutorado profissional intitulada “Ensino de Ciências da Natureza na perspectiva do Educar pela Pesquisa: proposta de um itinerário didático”, de autoria de Altair José Fontana e orientação da Dra. Cleci Teresinha Werner da Rosa, desenvolvida no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade de Passo Fundo (UPF), RS.

Consiste em um material de apoio para professores de Ciências da Natureza do ensino médio, orientado a promover a pesquisa em sala de aula por meio de uma abordagem investigativa. Para isso, toma-se como referencial teórico o Educar pela Pesquisa, relacionado a uma abordagem investigativa que propõe um itinerário didático, composto por um conjunto de etapas estruturantes de atividades para as disciplinas de Ciências da Natureza. Esse itinerário didático é apresentado com seus referenciais teóricos e exemplificado por meio da organização de seis atividades que buscam a investigação em sala de aula.



O Educar pela Pesquisa pretende promover o conhecimento a partir de um processo que incentiva professor e aluno a serem agentes do processo educativo, cada um em seu espaço. Ao professor, cabe a organização de uma prática pedagógica voltada à pesquisa; ao aluno, o protagonismo da ação investigativa, da comunicação/socialização e da interação com os colegas.

A partir dessa perspectiva, o apresentado neste material de apoio a professores estrutura-se em seções, nas quais inicialmente é trabalhado de forma breve o referencial teórico que subsidia a proposta do itinerário didático; na sequência, as etapas que constituem o itinerário são descritas; depois, são apresentadas as seis atividades organizadas no material; e, ao final, é apresentado um relato sintetizado da aplicação de quatro das seis atividades mencionadas.

O itinerário didático proposto neste material foi aplicado com uma turma de primeiro ano do ensino médio de uma escola pública estadual de Santa Catarina. Das seis atividades trazidas aqui, três foram aplicadas, totalizando 16 encontros e 27 horas/aula. Na tese que deu origem a este produto educacional, são descritos detalhadamente o processo de construção do itinerário didático, sua operacionalização no contexto escolar, a aplicação das atividades na escola campo de investigação e os resultados da pesquisa desenvolvida.

O material aqui apresentado na forma de texto de apoio a professores é de livre acesso, gratuito, apresenta possibilidade de adaptação a diferentes realidades. Além disso, o produto educacional está disponível na página do programa e no portal EduCapes.

PALAVRAS INICIAIS

AOS PROFESSORES DO ENSINO DE CIÊNCIAS DA NATUREZA DO BRASIL!

Apresentaremos neste material de apoio um itinerário didático, exemplificando sua operacionalização em seis atividades realizadas com uma turma de primeiro ano do ensino médio. Esse itinerário didático toma como referência a Sequência de Ensino por Investigação – SEI, desenvolvida por Anna Maria Pessoa de Carvalho, associando-se ao Educar pela Pesquisa na voz de Pedro Demo, especialmente por meio da Reconstrução do Conhecimento pela Pesquisa (RCP). O objetivo do itinerário didático é oportunizar aos estudantes o desenvolvimento mediante a investigação da Autonomia, Competência e Pertencimento (ACP).

Em cada uma das seis atividades propostas, tomamos o cuidado de tornar o conteúdo um momento fascinante aos estudantes, despertando a curiosidade



em reconstruir novos conhecimentos e enriquecendo a linguagem científica num contexto escolar que prioriza a pesquisa. Briccia (2022, p. 112) destaca:

Uma aula com características investigativas favorece a construção do conhecimento pelo diálogo, a argumentação dos estudantes, as interações professor-aluno e aluno-aluno, a avaliação dos processos de ensino, entre outros fatores.

O apresentado neste material não tem a pretensão de ser um receituário ou algo definitivo, mas de trazer possibilidades para organizar a ação do professor. Para isso, utilizamos destaques ao decorrer do texto na forma de diálogo com o professor, de maneira a chamar sua atenção sobre possibilidades e cuidados que precisa ter ao desenvolver as atividades em seu contexto educativo.

Por fim, mencionamos que a perspectiva da investigação deste trabalho associa as leituras teóricas do Educar pela Pesquisa à experiência do primeiro autor como professor de Ciências. Essa experiência está relacionada às ações didáticas dentro de um modelo de ensino construtivista e orientado pela investigação. As atividades desenvolvidas ao longo dos anos se apoiam na promoção da pesquisa, da investigação e da (re)construção do conhecimento, a partir do envolvimento ativo dos estudantes. Essa experiência, somada às leituras teóricas, foi traduzida na proposta do itinerário didático operacionalizado na tese de doutorado, cujo produto educacional discutimos na continuidade.

CONTEXTUALIZAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

A criação de ferramentas para facilitar a execução das tarefas cotidianas e garantir a sobrevivência da humanidade é resultado da inquietude e da capacidade dos seres humanos de pensar, observar, investigar e pesquisar, desde os primórdios de sua existência no planeta Terra. O cérebro altamente desenvolvido e a presença do polegar opositor permitiram ao homem o manuseio de diferentes materiais e a construção de diversos objetos, elevando-o ao topo da cadeia animal e possibilitando sua dominação e vida em todos os habitats do planeta Terra, além de sua exploração do espaço fora da atmosfera na história recente.

Ao longo de sua existência, o homem desenvolveu diversificadas tecnologias, melhorando as chances de continuidade da espécie. O pesquisar e investigar está no DNA dos seres humanos, sendo que a base de todo conhecimento construído e disponível é decorrente das pesquisas e de seus registros em todos os campos do conhecimento. Galliano (1979, p. 8) enfatiza que:



Sem a contribuição do conhecimento anterior, acumulado por nossos antepassados em séculos e séculos de observação, pesquisa e experimentação, estaríamos ainda vivendo como animais selvagens.

A criação da escrita começou a partir do momento em que a fala mostrou-se limitada enquanto ferramenta de transmissão do conhecimento para as gerações subsequentes. As vantagens das pesquisas escritas é que poderiam ser consultadas a qualquer momento da história, possibilitando que pessoas em diferentes épocas consultassem a diversidade de conhecimento, de maneira a reinventá-los e qualificá-los. Assim, agregamos eficiência nos novos produtos tecnológicos, como ferramentas de caça, panelas de barro resistentes a altas temperaturas e máquinas modernas para a produção industrial em grande escala.

Considerando o exposto, construímos um produto educacional embasado no Educar pela Pesquisa, com uma abordagem investigativa de aplicação no ensino médio e relacionada à área de Ciências da Natureza. O proposto busca promover espaços onde o aluno possa ser responsável pelo processo de construção dos conhecimentos, movendo-o para o desenvolvimento da linguagem e alfabetização científica, frente a uma sociedade cada vez mais tecnológica e exigente.

Freire (1996, p. 29) ressalta: “Não há ensino sem pesquisa e pesquisa sem ensino”. O ensino tradicional tem se mostrado preso à mera transmissão de conteúdos prontos, limitando o aluno ao papel de um copiator passivo. Como aponta Frison (2002, p. 145),

[...] o aluno se acomoda à facilidade das aulas expositivas, copiadas e ao ensino tradicional. Desse modo, ele apenas decora aquilo que o professor solicita. O refrão *isto cai na prova* acompanha a fala do professor.

Sem o intuito de depreciar o trabalho pedagógico dos docentes que utilizam essa metodologia de ensino, queremos sensibilizá-los a mudar os paradigmas, assim qualificando seu fazer pedagógico. Demo (1996, p. 1) reforça a importância do Educar pela Pesquisa, definindo-o como um:

[...] processo de formação da competência humana com qualidade formal e política, encontrando-se, no conhecimento inovador, a alavanca principal da intervenção da ética.

O Educar pela Pesquisa permite ao professor desenvolver com seus alunos um ensino investigativo, no qual ele atua como um orientador. Moraes (2002, p. 127) realça que:

A educação pela pesquisa é uma modalidade de educação voltada à formação de sujeitos críticos e autônomos, capazes de intervir na realidade com qualidade formal e política.

A ideia central proposta no produto educacional aqui apresentado é capacitar professor e alunos a serem sujeitos ativos da reconstrução dos conhecimentos por meio da pesquisa.

Se quisermos que nossos alunos tenham algum sucesso na sua vida futura – seja ela do tipo que for: científica, religiosa, intelectual... –, *é fundamental e indispensável* que aprendam a pesquisar. E só aprenderão a pesquisar se os professores souberem ensinar (Bagno, 2014, p. 21).

O Ensino por Investigação, quando conduzido com responsabilidade pelo docente, pode contribuir com a formação dos estudantes, especialmente com suas

aprendizagens, conduzindo os alunos ao sentimento de autonomia, competência e pertencimento. O professor de Ciências da Natureza pode, gradativamente, recorrer à investigação como forma de tornar as aulas mais envolventes e criativas. Isso desperta nos alunos o espírito investigativo e a capacidade de reelaborar conhecimentos científicos, elevando a compreensão das teorias e conceitos da Ciência e qualificando sua linguagem científica, o que se reflete em aprendizagem significativa. Nesse contexto, os professores serão os mediadores do processo e desempenharão um papel fundamental na reconstrução do conhecimento científico. Demo (2015, p. 35) afirma que:

[...] cabe ao professor competente vislumbrar as maneiras de fazer a passagem segura entre o mero aprender e o aprender a aprender.

Por meio do Ensino por Investigação, podemos lograr êxito na aprendizagem, especialmente quando o professor assume seu papel de organizador do ambiente, de forma que todos os envolvidos façam leituras de textos científicos, pesquisem na internet, assistam a vídeos, realizem experimentos no laboratório de ciências e aulas de campo, passeiem em florestas, colem dados, filmem, fotografem, criem e refutem hipóteses, comparem dados, desenhem, confrontem ideias, questionem, elaborem textos e dialetizem nos grupos os conhecimentos reconstruídos ao longo da realização da pesquisa. Demo (2015, p. 146, grifo nosso) aponta que: “A equação, em si, parece simples: **para o estu-**

dante aprender bem, é preciso ter professor que aprende bem”.

O Educar pela Pesquisa é uma alternativa de ensino que contrasta com a metodologia tecnicista que, de certa forma, robustece o sistema econômico. Composto por minorias detentoras dos principais meios de produção do mercado nacional e mundial, ele necessita de seres humanos acrílicos e de mão de obra barata para sustentar o servilismo, mantenedor do seu funcionamento. A educação escolar é, para a maioria dos seres humanos, a principal possibilidade de ascensão social, visto que vivemos numa sociedade capitalista, excludente e altamente seletiva. Sendo assim, a concepção epistemológica e a metodologia utilizada pelo professor podem ser o fator crucial na formação de cidadãos críticos, autônomos e transformadores, capazes de intervir no meio em que vivem e conquistar sua liberdade por meio do domínio do conhecimento.

Partindo desse pressuposto e em concordância com as experiências vividas no contexto escolar ao longo da vida acadêmica como docente do ensino de Ciências, percebemos que existem insuficiências no ensino-aprendizagem. Assim, esse processo demanda a necessidade de mudanças na metodologia e nas concepções epistemológicas de ensino, no sentido de ressignificar a maneira de trabalhar os conteúdos das disciplinas de Ciências da Natureza, inovando e tornando-os mais atrativos, significativos e produtivos para os alunos, além de fazer o trabalho docente mais eficiente.

Nesse contexto, elaboramos um produto educacional cuja proposta é introduzir o Educar pela Pesquisa em uma abordagem investigativa, envolvendo um itinerário com sequências didáticas. Essas sequências representam uma ampliação do apresentado nos estudos de Anna Maria Pessoa de Carvalho, e pretendemos que sirvam de orientação para o professor desenvolver o que denominamos de “três possíveis situações de aulas que envolvem problemas de pesquisa”, isto é: problemas experimentais, demonstrações investigativas e problemas não experimentais. Especificamente em relação aos problemas não experimentais, destacamos, conforme Carvalho (2022, p. 14), que as etapas necessárias para a construção do conhecimento incluem “resolução do problema pelos grupos, sistematização do conhecimento elaborado e trabalho escrito sobre o

que fizeram”. Essas etapas são aplicáveis a diferentes tipos de situações-problema, propiciando a integração e sistematização da aprendizagem.

Existem atividades investigativas que são realizadas por meio de recortes de textos e gravuras em revistas, de reportagens de jornais, da análise de rótulos com as propriedades nutricionais nas embalagens de alimentos industrializados, da interpretação de artigos científicos, e da análise de tabelas e gráficos, que não requerem a realização de experimentos no laboratório de Ciências da Natureza (Carvalho, 2022).

Tal compreensão possibilitou criarmos um itinerário didático apoiado na Reconstrução do Conhecimento pela Pesquisa com Autonomia, Competência e Pertencimento (SEI-RCP-ACP), o que discutiremos a seguir.

ITINERÁRIO DIDÁTICO

ASSOCIADO À SEI-RCP-ACP

O itinerário didático elaborado para este produto educacional pode ser utilizado nas disciplinas de Ciências da Natureza, com organização de etapas que possibilitam ao professor explorar o conteúdo e a ter os alunos como sujeitos protagonistas. Esses alunos estão no centro do processo de aprendizagem e são parceiros de trabalho em sala de aula, o que possibilita despertar neles o senso da curiosidade, levantar, refutar e assumir hipóteses, eliminar variáveis que não interferem na solução do problema. Além disso, o elaborado neste material busca motivar a realização de atividades que estimulam o raciocínio, a coleta de dados, a busca por informações nos mais diversos recursos físicos e digitais, a dúvida associada a contextos de verdades absolutas do conhecimento científico, comparar, confrontar, discutir com os pares, melhorar o letramento científico e aprender ciências, assim defendendo com autodeterminação a vasta gama de informações que, às vezes, são duvidosas.

O Educar pela Pesquisa apresenta a potencialidade de incentivar o estudante



na construção da autonomia, na argumentação e na competência de elaborar novos conhecimentos científicos, a partir dos conhecimentos prévios oriundos de suas vivências, intercedidos pelo professor. As propostas didáticas ancoradas nessa perspectiva buscam contribuir para a formação de um sujeito criativo e inovador, com capacidade de avaliar constantemente as produções realizadas, constatar possíveis erros, interpretar e orientar os envolvidos no processo de ensino-aprendizagem, visando a reconstruir conhecimentos científicos.

Segundo Carvalho (2022), uma Sequência de Ensino Investigativa – SEI inicia com uma *situação-problema* (teórico ou experimental), seguido por uma *sistematização* mediante um texto escrito, que pode gerar uma nova discussão relacionada ao problema de pesquisa inicial. Em seguida, uma terceira atividade deve ser realizada, que é a *contextualização* do conhecimento ligado ao cotidiano dos alunos. Para finalizar, realiza-se uma atividade de *avaliação*, organizada para finalizar o ciclo.

Partindo desse estudo, acrescentamos novas etapas que possibilitam ao professor aplicá-las em sua ação pedagógica, permitindo a participação ativa do aluno com autonomia na elaboração e (re)elaboração do seu conhecimento científico. Na essência deste material educativo, reconhecemos no professor o sujeito que, continuamente, avalia e orienta os alunos, motivando-os constantemente a pesquisar e elaborar conhecimentos científicos (Demo, 2015). No embasamento teórico da tese, ressaltamos os pressupostos cru-

ciais que sustentam os fundamentos do Educar pela Pesquisa, preconizados por Pedro Demo. O contexto escolar com pesquisa favorece o processo de alfabetização científica, que proporciona aos alunos o desenvolvimento da autonomia, de modo a participar e intervir com propriedade em discussões científicas na sociedade.

O itinerário didático desenvolvido é constituído de um conjunto de etapas que buscam organizar o trabalho do professor, trazendo as ações que ele deve realizar e as que são de competência dos alunos. Esse itinerário funciona como um planejamento das atividades, de modo que cada uma delas foi pensada e projetada para enfatizar a pesquisa como aspecto central. A pesquisa envolve desde as ações do professor, como o estabelecimento do objetivo da aula, até as atividades de socialização do conhecimento produzido por parte dos estudantes, passando por etapas que integram a investigação científica. O aspecto central é o desenvolvimento da ação, que no itinerário está representado pelo procedimento da atividade e que envolve a etapa da “mão na massa”, ou seja, o momento em que o aluno efetivamente se prepara e procede a ação compartilhada com seus colegas, socializando com os demais. As etapas foram pensadas a partir de uma organização didática que incentiva os estudantes a buscar o conhecimento, a planejar e desenvolver sua ação, a discutir e socializar os resultados, bem como a avaliar esses conhecimentos produzidos.

Ainda com relação ao itinerário didático, retomamos a fala de que ele se apoia na

perspectiva do Educar pela Pesquisa, trazendo a abordagem investigativa para a sala de aula. A partir desse entendimento, criamos uma sigla para expressar os aspectos centrais do itinerário, a **SEI-RCP-ACP**, em que SEI é alusivo a uma Sequência de Ensino Investigativa, como discutido por Carvalho (2022); RCP é referência ao Educar pela Pesquisa, com ênfase na Reconstrução do Conhecimento, a partir da perspectiva de Demo (2015); e ACP é um diferencial do

estudo que agrega conforme a Teoria da Autodeterminação, indicando que, para o ser humano ter um desenvolvimento saudável e alcançar o bem-estar, é necessário satisfazer algumas necessidades psicológicas básicas, também chamadas de organísmicas, que são: **pertencimento, competência e autonomia** (Clement, 2013).

O Quadro 1 descreve cada etapa que constitui o itinerário didático denominado SEI-RCP-ACP.

Quadro 1 – Etapas do itinerário didático

(continua...)

Etapas	Descrição
I. Objetivos estabelecidos	Meta a alcançar e organização do conhecimento. Os objetivos devem estar constantemente presentes na consciência do professor, pois são o que guia sua ação pedagógica e o processo da avaliação da aprendizagem. Nérici (1983, p. 59) acentua: “Os objetivos instrucionais referem-se ao que se deseja alcançar, por meio do ensino, a curto prazo, através da ação didática relacionada com a execução de uma unidade ou subunidade referente a uma área de ensino ou disciplina curricular”. Podemos inferir que não há ação didática sem estabelecer objetivos e as metas a serem alcançadas.
II. Metodologia da atividade	Instruções iniciais para apresentação do conteúdo. O processo de aprendizagem está intimamente ligado à metodologia de ensino utilizada pelo professor em sua ação pedagógica. Os métodos e técnicas são os instrumentos de ensino que auxiliam o professor a atingir êxito nos objetivos estabelecidos, meio pelo qual ele conduz os alunos a alcançarem resultados satisfatórios na aprendizagem.
III. Situação-problema	Apresentação da tarefa desafiadora, que pode ser na forma de uma atividade experimental, demonstração investigativa ou problemas não experimentais. Uma questão de pesquisa ou situação-problema proposta aos grupos de trabalho é colocar os alunos numa posição de parceiros de trabalho, que incentiva a ação para a pesquisa e os qualifica a serem elaboradores de conhecimento.
IV. Hipóteses	As hipóteses são essenciais, pois ajudam a orientar a pesquisa, fornecendo uma estrutura clara e uma direção específica para investigar uma situação-problema. Elas não são garantia da verdade científica, mas desempenham um papel fundamental no processo de busca de informações, sugerindo a realização de experimentos e observações mais consistentes. Assim, fornecem estrutura, direção e uma base sólida para a investigação e análise. Ao abraçar a hipótese assumida, os grupos de trabalho a encaram como uma provável explicação para a situação-problema em questão, buscando reunir elementos para corroborá-la ou questioná-la.
V. Materiais	Relação dos materiais necessários para a realização das atividades, especialmente quando se trata de uma atividade experimental. No planejamento das atividades propostas, o professor deverá listar de forma organizada os materiais que serão utilizados. Quando as atividades forem experimentais, é importante que o professor organize o laboratório e os materiais didáticos com antecedência, além de acompanhar a realização das atividades experimentais com a finalidade de orientar os alunos e evitar possíveis acidentes.

VI. Etapas das ações do professor e aluno	<p>Tarefa do professor – Conjunto de ações a serem organizadas pelo professor.</p> <p>Ao professor, cabe um conjunto de atividades que possibilitem organizar a atividade de modo a ter o objetivo bem definido; dominar o conteúdo que pretende ensinar; conversar com os alunos sobre conhecimentos e experiências que eles trazem para a sala de aula; saber associá-los a aspectos da realidade, bem como relacioná-los aos conteúdos do currículo escolar; ficar atento às perguntas elaboradas pelos alunos em sala de aula; instigar e aguçar nos alunos o senso da curiosidade; mediar conflitos; incentivar a socialização dos alunos; criar estratégias que levem os alunos a pensarem e reconstruírem conhecimento. Por isso, é indispensável que o professor planeje suas aulas com cuidado, assegurando sua autoridade no processo educativo. Nesse sentido, Freire (1996) ressalta que a autoridade docente está diretamente ligada à competência profissional, pois a falta dela acaba desqualificando o educador perante seus alunos.</p>
	<p>Tarefa dos alunos – Conjunto de tarefas de competência dos alunos.</p> <p>Ao aluno, cabe entender o objetivo da situação-problema proposta pelo professor; estar organizado em grupos de modo a distribuir as tarefas entre si; sempre que necessário consultar o professor, o mediador e orientador das atividades; iniciar a pesquisa a partir dos passos propostos na sequência de ensino investigativa.</p>
	<p>A investigação proposta – O que será realizado.</p> <p>Aqui, o professor dialoga com os estudantes sobre o que será realizado.</p>
	<p>Procedimento para a atividade – Ao planejar a atividade, o professor precisa definir como os grupos de trabalho devem proceder para a execução da tarefa, com o objetivo de atingir resultados mais eficientes nas pesquisas.</p>
VII. Análise dos dados	<p>Estruturação, internalização e reconstrução do conhecimento nos grupos de trabalho.</p> <p>Esta etapa corresponde à estruturação, internalização e reconstrução do conhecimento nos grupos de trabalho. Nela, os grupos avaliam as informações coletadas e arquivadas, eliminando variáveis que foram levantadas como hipóteses para que o novo conhecimento reconstruído seja semelhante ao encontrado nas literaturas. É o momento de estruturar o material da pesquisa com a participação coletiva, substituindo os conhecimentos prévios e de senso comum pelo raciocínio científico.</p>
VIII. Avaliação da aprendizagem	<p>Elaboração de forma individual de um texto que contemple o conhecimento científico abordado na atividade.</p> <p>Este é o momento de coletar dados por meio das produções individuais e verificar se os objetivos propostos foram atingidos. Ao avaliar as elaborações e as aprendizagens dos alunos, o professor estará avaliando a si próprio e se atingiu as metas daquilo que pretendia ensinar. A avaliação deve ser um processo contínuo e sistemático, capaz de diagnosticar o desenvolvimento cognitivo de cada aluno.</p>
IX. Comunicação dos resultados	<p>Produção de um vídeo curto – Os alunos poderão editar um vídeo sobre a pesquisa realizada e divulgá-lo via mídias para que a sociedade tenha acesso aos conhecimentos produzidos.</p>
	<p>Apresentação do estudo na forma de relato escrito sobre o pesquisado.</p> <p>Este é o momento de comunicar a comunidade escolar e sociedade, por meio das tecnologias digitais, as elaborações coletivas e individuais dos conhecimentos sistematizados. Essa atividade corrobora para o desenvolvimento de habilidades, tais como: senso crítico, dialética, autonomia, competência, conexão com o outro, autoestima e oralidade.</p>

X. Avaliação somativa	Atividade desenvolvida pelo professor aplicada de forma individual, relacionada à situação-problema, com o objetivo de estimular o raciocínio lógico e diagnosticar a aprendizagem do conteúdo em estudo.
XI. Discussão e correção coletiva mediada pelo professor	Discussão e correção do realizado com o grande grupo. O objetivo é que os alunos percebam os possíveis erros cometidos e, assim, consigam reconstruir o conhecimento, a partir de um diálogo coletivo. A diversidade de possibilidades disponibilizadas no itinerário didático favorece a construção de um ensino de Ciências da Natureza que impulsiona professores e alunos a reconstruírem conhecimentos científicos por meio da educação pela pesquisa, numa perspectiva de ensino investigativa.

Fonte: autores, 2023.

ESQUEMA DAS ETAPAS DO ITINERÁRIO DIDÁTICO SEI-RCP-ACP

1. **Objetivos estabelecidos** – Meta a alcançar e organização do conhecimento;
2. **Metodologia da atividade** – Instruções iniciais para a apresentação do conteúdo;
3. **Situação-problema (experimental, demonstração investigativa ou problemas não experimentais)** – Apresentação da tarefa desafiadora;
4. **Hipóteses** – Predições relacionadas aos resultados da atividade;
 - 4.1 Validação (verificação dos dados gerados com base nas premissas adotadas, que funcionam como embasamento teórico do estudo e fundamentação conceitual para a construção de novos saberes, reconhecidos pela comunidade científica em fontes de referência).
5. **Materiais utilizados para a realização da atividade** – Relação de materiais que serão necessários para a organização da atividade;
6. **Etapas das ações do professor e alunos** – Etapas relacionadas às atividades a serem desenvolvidas;
 - 6.1 Tarefa do professor;
 - 6.2 Tarefa dos grupos de alunos;
 - 6.3 A investigação proposta;
 - 6.4 Procedimento para realização da atividade investigativa;
7. **Análise dos dados** – Estruturação, internalização e reconstrução do conhecimento nos grupos de trabalho;
8. **Avaliação da aprendizagem** – Elaboração de forma individual de um texto que contemple o conhecimento científico, em comum acordo com aqueles presentes nas literaturas e aceitos pela comunidade científica;
9. **Comunicação dos resultados** – Etapa associada à socialização do que foi produzido no estudo;
 - 9.1 Produção de um vídeo curto (individual ou coletivo);
 - 9.2 Elaboração do relatório da atividade;
10. **Avaliação somativa** – Diagnóstico individual sobre a aprendizagem;
11. **Discussão e correção coletiva organizada pelo professor** – Momento final de discutir no grande grupo sobre o conhecimento elaborado.

ATIVIDADES PROPOSTAS NO ESTUDO A PARTIR DO ITINERÁRIO DIDÁTICO

O proposto neste material envolve seis atividades, organizadas de acordo com o itinerário didático SEI-RCP-ACP, cujo tema integra o plano de ensino da disciplina de Física no primeiro ano do ensino médio de uma escola pública estadual da região oeste de Santa Catarina.

O Quadro 2 apresenta as atividades propostas neste estudo e demonstra a operacionalização do itinerário didático, com a pergunta central de cada estudo e o total de períodos previstos para sua execução.

Quadro 2 – Relação das atividades que integram o material de apoio

Atividade	Pergunta central	Número de períodos
Experimento do pêndulo simples – O valor da constante da aceleração da gravidade terrestre	Como proceder para descobrir o valor da constante da aceleração da gravidade da Terra por meio de um experimento?	7
Pêndulo de Foucault – Experimento sobre o movimento de rotação da terra	Por meio do experimento do Pêndulo de Foucault, como trazer evidência aos alunos de que a Terra gira?	6
Lançamento de foguetes – Mostra brasileira	Que fatores influenciam no lançamento de um foguete para que possa atingir o maior alcance possível?	6
Lançamento da Space-X – Acoplagem do módulo na estação internacional, órbita dos satélites, corrida espacial e ida do homem à Lua	Como um foguete consegue sair da atmosfera terrestre?	7
A Lei da Gravitação Universal – Velocidade de translação dos astros e satélites artificiais	Por que os satélites artificiais e a Lua, satélite natural, não caem na Terra? Como calcular a velocidade de translação dos satélites artificiais que orbitam a Terra e dos planetas em torno do Sol?	7
Leis de Kepler – As três leis que descrevem os movimentos dos planetas sem se preocupar com suas causas	Quais conceitos e desenhos das Leis de Kepler descrevem os movimentos dos planetas por meio do modelo heliocêntrico?	8

Fonte: autores, 2023.

Na continuidade, apresentamos detalhadamente a proposta de cada uma das atividades dentro da organização anunciada pela itinerário didático SEI-RCP-ACP. Em cada atividade, são destacadas as ações do professor e dos alunos, bem como é dado realce aos objetivos pretendidos e a uma proposta de avaliação.

ATIVIDADE 01

EXPERIMENTO DO PÊNDULO SIMPLES - O VALOR DA CONSTANTE DA ACELERAÇÃO DA GRAVIDADE TERRESTRE

Duração: 7 aulas.

1. Objetivos estabelecidos – Meta a alcançar e organização do conhecimento

- ↳ Compreender os efeitos da aceleração da gravidade sobre os corpos no planeta Terra;
- ↳ Entender o significado do valor da aceleração da gravidade e suas diferenças em relação aos planetas que compõem o Sistema Solar;
- ↳ Realizar um experimento capaz de fornecer o valor aproximado da aceleração da gravidade local, a partir da equação do pêndulo simples;
- ↳ Compreender a influência da massa do Sol na atração exercida sobre a Terra e a vinculação disso com a órbita terrestre;
- ↳ Analisar a equação matemática da Lei da Gravitação Universal, desenvolvida por Isaac Newton para calcular a aceleração e a força gravitacional exercida entre dois corpos;
- ↳ Compreender o fenômeno de queda dos corpos em direção à Terra e sua diferença em relação à superfície da Terra e ao vácuo;
- ↳ Estabelecer um comparativo entre o pensamento de Aristóteles (III a.C) e Galileu Galilei (XVI d.C) sobre a queda dos corpos (a popular experiência da Torre de Pisa, de Galileu);
- ↳ Fomentar um aprendizado que integre atitudes, procedimentos e conceitos essenciais ao conteúdo.

2. Metodologia da atividade – Instruções iniciais para a apresentação do conteúdo

O professor pode começar esta atividade fazendo questionamentos de fatos simples que ocorrem no cotidiano dos alunos. Pode deixar um objeto cair e perguntar aos alunos o que aconteceu. Abandonar, de uma mesma altura, duas folhas de papel com

Um professor qualificado precisa ser inovador, competente e organizado.

a mesma medida de massa, porém uma delas amassada, e questionar por que a folha amassada chegou antes ao chão. Pode também fazer a seguinte pergunta: se abandonar uma pedra e uma pena da mesma altura na superfície da Terra, qual dos dois objetos chega antes ao solo? O professor precisa criar essa dúvida e instigar a investigação. Pode-se deixar o termo **resistência do ar** como uma curiosidade a ser pesquisada. Outra possibilidade seria o professor pendurar uma cartolina em branco na parede da sala e incentivar os grupos de pesquisa a escreverem palavras importantes sobre o assunto, que após a conclusão dos experimentos servirão de subsídios para o debate no grande grupo. O professor pode esperar dos alunos expressões como: período de oscilação, tempo, distância, comprimento do pêndulo, constante gravitacional, peso, massa, vetor, atrito, movimento periódico, amplitude, frequência e força de atração. Na sequência, sugerimos alguns sites que podem auxiliar os grupos na coleta de informações. Destaca-se a importância e responsabilidade do papel do professor na organização dos passos do experimento com antecedência, como a lista dos materiais necessários para realização da atividade experimental. O professor precisa ficar atento aos comentários e perguntas realizadas pelos alunos e, se achá-las pertinentes e interessantes, deve anotá-las em seu caderno de planejamento como material de apoio para enriquecer o futuro debate e reconstrução de conhecimentos.

3. Situação-problema do tipo experimental - Apresentação da tarefa desafiadora

A constante da aceleração da gravidade é uma grandeza física vetorial que indica a velocidade em queda livre de um corpo por segundo em direção ao centro da Terra. Ela está presente e é perceptível no cotidiano das pessoas, influenciando o comportamento e o movimento de todos os corpos que compõem o Universo.

Ao propor a pesquisa em sala de aula, é de suma importância que o professor valorize as questões formuladas pelos alunos.

Com base no exposto, pode ser formulada a seguinte questão de pesquisa: **como descobrir o valor da constante da aceleração da gravidade da Terra por meio de um experimento?**

SUGESTÃO

- 1) O professor pode preparar sua atividade a partir do apresentado no site a seguir, que ilustra o experimento do Pêndulo Simples e como obter o valor da aceleração da gravidade.

Figura 1 – Ilustração do Pêndulo Simples



Fonte: NEY.ONE. *Física II – Guia de laboratório 01 Tema: Pêndulo simples*. [S. l.], 2019. Disponível em: <https://ney.one/fisica-ii-guia-de-laboratorio-01-tema-pendulo-simple/>. Acesso em: 19 dez. 2023.

- 2) Sites sugeridos para a realização da pesquisa:

EXPERIMENTO do Pêndulo Simples. Produção de Ivan Guilhon. [S. l.: s. n.], 2020. 1 vídeo (14 min). Publicado pelo canal Prof. Ivan Guilhon. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=cIEForyLhGk>. Acesso em: 17 dez. 2023.

FIBRA. Produção de UFPR TV. Curitiba: [s. n.], 2019. 1 vídeo (5 minutos). Publicado pelo canal UFPR TV. Disponível em: <https://youtu.be/XxfedHb7osI>. Acesso em: 10 jan. 2024.

HELERBROCK, Rafael. Aceleração da gravidade. *Mundo Educação*, 2025. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/fisica/aceleracao-gravidade.htm>. Acesso em: 11 jan. 2024.

PÊNDULOS SIMPLES. In: *Só Física*. [S. l.: Virtuoso Tecnologia da Informação, 2008-2025]. Disponível em: <http://www.sofisica.com.br/conteudos/Ondulatoria/MHS/pendulo.php>. Acesso em 15 jan. 2024.

EQUAÇÃO DO PÊNDULO. In: WIKIPÉDIA: a enciclopédia livre. [São Francisco, CA: Wikimedia Foundation, 2018]. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Equa%C3%A7%C3%A3o_do_p%C3%AAndulo. Acesso em: 17 jan. 2024.

A atividade número 4 deste produto educacional tem o propósito de trabalhar as equações da Lei da Gravitação Universal e suas aplicações.

Na questão número 8 da lista de exercícios ao final desta sequência, mostramos os valores da massa e raio da Terra, o valor da constante gravitacional elaborada por Newton e sua resolução.

CURIOSIDADE

É possível descobrir a constante da aceleração da gravidade sem realização do experimento, utilizando a equação matemática de Newton da Lei da Gravitação Universal. Quando os alunos concluírem o experimento, compreendendo o significado físico e a quantificação da gravidade, o professor poderá propor a Lei da Gravitação Universal e calcular a gravidade pela equação matemática de Newton.

$$g = G \cdot \frac{M}{r^2}$$

onde $r = R_T + h$

4. Hipóteses

Após apresentar a situação-problema a ser investigada, o professor orienta os alunos a criarem hipóteses que possam estar relacionadas ao tema de pesquisa. Em seguida, precisa incentivar os grupos de trabalho a discutirem todas as hipóteses que foram apresentadas pelos participantes, com o objetivo de escolher a mais adequada, que será assumida em todo percurso da pesquisa.

Um exemplo disso seria uma hipótese formulada da seguinte maneira:

- ↳ Utilizando o pêndulo simples para medir o tempo de oscilação em diferentes comprimentos do fio, é possível obter experimentalmente uma estimativa da aceleração da gravidade local, validando a relação matemática entre o período e o comprimento do pêndulo.

5. Materiais utilizados para a realização da atividade – Experimento do Pêndulo Simples

Os materiais utilizados para o experimento serão:

- Objetos de diferentes formatos e massas (paralelepípedos, cubos, esfera). A medida da massa desses objetos pode ser de 100 g a 1 kg, de preferência com um furo que passe um barbante (Obs.: um marceneiro confecciona esses objetos em madeira, servindo como material didático nas futuras atividades);

- Furadeira, tesoura, trena, balança, régua de madeira de 1 m, régua de 30 cm, cronômetro, fita adesiva crepe, martelo, parafuso, pregos, calculadora, lápis, borracha e caderno;
- Cordões de diferentes tamanhos (0,5 m; 1 m; 1,5 m; e 2 m);
- Celular para filmar e fotografar.

6. Etapas das ações do professor e alunos

6.1 Tarefa do professor

- ↳ Propor aos alunos o problema a ser investigado;
- ↳ Dividir a classe em pequenos grupos;
- ↳ Organizar e distribuir o material experimental;
- ↳ Explanar aos grupos a ideia central da situação-problema a ser resolvida;
- ↳ Ter o cuidado de não dar respostas antecipadas que desmotivam os alunos a realizar o experimento e investigar;
- ↳ Criar um clima desafiador e instigante, despertando no aluno a curiosidade de experienciar e pesquisar. Mexer com o imaginário dos alunos, fomentando a necessidade de construir saberes de caráter científico;
- ↳ Orientar os alunos dos procedimentos utilizados no experimento para evitar acidentes e administrar o tempo, tornando o ambiente de trabalho investigativo produtivo e eficiente;
- ↳ Mediar os grupos para que sejam coesos e responsáveis, em que todos se sintam sujeitos pertencentes, ativos na execução do experimento e nas contribuições pessoais, despertando sua competência e autonomia;
- ↳ Criar um ambiente propício ao estímulo do pensamento do aluno;
- ↳ Cativar constantemente os alunos no aprendizado da Ciência, para que assim construam aos poucos sua alfabetização científica.

É relevante que o professor tenha o entendimento de que, ao calcular a aceleração gravitacional da Terra, o período de oscilação não depende da massa do pêndulo. Em algum momento, também pode demonstrar aos alunos que a resistência do ar afeta o movimento dos corpos devido ao atrito.

O professor tem plena consciência de que o valor da gravidade a ser encontrado é de $9,81 \text{ m/s}^2$, independentemente da massa e do comprimento do pêndulo.

6.2 Tarefa dos grupos de alunos

- ↳ Sem a interferência do professor, começar a investigação levantando hipóteses para desvendar a situação-problema;
- ↳ Realizar o experimento e anotar os dados, posteriormente elaborando novos conhecimentos de cunho científico;
- ↳ Desenvolver situações que capacitam a testar as hipóteses e refutá-las, se necessário;
- ↳ Compreender que o erro e a necessidade de testar as hipóteses fazem parte do processo de construção do conhecimento científico, para que tenham credibilidade na resolução da situação-problema;
- ↳ Entre os elementos do grupo, deve haver discussões e análise crítica que levem a um consenso na construção de um conhecimento condizente com leis científicas aceitas pela ciência (no item 3, sugerimos sites com materiais de pesquisa que direcionam a busca de informações sobre o tema).

“O papel do professor nessa etapa é verificar se os grupos entenderam o problema proposto. E deixá-los trabalhar”
(Carvalho, 2022, p. 12).

OBSERVAÇÃO

A maior dificuldade encontrada pelos alunos é na hora da realização dos cálculos. Em algum momento, o professor será consultado para esclarecer dúvidas que surgem no caminho da investigação. O Educar pela Pesquisa considera o professor o sujeito mais experiente, mediador que avalia, orienta e faz intervenções quando solicitadas pelos alunos. O professor precisa estar ciente de não dar respostas prontas, pois a ideia central é possibilitar que os alunos pensem e reconstruam o conhecimento com competência e autonomia.

6.3 A investigação proposta

Após a formação dos grupos, o professor pode fazer uma explanação geral sobre o objetivo da atividade, isto é, do experimento. Indicamos que nesse experimento o professor intervenha apenas no manuseio dos materiais e na técnica utilizada na construção do pêndulo simples. Esse apoio não significa a influência do professor na investigação, pois é função dele providenciar as condições necessárias e de segurança para a realização do experimento.

O pêndulo simples consiste de um objeto de massa “ m ” que pode oscilar em torno de um ponto de equilíbrio, suspenso por uma corda de comprimento “ l ”, como indicado nas figuras 2 e 3.

O professor criativo sensibiliza os alunos, motivando-os à curiosidade de conhecer as criações e descobertas da Ciência.

Figura 2

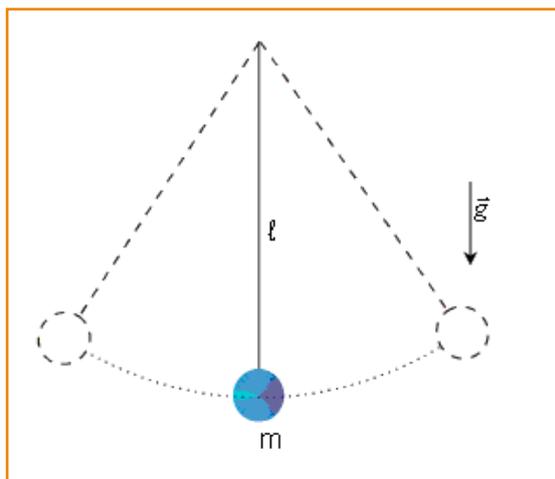
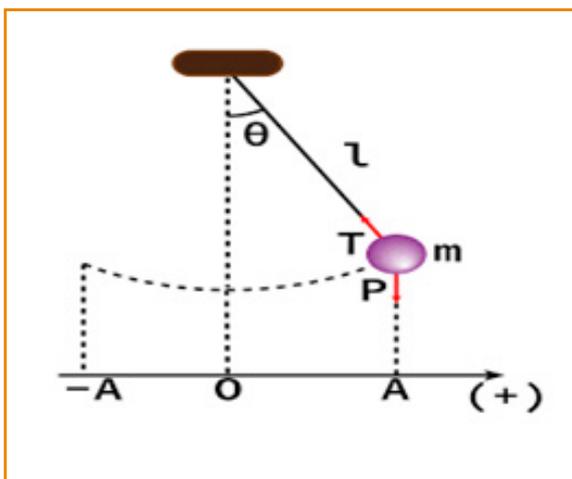


Figura 3



Fonte: PÊNDULOS SIMPLES. In: *Só Física*. [S. l.: Virtuoso Tecnologia da Informação, 2008-2025]. Disponível em: <http://www.sofisica.com.br/conteudos/Ondulatoria/MHS/pendulo.php>. Acesso em: 15 jan. 2024.

6.4 Procedimento para realização da atividade investigativa

Os grupos montam o pêndulo após as orientações do professor, começando pela amarração do fio a um galho de árvore no pátio da escola, ou por sua fixação ao teto da sala de aula com o auxílio de fita crepe. Após a fixação ou amarração do pêndulo, é preciso determinar o seu comprimento. Pode-se usar qualquer objeto para montar o pêndulo. Em seguida, soltam o pêndulo de uma determinada altura e o colocam a oscilar. A partir disso, os grupos podem cronometrar 10 oscilações completas e dividir por 10 para encontrar o valor do período T com menor margem de erro. Os dados do experimento devem ser anotados no caderno para posterior aplicação na equação do pêndulo simples, de maneira a encontrar o valor da gravidade.

Equação do período do pêndulo simples:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

Chamamos cada ida e volta do pêndulo de uma oscilação ou um período T.

Os dados do experimento podem ser anotados em tabelas como as propostas a seguir, ou cada grupo pode fazer as anotações em seus cadernos, desde que consigam organizar os dados.

Tabela 1 – Tabela de dados experimentais

Quantidade de oscilações do pêndulo simples	Medida massa – m_1 (kg)	Comprimento do pêndulo – L_1 (m)	Média dos períodos – T (s)	Equação do período de oscilação do pêndulo simples	g (m/s ²)
1				$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$	
2				$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$	
4				$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$	
6				$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$	
8				$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$	
10				$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$	

Fonte: Autor, 2024.

Tabela 2 – Tabela de dados experimentais

Quantidade de oscilações do pêndulo simples	Medida massa – m_2 (kg)	Comprimento do pêndulo – L_2 (m)	Média dos períodos – T(s)	Equação do período de oscilação do pêndulo simples	g (m/s ²)
1				$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$	
2				$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$	
4				$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$	
6				$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$	
8				$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$	
10				$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$	

Fonte: Autor, 2024.

Com os dados extraídos do experimento e as tabelas devidamente preenchidas, os alunos devem calcular os valores de “g” por meio da equação $g = 4 \pi^2 L/T^2$, onde o “g” foi isolado matematicamente para facilitar os cálculos. Atribua $\pi = 3,14159$.

Após o cálculo, indica-se comparar os valores experimentalmente encontrados para “g” com o valor apresentado na literatura ($g = 9,8 \text{ m/s}^2$), discutindo a razão da diferença.

Ao concluir a atividade, o professor pode organizar um seminário onde cada grupo apresenta para a turma os resultados de suas investigações.

As medidas são do Sistema Internacional de unidades SI, em que a massa “m” é medida em quilograma (kg) e o comprimento “L” em metros (m).

O professor poderá propor aos alunos determinar (calcular) o desvio percentual do “g” encontrado, com o indicado na literatura $g = 9,8 \text{ m/s}^2$.

7. Análise dos dados – Estruturação, internalização e reconstrução do conhecimento nos grupos de trabalho

Momento coletivo em que os alunos selecionam os dados do experimento e sistematizam os resultados. É quando o conhecimento construído no coletivo favorece a aprendizagem individual.

“[...] a parte mais importante da resolução do problema é justamente a passagem da ação manipulativa – nesse caso realizada pelo professor – para a ação intelectual, que deve ser feita pelos alunos [...]. É a etapa da sistematização do conhecimento” (Carvalho, 2022, p. 13).

8. Avaliação da aprendizagem – Elaboração do texto

Elaborar, de forma individual, um texto que contemple o conhecimento científico em comum acordo com aqueles presentes nas literaturas, comprovados pela comunidade científica internacional.

“O objeto da aprendizagem deve se caracterizar, portanto, pela relevância e por possibilitar ao aluno novas construções” (Grillo, 2003, p. 37).

9. Comunicação dos resultados

9.1 Edição de um vídeo

Para divulgação do trabalho desenvolvido, indicamos que os grupos de trabalhos organizem um vídeo de suas atividades para postagem em redes sociais da escola, como o Facebook, Instagram, ou TikTok.

9.2 Elaboração de um relatório da atividade

O professor pode propor aos alunos a organização de um evento de apresentação do experimento para todas as turmas da escola. Uma sugestão é construir no saguão da escola um grande pêndulo com uma esfera pesada (pedra, bocha, bola de bolão) e uma corda de 3 a 8 metros, dependendo da altura do pé-direito da obra. Os alunos pesquisadores podem aproveitar o espaço para divulgar à comunidade escolar os resultados da experiência e a relevância desse estudo na conquista do espaço sideral e no sucesso científico do lançamento de foguetes, responsáveis por levar para fora da atmosfera terrestre satélites de telecomunicação via ondas eletromagnéticas, que viajam a 300.000.000 m/s e carregam a diversidade de informações que aproximam as pessoas de todo planeta.

10. Atividade somativa – Diagnosticar a aprendizagem na individualidade

As questões a seguir contemplam a ideia central da atividade experimental e os conhecimentos sobre a aceleração da gravidade que o aluno precisa dominar.

- 1) Desenhe o planeta Terra e um corpo de massa M a uma altura H em relação à superfície. Represente os vetores da aceleração da gravidade e força peso.
- 2) Das palavras propostas a seguir, escolha aquelas que melhor completam cada uma das frases.

As palavras são: centro, atraídos, massa, gravidade, proporcional.

- a) Todos os corpos próximos à superfície do planeta são _____ em direção ao seu _____.
 - b) Todos os corpos são atraídos para o _____ do planeta com a mesma _____, independente de sua _____.
 - c) O período de oscilação de um pêndulo simples é diretamente _____ ao seu comprimento e inversamente proporcional à sua _____.
- 3) Um corpo tem massa de 60 kg na Terra. Qual é o valor de sua massa na Lua? Qual é o valor do seu peso na Terra e na Lua?
 - 4) Qual é a influência da atmosfera no valor da aceleração da gravidade?
 - 5) Qual é a grandeza física que influencia no valor da aceleração da gravidade de um astro?

- 6) Imagine um astronauta repetindo o experimento que você fez referente à tabela 1, mas na Lua. Ele utilizou o mesmo período que você encontrou aqui na Terra. Sabendo que a constante da aceleração da gravidade da Lua é $1,60 \text{ m/s}^2$, calcule o comprimento do pêndulo utilizado pelo astronauta.
- 7) Uma pedra de 20 kg e uma pena de 2 gramas são soltas a partir da mesma altura, em um local com ausência de ar (vácuo). Desprezando a ação de quaisquer forças de atrito entre os objetos e o ar, podemos afirmar que a pena chegará ao chão depois da pedra? Justifique sua resposta.
- 8) Determine o módulo da aceleração da gravidade na superfície da Terra, sabendo que o raio da Terra é aproximadamente $R_T = 6,371 \cdot 10^6 \text{ m}$ e a massa é $M_T = 5,97 \cdot 10^{24} \text{ kg}$. A constante de gravitação universal, representada pela letra “G”, vale $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2$, sendo a equação dada por: $g = G \cdot M_T/r^2$, onde $r = R_T + h$.
- 9) A Estação Espacial Internacional (ISS) está a 408.000 m da superfície da Terra. Ela está em órbita e nela habitam astronautas que realizam diversas pesquisas científicas. A Estação Espacial Internacional faz fotos incríveis da Terra viajando na órbita a aproximadamente 28.000 km/h, realizando uma volta a cada 90 minutos.

SUGESTÃO

Sugerimos que os alunos acessem o site a seguir, onde é possível acompanhar a ISS em tempo real: ISS - Conhecendo a Estação Espacial Internacional. Produzido pela NASA. [S. l.: s. n.], 2020. Publicado pelo canal Exatas agora vai. 1 vídeo (43 min). Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=IGucbi_HEhg. Acesso em: 20 mar. 2024.

Pergunta: Qual é o valor da constante da aceleração da gravidade na ISS?

11. Discuta coletivamente as curiosidades relativas ao experimento realizado

Caro professor, o objetivo principal deste experimento é permitir que os alunos descubram o valor da aceleração da gravidade local e compreendam que ela atua sobre todos os corpos do Universo. Ao consultar diferentes fontes, os alunos vão perceber que a gravidade atrai os corpos em direção ao centro do planeta e, conhecendo a massa (em kg) do corpo, é possível calcular a força peso a partir da equação $P = m \cdot g$. Eles também irão compreender que planetas com menos massa têm valores menores para a aceleração da gravidade.

À medida que avançam nas investigações, os alunos adquirem conhecimento abstrato e conseguem estabelecer relações entre a aceleração da gravidade da Terra e de outros corpos celestes. É importante que o professor incentive os alunos a considerarem se a atmosfera terrestre influencia no valor da aceleração da gravidade. Uma sugestão é pesquisarem sobre as ideias de Aristóteles, no século III a.C., e Galileu Galilei, no século XVI, sobre a queda dos corpos. Para despertar a curiosidade, o professor pode realizar um experimento simples, deixando cair um caderno e uma folha da mesma altura. Em seguida, repetir o experimento com uma folha embaixo do caderno e a outra folha amassada em forma de uma bolinha, deixando-a cair junto com o caderno. Os alunos irão notar que a resistência do ar influencia na queda dos corpos, mas não no valor da aceleração da gravidade, mostrando que as conclusões de Aristóteles estavam equivocadas. Além disso, é importante observar que a aceleração da gravidade diminui com a altitude, reduzindo a atração dos corpos até a imponderabilidade. O professor verá que o tema é fascinante e, mesmo que explore todas as possibilidades, ainda haverá muito a desvendar.

ATIVIDADE 02

PÊNULO DE FOUCAULT: EXPERIMENTO SOBRE O MOVIMENTO DE ROTAÇÃO DA TERRA

Duração: 6 aulas.

1. Objetivos estabelecidos – Meta a alcançar e organização do conhecimento

- ↳ Compreender o movimento de rotação da Terra por meio do experimento do Pêndulo de Foucault;
- ↳ Construir um pêndulo e realizar um experimento similar ao de Foucault em 1851;
- ↳ Possibilitar o desenvolvimento de aprendizagens atitudinais, procedimentais e conceituais relacionadas ao conteúdo.

2. Metodologia da atividade – Instruções iniciais para a apresentação do conteúdo

O professor pode começar a atividade fazendo questionamentos relacionados às teorias defendidas ao longo da história sobre os movimentos dos planetas. A forma de pensar o universo foi modificando-se ao decorrer do tempo. Registros da antiguidade indicam que civilizações antigas, como a babilônica e a egípcia, já observavam o movimento dos corpos celestes. Na Grécia Antiga, pensadores como Aristóteles, Aristarco, Eudoxo e Hiparco também se dedicaram a estudos dessa área do conhecimento. O astrônomo grego Cláudio Ptolomeu, no século II, desenvolveu o modelo que dominaria o pensamento astronômico por mais de um milênio: o geocêntrico. Nele, os planetas giravam em círculos em torno da Terra, considerada o centro do universo, na seguinte ordem: Lua, Mercúrio, Vênus, Sol, Marte, Júpiter e Saturno. Embora complexo, tal modelo era considerado eficiente por conseguir prever, com certa precisão, os movimentos dos astros, além de ajustar-se bem à visão teológica da época.

SUGESTÃO DE PESQUISA

O site a seguir disponibiliza um texto que trata das teorias astronômicas do Geocentrismo e do Heliocentrismo, e sua relação com a Igreja Católica.

MARQUES, Vinicius. Geocentrismo. *Toda Matéria*, 2015. Disponível em: <https://www.todamateria.com.br/geocentrismo/>. Acesso em: 20 nov. 2023.

No decorrer do tempo, principalmente a partir do século XVII, a área da ciência mudou a maneira de entender o mundo e o conhecimento foi sofrendo transformações. Na Astronomia, os estudos de Nicolau Copérnico trouxeram importantes mudanças com o modelo heliocêntrico, que colocava o Sol no centro do sistema solar e os planetas girando em órbitas circulares ao seu redor. Esse novo modelo sofreu resistências por parte das instituições da época. Mais tarde, cientistas como Galileu Galilei e Johannes Kepler aprofundaram essa teoria e gradualmente ganharam espaço, substituindo a proposta geocêntrica de Ptolomeu. No século XVII, com os estudos do cientista Isaac Newton, a ciência avançou significativamente em diversas áreas do conhecimento. Um marco incrível aconteceu em 1851, quando Foucault demonstrou, por meio de um experimento simples, que a Terra gira em torno de seu próprio eixo.

É importante que o professor destaque que, durante a Idade Moderna, instituições religiosas como a Santa Inquisição desempenharam um papel de forte controle social e cultural, limitando a divulgação de ideias que contrariassem a doutrina oficial da Igreja. Cientistas e pensadores que defendiam modelos heliocêntricos ou visões mais amplas do universo enfrentaram perseguição, a exemplo do emblemático Giordano Bruno, condenado pela Inquisição e executado em 1600. Como apoio didático ao tratar desse tema, recomenda-se assistir ao filme “O nome da Rosa”.

3. Situação-problema do tipo experimental – Apresentação da tarefa desafiadora

No final da Idade Média, muitas pessoas ainda duvidavam que a Terra girava, pois acreditavam que era estacionária e que todas as esferas celestes moviam-se em torno dela, como as estrelas, o Sol, a Lua e todos os planetas do Sistema Solar. Com o objetivo de mostrar que a Terra gira em torno de seu próprio eixo, em 1851, o físico francês Jean Bernard Léon Foucault conseguiu mostrar a rotação da Terra por meio de um experimento simples, conhecido como o Pêndulo de Foucault. Esse experimento validou a rotação terrestre ao longo de gerações, entrando de forma incontestável para a história da Ciência.

A partir dessas discussões, a situação-problema do tipo experimental para esta sequência didática pode ser formulada com a seguinte pergunta: **por meio do experimento do Pêndulo de Foucault, como trazer evidência aos alunos de que a Terra gira?**

SUGESTÃO DE SITES PARA PESQUISA:

Texto sobre o Pêndulo de Foucault, experimento que comprovou a rotação da Terra há quase 2 séculos:

SOARES, Lucas; ZURITA, Marcelo. Pêndulo de Foucault: o experimento que comprovou a rotação da Terra há quase 2 séculos. *Olhar digital*, 2023. Disponível em: <https://olhardigital.com.br/2023/05/02/ciencia-e-espaco/pendulo-de-foucault-o-experimento-que-comprovou-a-rotacao-da-terra-ha-quase-2-seculos/>. Acesso em: 19 jan. 2024.

Texto e vídeo sobre o experimento de Foucault:

LEMOS, Vanessa. Resenha – O Pêndulo de Foucault, de Umberto Eco. *Cooltural*, 2016. Disponível em: <https://coolturalblog.wordpress.com/2016/06/30/resenha-o-pendulo-de-foucault-de-umberto-eco/>. Acesso em: 03 mar. 2024.

4. Hipóteses

O professor apresenta para a turma a questão de pesquisa a ser desvendada, instruindo os estudantes a formularem hipóteses que possam estar ligadas ao objeto do conhecimento em estudo. Depois, é necessário estimular os grupos de trabalho a debaterem todas as hipóteses propostas pelos participantes, com a finalidade de selecionar a mais apropriada e que será adotada durante toda a realização do estudo.

Como exemplo, podemos citar uma hipótese provável, que pode ser definida da seguinte maneira:

- ✎ O Pêndulo de Foucault demonstra a rotação da Terra em torno de seu próprio eixo ao exibir um desvio sistemático em seu plano de oscilação, sem considerar fatores externos como o vento ou o atrito com o ar.

5. Materiais utilizados para a realização da atividade – Experimento do Pêndulo de Foucault

Os materiais utilizados para o experimento serão:

- Um fio ou corda resistente;
- Um objeto esférico com uma alça para amarrar a corda;
- Alguns objetos que ficam estáticos quando colocados na posição vertical. Podem ser peças de dominó que serão colocadas num círculo de tal forma que a esfera as alcance enquanto o pêndulo oscila;
- Cronômetro e caderno para anotações.

SUGESTÃO DE SITES PARA A REALIZAÇÃO DA ATIVIDADE INVESTIGATIVA:

Vídeo que mostra a Terra girando sobre seu próprio eixo, com pêndulos oscilando em vários locais em diferentes latitudes:

REDAÇÃO 360. Pêndulo de Foucault: o experimento que validou a rotação terrestre ao longo de gerações. *Engenharia 360*, 2023. Disponível em: <https://engenharia360.com/experimento-pendulo-de-foucault-rotacao-da-terra/>. Acesso em: 10 mar. 2024.

Excelente vídeo do astrônomo Marcelo Zurita explicando o experimento do Pêndulo de Foucault. Importante material de apoio para a realização da pesquisa:

O EXPERIMENTO que comprovou a rotação da Terra. Produzido por Olhar Digital. [S. l.: s. d.], 2023. 1 vídeo (5 min). Publicado pelo canal Olhar Digital. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=aP3i88iBNAk&t=298s>. Acesso em: 19 mar. 2024.

CURIOSIDADE

A Figura 4 é uma imagem do Pêndulo de Foucault, em que o pêndulo oscila e vai derrubando os objetos do círculo. Isso é considerado uma demonstração de que a Terra gira.

Figura 4 – Frame do vídeo “O experimento que comprovou a rotação da Terra”



Fonte: O EXPERIMENTO que comprovou a rotação da Terra. Produzido por Olhar Digital. [S. l.: s. d.], 2023. 1 vídeo (5 min). Publicado pelo canal Olhar Digital. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=aP3i88iBNAk&t=298s>. Acesso em: 19 mar. 2024.

6. Etapas das ações do professor e alunos

6.1 Tarefa do professor

- ↳ Apresentar aos alunos o desafio a ser explorado;
- ↳ Organizar os alunos em equipes menores;

- ↳ Organizar e distribuir os elementos de estudo e material experimental;
- ↳ Apresentar às equipes a proposta central do desafio a ser superado;
- ↳ Estabelecer uma atmosfera desafiadora e intrigante para incentivar a curiosidade dos alunos em explorar e investigar. Estimular a imaginação dos alunos, destacando a importância de adquirir conhecimentos científicos;
- ↳ Instruir os estudantes quanto aos métodos empregados durante a realização do experimento, a fim de prevenir incidentes e gerenciar o tempo, tornando o laboratório de pesquisa mais produtivo e eficaz;
- ↳ Facilitar a interação dos grupos para promover a coesão, a responsabilidade e o senso de pertencimento de todos, incentivando a participação ativa no experimento, nas ideias individuais e no desenvolvimento de competências e autonomia;
- ↳ Estabelecer um cenário favorável que incentive o estudante a refletir;
- ↳ Incentivar ininterruptamente os estudantes a se interessarem por Ciência, possibilitando assim que gradualmente desenvolvam sua alfabetização científica.

O tempo que o pêndulo simples demora para completar uma circunferência de 3600, oscilando sem parar, sem a influência de fatores externos é exatamente o período em horas que a Terra demora para dar um giro completo sobre seu eixo de rotação naquela latitude.

6.2 Tarefa dos grupos de alunos

- ↳ A tarefa dos grupos de alunos é fazer experimentos, anotar os dados, criar novos conhecimentos científicos e estabelecer hipóteses em uma situação-problema apresentada, sem a interferência do professor;
- ↳ Construir situações que permitam testar e refutar hipóteses;
- ↳ Aprender sobre o erro e como ele faz parte do processo de construção do conhecimento científico;
- ↳ Discutir no grupo as ideias para estabelecer uma análise crítica e um consenso sobre a construção do conhecimento científico (sugerimos sites com materiais de pesquisa sobre o tema no item 3);

“O papel do professor nessa etapa é verificar se os grupos entenderam o problema proposto. E deixá-los trabalhar” (Carvalho, 2022, p. 12).

“Os conhecimentos são relevantes para a vida concreta quando ampliam o conhecimento da realidade, instrumentalizam os alunos a pensarem metodicamente, a raciocinar, a desenvolver a capacidade de abstração, enfim, a pensar a própria prática” (Libâneo, 1994, p. 144).

↳ Nessa fase, a atuação do professor é observar o andamento da atividade experimental. Haverá um momento propício para o professor fazer intervenções, sendo assim, é preciso deixar os grupos trabalharem livremente, mesmo quando descobrirem hipóteses inaceitáveis, conclusões errôneas e precipitadas. Aqui, o foco está na ação dos alunos.

6.3 Como realizar a investigação por meio do experimento

Após a formação dos grupos, o professor faz uma explanação geral sobre o objetivo do experimento, explicando a atividade proposta. Aqui, o professor pode intervir apenas no manuseio dos materiais e na técnica utilizada na construção do pêndulo simples. Esse apoio não significa a influência do professor na investigação, pois é sua função providenciar as condições necessárias e de segurança para a realização do experimento.

O site a seguir disponibiliza um vídeo com a animação de um pequeno pêndulo exibindo o sentido de rotação no hemisfério sul, podendo ajudar os alunos na execução do experimento e a entender o efeito Coriolis, que explica o sentido de rotação em cada polo do planeta Terra:

TOUSSAINT, Dominique. *Animação do Pêndulo de Foucault exibindo o sentido de rotação no hemisfério sul*. 12 ago. 2006. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/P%C3%AAndulo_de_Foucault#/media/Ficheiro:Foucault_pendulum_animated.gif. Acesso em: 20 mar. 2024.

6.4 Procedimentos para realização da atividade investigativa

Os grupos de alunos montam um pêndulo simples e o colocam a oscilar, podendo utilizar as peças de um conjunto de dominó de forma circular para reproduzir o apresentado na Figura 5. Conforme o pêndulo oscila, derruba as peças.

A Figura 5 mostra a imagem de um Pêndulo de Foucault, indicando como experimento deve montado pelos estudantes:

Figura 5 – Frame do vídeo “O experimento que comprovou a rotação da Terra”



Fonte: O EXPERIMENTO que comprovou a rotação da Terra. Produzido por Olhar Digital. [S. l.: s. d.], 2023. 1 vídeo (5 min). Publicado pelo canal Olhar Digital. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=aP3i88iBNAk&t=298s>. Acesso em: 19 mar. 2024.

O experimento de Foucault é um experimento simples que mostra que a Terra gira. A fórmula desenvolvida pelo cientista evidencia que, ao dividir 24 pelo seno do ângulo da latitude, é possível encontrar o período (tempo) para dar um giro completo. A fórmula é $T(\theta) = 24/\text{sen}\theta$, sendo T dado em horas.

O professor precisa conhecer com profundidade o conteúdo e, assim, orientar com segurança os alunos na realização da atividade experimental.

No contexto do experimento, é fundamental compreender os seguintes aspectos:

- ↳ O período de rotação do plano de oscilação do pêndulo varia de forma inversamente proporcional ao seno da latitude do local;
- ↳ No hemisfério norte, o movimento angular do Pêndulo de Foucault ocorre no sentido horário, enquanto no hemisfério sul, o movimento é anti-horário. Na linha do equador, no entanto, o plano de oscilação não apresenta rotação.
- ↳ O pêndulo mantém sua trajetória devido ao sofisticado sistema de sustentação que minimiza o atrito enquanto a Terra gira sob ele. Ainda assim, o período de rotação do plano do pêndulo não corresponde ao período de rotação da Terra, exceto nas regiões polares.
- ↳ Apenas nos polos norte e sul, onde a latitude é de 90° , o plano de oscilação completa uma rotação em exatamente 24 horas.

- ↳ Se aplicarmos a fórmula de Foucault em Porto Alegre, que está a 30° de latitude, encontramos um período de 48 horas, ou seja, dois dias siderais. Isso significa que o pêndulo completará uma volta completa num período de 48h, enquanto a Terra girou 24h.
- ↳ $T = 24/\text{sen}30^\circ = 24/0,5 = 48\text{h}$.
- ↳ Nos polos, a latitude é 90°, então, $T = 24/\text{sen}90^\circ = 24/1 = 24\text{h}$.
- ↳ Ao aplicar a equação na linha do equador, percebe-se que não há oscilação, pois $\text{sen}0^\circ = 0$. Logo, prova-se experimentalmente que o plano pendular permanece constante, não gira.

A realização do experimento tem por objetivo auxiliar a compreensão do fenômeno a partir da manipulação de objetos. No caso, o foco está no movimento que a Terra exerce embaixo do pêndulo, amarrado numa estrutura fixa e oscilando sob o efeito da constante da aceleração da gravidade. Enquanto oscila, vai mudando sua posição e derrubando as peças de dominó ao longo da circunferência. Ao aplicar a equação de Foucault, os alunos compreendem que a Terra gira, mostrando a eles que ela é redonda. Esta SEI é interdisciplinar, pois envolve conteúdos de Geografia, Matemática e Física. Geralmente, os alunos tem dificuldade de diferenciar os conceitos de latitude, longitude e altitude.

7. Análise dos dados – Estruturação, internalização e reconstrução do conhecimento nos grupos de trabalho

Após os grupos realizarem o experimento, o professor pode sugerir para que os conhecimentos produzidos no grupo sejam transcritos de forma individual no caderno. Esses dados servem de apoio na reconstrução individual do conhecimento. Outra forma interessante de internalizar o conhecimento pode ser a elaboração de cartazes com os dados e desenhos, posteriormente os fixando no mural da sala de aula.

8. Avaliação da aprendizagem – Elaboração de um mapa conceitual

De forma individual, cada aluno pode organizar os conceitos aprendidos e escrevê-los no caderno, organizando o conhecimento com um mapa conceitual. O professor pode propor de forma coletiva calcular o período de oscilação do pêndulo nas latitudes: linha do equador, 0°; Porto Alegre, 30°; e polo sul, 90°.

O mais importante deste experimento é que os alunos entendam a influência da latitude no período de oscilação do pêndulo em relação à rotação da Terra.

9. Comunicação dos resultados

9.1 Edição de um vídeo

Por meio de um seminário, os grupos podem fazer uma apresentação para outras turmas da escola sobre o experimento realizado e o conhecimento adquirido. Sugerir aos alunos que promovam um debate com a comunidade sobre o tema da Terra plana.

9.2 Elaboração de um relatório da atividade

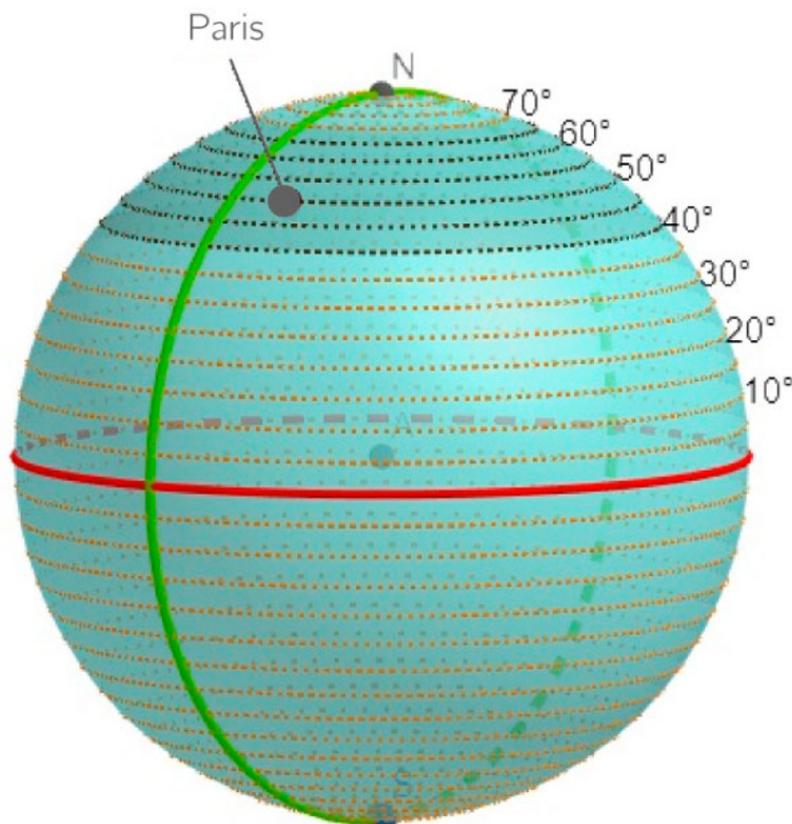
O material construído pode ser comunicado:

- Por cartazes no mural da escola;
- Pela exposição dos textos no mural da sala de aula;
- Por meio de uma roda de conversa de cada aluno em sua casa, com a família;
- Pela postagem dos textos e fotos nas redes sociais da escola, como o Facebook, Instagram, ou Tiktok.

10. Atividade somativa – Diagnosticar a aprendizagem na individualidade

- 1) A latitude de Paris é $48,8566^\circ$, conforme destacado na Figura 7.

Figura 7 – Latitude de Paris

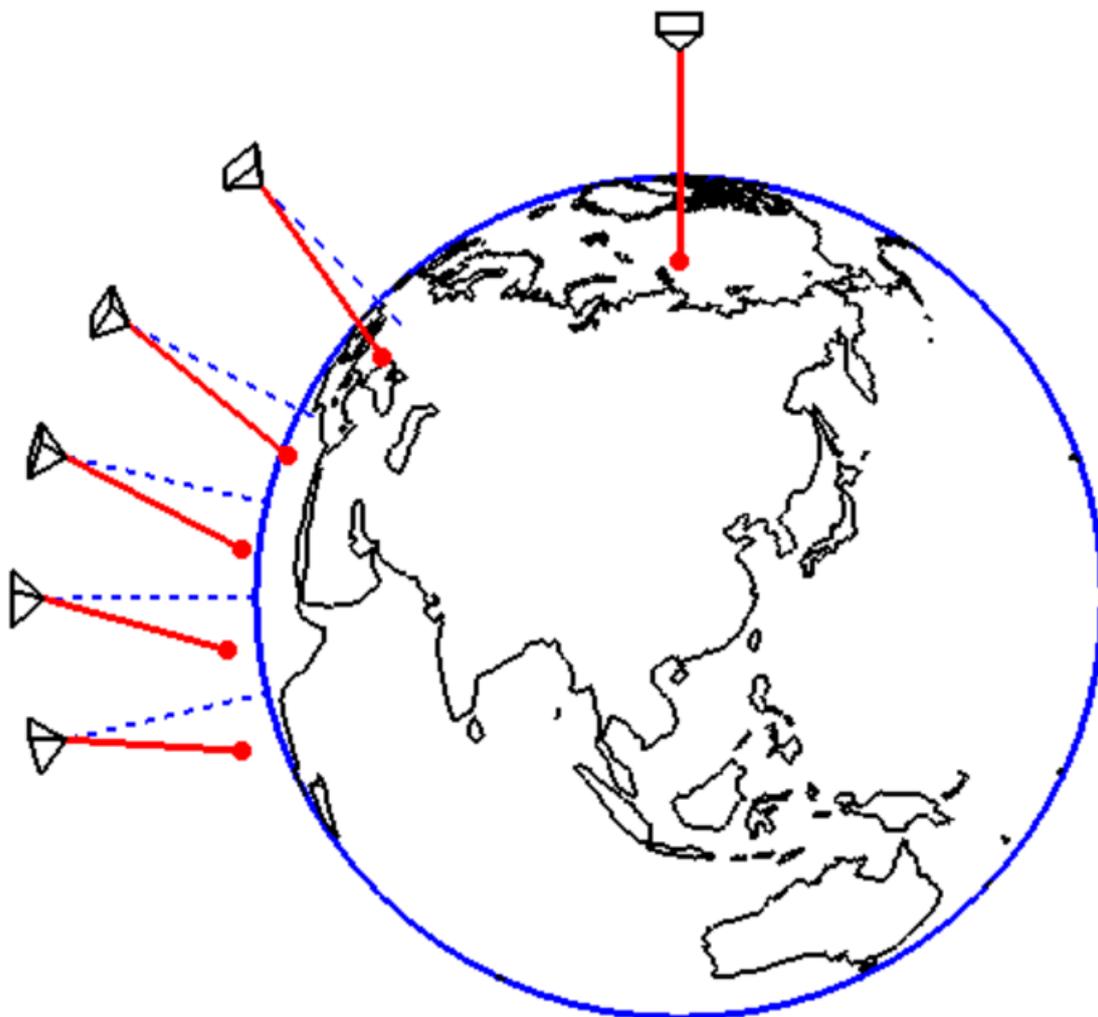


L'ÉNONCÉ, Revoir. *Differencier Longitude et Latitude*, 2019. Disponível em: <https://www.kartable.fr/ressources/enseignement-scientifique/exercice/differencier-longitude-et-latitude/40833/135816>. Acesso em: 10 jun. 2024.

Antes de realizar o experimento com o pêndulo que mostraria que a Terra gira num movimento de rotação sobre seu próprio eixo, Foucault desenvolveu a fórmula que calcularia o tempo necessário para o pêndulo completar uma volta enquanto a Terra completaria um giro de 360°. Pela fórmula $T(\theta) = 24/\sin\theta$, é possível calcular o valor encontrado por Foucault em 1851. O valor é:

- a) () 30 horas e 53 minutos
 - b) () 29 horas e 56 minutos
 - c) () 31 horas e 52 minutos
 - d) () 32 horas e 50 minutos
 - e) () 33 horas e 50 minutos
- 2) Em 1851, Foucault preparou o experimento no Panteão de Paris. Um prédio alto e fechado, livre de influências externas, como correntes de ar. Lá, ele fixou uma esfera de 30 kg presa por um fio rígido de 67 metros. A esfera era oca e, em seu interior, foi colocada areia fina, que escorria por um pequeno orifício e marcava o chão. A esfera foi solta e o pêndulo começou seu movimento oscilatório de forma suave. Por ser um pêndulo longo e pesado, foi deslocando-se lentamente no sentido horário (segundo Coriolis, acima da linha do equador o movimento de oscilação é no sentido horário e abaixo é anti-horário), marcando de areia as posições por onde passava. Esse pêndulo poderia ficar em movimento por mais de 32 horas sem nenhuma interferência humana. Após 31 horas e 52 minutos, o pêndulo voltou ao mesmo lugar que foi solto, ou seja, completou uma volta inteira. O objetivo desse experimento simples, mas espetacular, que entrou para a história da Ciência era:
- a) () Validar sua fórmula e mostrar que o movimento de rotação da Terra depende da altitude.
 - b) () Validar seus cálculos e mostrar que a Terra é plana.
 - c) () Validar a fórmula do período que dependia da longitude do local.
 - d) () Validar seus cálculos e mostrar definitivamente o movimento de rotação do planeta Terra.
 - e) () Mostrar que a Terra é estática.
- 3) A Figura 8 mostra o comportamento de seis Pêndulos de Foucault instalados e colocados a oscilar em diferentes latitudes. Dadas as altitudes 90°N, 50°N, 30°N, 15°N, 0°, 15°S, utilize a equação de Foucault e calcule o período que cada um demora para dar uma volta inteira.

Figura 8 – Gráfico mostrando o comportamento de seis Pêndulos de Foucault instalados em diferentes latitudes



Fonte: WIKIPEDIA. *Six identical pendulums during six hours*. 26 dez. 2018. Disponível em: <https://fr.m.wikipedia.org/wiki/Fichier:FoucaultMultiAnima.gif>. Acesso em: 27 nov. 2024.

- 4) Os alunos do primeiro ano da Escola de Educação Básica São João Batista, de São Miguel do Oeste/SC, pesquisaram e descobriram que a latitude local é de aproximadamente $26,710^\circ$. Com esse dado, aplique a fórmula de Foucault, $T(\theta) = 24 / \sin(\theta)$ e calcule o tempo que um pêndulo levaria para dar uma volta completa. Qual foi o valor encontrado?
- 5) Por que o experimento do Pêndulo de Foucault foi repetido em diversos locais e em diferentes latitudes?

11. Discuta coletivamente curiosidades relativas ao experimento realizado

O Modelo Geocêntrico, atribuído a Cláudio Ptolomeu e influenciado pelo pensamento de Aristóteles, no século III a.C, foi amplamente aceito no início da Era Cristã. Tal concepção defendia a Terra como o centro do universo, com nove esferas celestes em movimento ao seu redor, sendo a Lua a mais próxima. Essa teoria perdurou por mais de mil anos, fortemente defendida pela Igreja Católica e pela Santa Inquisição por estar alinhada com as crenças bíblicas, que colocavam a humanidade como a principal obra divina. Durante séculos, aqueles que propunham outras ideias, como o modelo heliocêntrico de Nicolau Copérnico, com o Sol no centro do sistema solar, sofreram perseguições. Apenas com o avanço científico e a realização de experimentos foi possível convencer parte da população de que a Terra é esférica e que gira em torno do Sol. Mesmo nos dias atuais, ainda existem pessoas que duvidam do conhecimento científico, mantendo a crença de que a Terra é plana.

Por isso, somente em 1851, com a execução do experimento proposto por Foucault, foi confirmado que a Terra gira e possui formato redondo. É essencial ressaltar aos estudantes que, para uma teoria científica ser aceita como verdadeira e confiável pela sociedade, é necessário que seja submetida a testes e experimentos, além de ser minuciosamente analisada pela comunidade científica global.

É fundamental investigar e mostrar aos alunos que esse mesmo teste foi realizado por Galileu há 250 anos, porém não alcançou o mesmo nível de compreensão. Assim, os resultados desse experimento genial possibilitaram, a partir de 1851, a confiança em um modelo consistente para compreender os movimentos da Terra, ampliando o campo de estudo da Ciência e impulsionando a humanidade a lançar foguetes ao espaço, posicionar satélites em órbita terrestre e no espaço sideral, o que contribuiu para o avanço tecnológico que revolucionou as telecomunicações e conectou todo o planeta.

Professor, ao realizar esta tarefa, você se torna o responsável por incentivar e despertar nos alunos a vontade de aprender, permitindo que eles recriem o incrível experimento realizado em 1851 pelo cientista Foucault, que revolucionou os estudos de Astronomia. Será um dia especial na vida da escola e dos estudantes, que se tornarão construtores de seu próprio conhecimento, capazes de criar conhecimentos científicos com base no experimento. Ao compartilharem os resultados de suas pesquisas, estarão contribuindo para o desenvolvimento da autonomia e competência, envolvendo-se de forma conectada e integrada com o ambiente escolar, seus colegas, professores, família e comunidade.

ATIVIDADE 03

LANÇAMENTO DE FOGUETES: MOSTRA BRASILEIRA

Duração: 6 aulas.

1. Objetivos estabelecidos – Meta a alcançar e organização do conhecimento

- ↳ Investigar as diversas possibilidades de construir um foguete com garrafa pet e ar pressurizado, objetivando participar de uma atividade proposta no cotidiano escolar;
- ↳ Incentivar os alunos na construção de seu foguete, mesmo que não tenha o objetivo de participar da Mostra Brasileira de Foguetes (MOBFOG).
- ↳ Apresentar a Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica (OBA) e a MOBFOG;
- ↳ Discutir o processo de construção de um foguete movido a pressurização do ar;
- ↳ Elucidar os conhecimentos científicos envolvidos na construção e no lançamento de um foguete.

OBSERVAÇÃO

Uma opção é a participação dos estudantes na OBA. Pensamos que é importante para os alunos agregarem novos conhecimentos, melhorando sua aprendizagem em Ciências. O aluno que participa recebe um certificado, e se for classificado, será agraciado com uma medalha. Entendemos que a OBA e a MOBFOG complementam-se entre si.

Esta sequência didática foi construída com o propósito de incentivar os professores de Ciências a prepararem os alunos para a Mostra Brasileira de Foguetes.

2. Metodologia da Atividade – Instruções iniciais para a apresentação do conteúdo

Após tomada a decisão de participar do concurso, o professor de Ciências disponibiliza aos grupos de alunos inscritos o regulamento organizado pela comissão da MOBFOG. No regulamento, estão todas as instruções necessárias para a construção do foguete. Cada grupo se responsabiliza pela busca dos materiais necessários para a realização da atividade¹.

¹ O regulamento está disponível no endereço: <http://www.oba.org.br/site/>

Com apoio da direção e equipe pedagógica da escola, o professor de Ciências organiza um momento para que os grupos de alunos trabalhem em conjunto na construção das bases de lançamentos e dos protótipos de foguetes. Os alunos precisam de apoio pedagógico como forma de incentivo para se manterem motivados a investigar e pesquisar. Este experimento pode ser trabalhado em sala de aula, no conteúdo lançamento oblíquo.

O professor perceberá que pequenos detalhes podem fazer grande diferença no alcance do lançamento.

Os grupos podem interagir entre si na construção dos foguetes, pois os resultados alcançados sempre serão diferentes, devido à grande quantidade de variáveis envolvidas no experimento.

3. Situação-problema do tipo experimental – Apresentação da tarefa desafiadora

A escola, em comum acordo com o professor de Ciências, decide participar da OBA – Olimpíadas Brasileira de Astronomia e Astronáutica, e da MOBFOG – Mostra Brasileira de Foguetes.

Questão norteadora da atividade: que fatores influenciam o lançamento do foguete para atingir o maior alcance possível?

4. Hipóteses

O professor planeja e orienta a turma a construir um protótipo de foguete e a realizar o experimento que permite testar a hipótese selecionada, incentivando os grupos a identificarem os materiais e os procedimentos necessários para a investigação. Depois, os estudantes debatem e modificam o plano de acordo com as circunstâncias presentes, assegurando que todos entendam as fases do experimento e as variáveis que devem ser monitoradas. Ao longo do estudo, o professor movimenta-se entre os grupos, orientando e esclarecendo questões, incentivando a avaliação crítica dos dados coletados e estimulando a criação de novas questões que possam aprimorar os resultados da pesquisa.

Para ilustrar, podemos sugerir uma hipótese plausível, que pode ser formulada da seguinte forma:

- ✎ Ao desenvolver e construir um foguete com materiais adequados e técnicas de lançamento controlado, conseguimos atingir um alcance significativo, o que possibilita a participação bem-sucedida na Mostra Brasileira de Lançamentos de Foguetes, demonstrando a eficiência do design e a precisão no controle do lançamento.

5. Materiais utilizados para a realização do experimento

Lista de materiais definida pela comissão do concurso da Mostra Brasileira de Foguetes:

- Para a construção da base de lançamento, pode-se usar madeira ou canos de PVC. Para a construção do foguete, serão utilizados: litro de garrafa PET, ventil de bicicleta, junções de PVC, tubos de PVC, cola para conexão de PVC, fita adesiva, cordinha, elástico, registro da marca HERC, bomba de encher pneu de bicicleta ou compressor de ar.

6. Etapas das ações do professor e alunos

6.1 Tarefa do professor

- ↳ Disponibilizar o regulamento aos grupos de alunos, com tempo para leitura e esclarecimento de dúvidas;
- ↳ Propor aos alunos o problema a ser investigado;
- ↳ Organizar os grupos inscritos no concurso da MOBFOG;
- ↳ Explanar aos grupos a ideia central da situação-problema a ser realizada;
- ↳ Ter o cuidado de não dar respostas antecipadas que desmotivam os alunos na construção dos protótipos de foguetes;
- ↳ Criar um clima desafiador e instigante, despertando no aluno o senso da curiosidade;
- ↳ Orientar os alunos dos procedimentos utilizados no experimento para evitar acidentes e administrar o tempo, tornando o ambiente de trabalho investigativo produtivo e eficiente;
- ↳ Mediar os grupos para que sejam coesos e responsáveis, para que todos se sintam sujeitos pertencentes, ativos na execução da atividade experimental de construção do foguete com contribuições pessoais, despertando sua competência e autonomia;
- ↳ Criar um ambiente propício que estimule o aluno a pensar;
- ↳ Cativar constantemente os alunos a aprender Ciência e, assim, aos poucos construir sua alfabetização científica.

O site a seguir contém um Applet que simula o alcance de um projétil num lançamento oblíquo em qualquer planeta do Sistema Solar.

MANETTA, Marco Antônio. *Lançamento oblíquo*. Dinâmica, 2013. Disponível em: <http://www.dinamica.com.br/2013/08/lançamento-obliquo.html>. Acesso em: 20 jun. 2024.

O professor pode organizar um momento para assistir ao filme “O Céu de Outubro”. O filme, que se passa no final dos anos 50, acompanha o adolescente Homer Hickam (Jake Gyllenhaal), que vive em uma cidade onde a mineração é a maior empregadora local. Ao saber que os russos colocaram o satélite Sputnik em órbita, Homer começa a sonhar em também colocar um foguete seu em órbita. Logo ele convence alguns amigos a participarem da ideia e, com o apoio de uma professora, dá início ao projeto que irá mudar sua vida para sempre.

6.2 Tarefa dos grupos de alunos

- ↳ Sem a interferência direta do professor, os alunos começam a investigação levantando hipóteses para desvendar a situação-problema;
- ↳ Começar a construir a base de lançamento e o protótipo de foguete;
- ↳ Estudar o regulamento disponibilizado, para evitar acidentes e obter êxito no lançamento;
- ↳ Desenvolver situações que capacitam a testar as hipóteses levantadas e refutá-las, se necessário;
- ↳ Aprender que o erro e a necessidade de testar as hipóteses fazem parte do processo de construção do conhecimento científico, para ter credibilidade na resolução da situação-problema;
- ↳ Entre os elementos do grupo, deve haver discussões e análise crítica que levem a um consenso na construção do conhecimento, condizendo com leis científicas já comprovadas pela Ciência (no item 10, sugerimos sites com materiais de pesquisa que direcionam a busca de informações sobre o tema).

Segundo Demo (2015), o contexto de sala de aula com pesquisa estabelece no aluno a capacidade de se expressar, de argumentar conhecimento, de tomar iniciativa, de construir espaços próprios, de elaborar textos próprios e de se fazer sempre presente e participativo.

O professor mediador do processo verifica o andamento da atividade experimental, mas deixa os grupos trabalharem livremente, mesmo quando perceber possíveis hipóteses descabíveis e conclusões errôneas e precipitadas, uma vez que haverá um momento propício para essa finalidade. O foco da atividade experimental, neste momento, está nos alunos.

6.3 A investigação proposta

Após a formação dos grupos, o professor faz uma explanação geral sobre o objetivo da participação da escola na OBA e na MOBFOG. Sugerimos que o professor oriente seus alunos e os deixe colocar a “mão na massa” durante a construção da atividade prática e experimental.

Gessinger (2002, p. 201) enfatiza: “[...] ao invés de receber informações prontas do professor para simplesmente reproduzi-las, o aluno busca as informações de forma ativa, visando transformações, não apenas nas informações, mas nos envolvidos no processo”.

6.4 Procedimentos para realização da atividade investigativa

No regulamento da MOBFOG, seleciona-se o nível 3.

De acordo com o regulamento MOBFOG, o foguete será construído pelos alunos a partir de duas ou mais garrafas pets de qualquer volume, sendo lançado numa base de lançamento presa ao chão. O foguete terá como propelente somente ÁGUA E AR, compri-

mido por uma bomba manual de encher pneus de bicicletas. Pode-se construir foguetes de mais de um estágio. Não se pode usar compressores elétricos. Veja as instruções a seguir:

A CONSTRUÇÃO DO FOGUETE DE GARRAFA PET E SUA BASE DE LANÇAMENTOS

Vídeo com a explicação sobre como fazer e lançar o foguete do nível 3:

FOGUETE de Garrafa Pet Nível 3 da MOBFOG. Produzido por OBAFOG. [S. l.: s. n.], 2020. 1 vídeo (56 min). Publicado pelo canal OBA – OBAFOG. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=Q9xK0Ccrqk>. Acesso em: 20 abr. 2024.

Live com explicações sobre a construção do foguete do nível 3:

LIVE sobre o Foguete do Nível 3. Produzido por OBAFOG. [S. l.: s. n.], 2020. 1 vídeo (59 min). Publicado pelo canal OBA – OBAFOG. Disponível em: <https://youtu.be/7jnpnQrrjc>. Acesso em: 30 abr. 2024.

Vídeo sobre a segurança em primeiro lugar:

SEGURANÇA em Primeiro Lugar. Produzido por OBAFOG. [S. l.: s. n.], 2020. 1 vídeo (1h25min). Disponível em: <https://youtu.be/Bp6O71fHF1g>. Acesso em: 30 abr. 2024.

7. Análise dos dados – Estruturação, internalização e reconstrução do conhecimento nos grupos de trabalho

Neste momento, o professor reúne-se com os grupos para observar as construções das bases de lançamentos e dos protótipos de foguetes. Nesse estágio do experimento, os alunos deverão apresentar a base e o protótipo de foguete, conforme as figuras a seguir:

Figura 10 – Vista lateral da base de lançamentos de foguetes dos níveis 3 e 4, modelo comercial



Fonte: OLIMPIÁDA BRASILEIRA DE ASTRONOMIA E ASTRONÁUTICA. *Regulamento da 17ª mostra brasileira de foguetes e instruções sobre como construir e lançar os foguetes do Nível 3*, 2023. Disponível em: <http://www.oba.org.br/site/index.php?p=conteudo&idcat=6&pag=conteudo&m=s>. Acesso em: 17 jun. 2024.

Figura 11 – Foguete pronto sobre a base

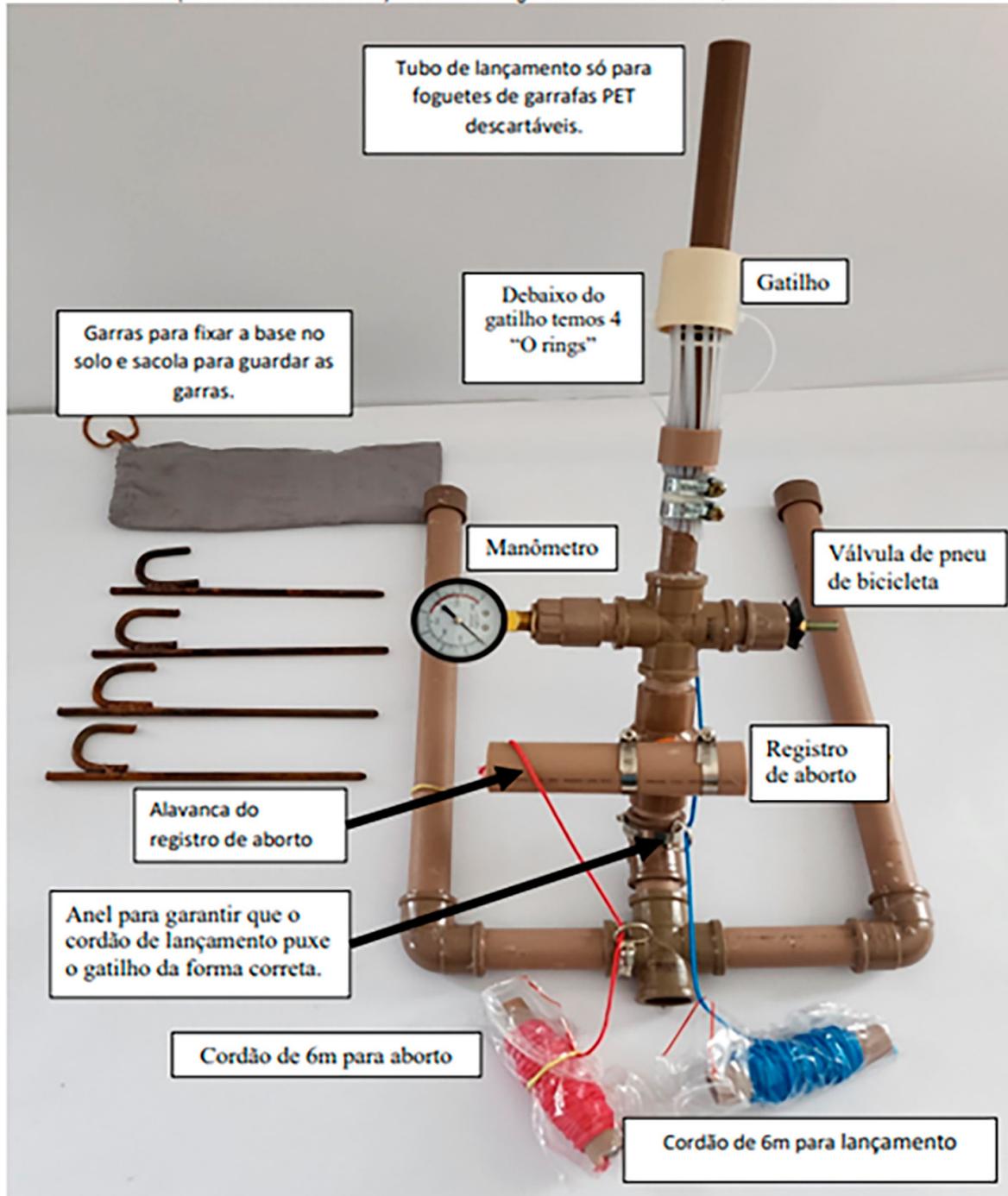


Fonte: OLIMPIÁDA BRASILEIRA DE ASTRONOMIA E ASTRONÁUTICA. *Regulamento da 17ª mostra brasileira de foguetes e instruções sobre como construir e lançar os foguetes do Nível 3*, 2023. Disponível em: <http://www.oba.org.br/site/index.php?p=conteudo&idcat=6&pag=conteudo&m=s>. Acesso em: 17 jun. 2024.

Figura 12 – Vista por trás da base de lançamentos de foguetes dos níveis 3 e 4, modelo comercial

FOTO DO MODELO 2, COMERCIAL, DE LANÇAMENTO DE FOGUETES DOS NÍVEIS 3 E 4.

Vista por trás da base de lançamentos de foguetes dos níveis 3 e 4, modelo comercial.



Fonte: OLIMPIADA BRASILEIRA DE ASTRONOMIA E ASTRONÁUTICA. *Regulamento da 17ª mostra brasileira de foguetes e instruções sobre como construir e lançar os foguetes do Nível 3*, 2023. Disponível em: <http://www.oba.org.br/site/index.php?p=conteudo&idcat=6&pag=conteudo&m=s>. Acesso em: 17 jun. 2024.

8. Avaliação da aprendizagem – Elaborar de forma individual um texto sobre lançamento de foguetes

Elaborar de forma individual um texto que contemple o conhecimento científico, em comum acordo com aqueles presentes nas literaturas e comprovados pela comunidade científica internacional. O texto poderá conter respostas de perguntas como: o que são os foguetes? Como funcionam? Qual é a sua função? Qual é a função do centro de massa na eficiência da construção de um foguete? Quais são os investimentos do Brasil nessa área de conhecimento? Qual é a influência da ponta do foguete na distância atingida?

“[...] a parte mais importante da resolução do problema é justamente a passagem da ação manipulativa – nesse caso realizada pelo professor – para a ação intelectual, que deve ser feita pelos alunos [...]. É a etapa da sistematização do conhecimento” (Carvalho, 2022, p. 13, grifo do autor).

9. Comunicação dos resultados

9.1 Edição de um vídeo (individual ou coletivo)

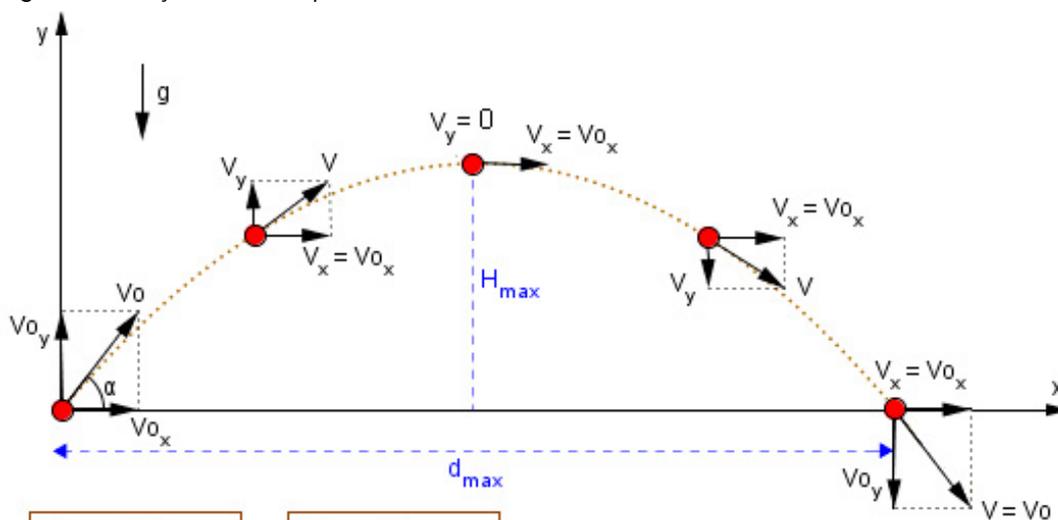
Organizar um grupo para fazer as filmagens do evento oficial dos lançamentos. As filmagens poderão ser utilizadas para a edição de um vídeo que será disponibilizado no site ou blog da escola, para que toda a comunidade possa acompanhar os feitos científicos dos alunos.

9.2 Comunicação dos resultados experimentais, práticos e teóricos do trabalho de pesquisa no contexto escolar e social

Os grupos de pesquisa podem elaborar textos que contemplam as leis e equações utilizadas nos lançamentos. As elaborações escritas e os vídeos editados serão ferramentas para comunicar os resultados. No contexto de sala de aula, o professor pode organizar um seminário.

MATERIAL DE APOIO PARA RESOLUÇÃO DOS EXERCÍCIOS

Figura 9 – Lançamento oblíquo e suas fórmulas



$$V_{0x} = V_0 \cdot \cos \alpha$$

$$V_{0y} = V_0 \cdot \sin \alpha$$

Na direção horizontal: $V_x = V_{0x} = \text{cte}$

$$x = V_{0x} \cdot t$$

Na direção vertical: $V_y = V_{0y} - g \cdot t$

$$y = V_{0y} \cdot t - \frac{g \cdot t^2}{2}$$

Fazendo $V_y = 0$, temos o tempo de subida $t_s = \frac{V_{0y}}{g}$ e o tempo total $t_t = 2 \cdot t_s \Rightarrow t_t = \frac{2 \cdot V_{0y}}{g}$

Quando $t = t_s$, o valor de y é a altura máxima. Então $H_{\max} = \frac{V_0^2 \cdot \sin^2 \alpha}{2g}$

Quando $t = t_t$, o valor de x é a distância máxima. Então $d_{\max} = \frac{V_0^2 \cdot \sin(2\alpha)}{g}$

Podemos observar que a distância máxima é obtida quando $\sin(2\alpha) = 1 \Rightarrow 2\alpha = 90^\circ \Rightarrow \alpha = 45^\circ$

Fonte: DINAMÁTICA. *Gráfico e fórmulas do lançamento oblíquo*, 2013. Disponível em: <http://www.dinamica.com.br/2013/08/lançamento-oblíquo.html>. Acesso em: 17 jun. 2024.

10. Atividade somativa – Diagnosticar a aprendizagem na individualidade

- 1) O enunciado original da Terceira Lei de Newton diz: “A toda ação há sempre uma reação oposta e de igual intensidade: as ações mútuas de dois corpos um sobre o outro são sempre iguais e dirigidas em sentidos opostos”.

Podemos afirmar que este princípio físico está presente no lançamento dos foguetes? Justifique.

- 2) Qual é o melhor ângulo entre o solo e o foguete para atingir o maior alcance possível?
Obs.: No site <http://www.dinamica.com.br/2013/08/lançamento-oblíquo.html>, há um *applet* que simula um lançamento oblíquo, com um simulador em que é

possível escolher o ângulo e o planeta do lançamento. Material muito importante para os alunos compreenderem a dinâmica dos lançamentos.

- 3) Quais são as variáveis importantes que devemos observar na construção do foguete para fique em equilíbrio e realize o percurso em linha reta?
- 4) Após o lançamento, percebemos que o foguete sobe, forma uma curvatura e cai. Qual é o ente físico que provoca a queda (puxa o foguete para baixo)?
- 5) O regulamento mostra que, na construção do foguete, devemos colocar aproximadamente a quarta parte do volume do litro de água. O que aconteceria no momento do lançamento se colocássemos o dobro de água?
- 6) Um foguete construído por um grupo de estudantes do sexto ano foi lançado com uma velocidade inicial de $v_0 = 20 \text{ m/s}$. A base de lançamento foi regulada com 45° em relação ao solo, num terreno plano. Sabendo que a constante da aceleração da gravidade do local é de $g = 9,8 \text{ m/s}^2$, calcule o alcance ou distância máxima atingida.
- 7) Se esse lançamento fosse realizado na superfície de Júpiter, qual seria o alcance do foguete? E na Lua? Dados: $g_{\text{Júpiter}} = 24,8 \text{ m/s}^2$ e $g_{\text{Lua}} = 1,63 \text{ m/s}^2$. Obs.: É impossível caminhar na superfície de Júpiter, pois é formado por gases. Nesse sentido, é importante que o aluno compreenda que esse problema é fictício.
- 8) Qual é o planeta que tem o valor da aceleração da gravidade mais próximo da Terra? Use o simulador e observe se os valores do alcance e tempo de voo são similares.

11. Discussão e correção coletiva mediada pelo professor

O professor tem a possibilidade de usar uma aula para discutir com os estudantes sobre as leis da Física e fórmulas matemáticas utilizadas na resolução dos problemas. As pesquisas e análises feitas pelos alunos durante o estudo os capacitam para colaborar com valiosas contribuições na correção em conjunto, permitindo que todos possam adquirir conhecimento sobre os temas exigidos nas questões apresentadas. Este material desperta a criatividade dos estudantes e, dentro desse contexto de debates, surgem novas questões, fazendo com que o professor encoraje os grupos de trabalho a realizarem novas investigações.

ATIVIDADE 04

LANÇAMENTO DA SPACEX – ACOPLAGEM DO MÓDULO NA ESTAÇÃO INTERNACIONAL, ÓRBITA DOS SATÉLITES, CORRIDA ESPACIAL E IDA DO HOMEM À LUA

Duração: 7 aulas.

1. Objetivos estabelecidos – Meta a alcançar e organização do conhecimento

- ↳ Discutir as leis físicas e a tecnologia presente na locomoção dos foguetes;
- ↳ Investigar a velocidade que um foguete precisa atingir para escapar da gravidade terrestre (que sempre o puxa para baixo em direção ao centro da Terra), e ficar em órbita;
- ↳ Reconhecer a trajetória de lançamento capaz de sair da atmosfera com o menor gasto de combustível e entrar em órbita com o máximo de eficiência;
- ↳ Pesquisar informações sobre a função da Estação Espacial Internacional – ISS;
- ↳ Entender como um módulo é acoplado à ISS, levando os astronautas para dentro da Estação Internacional com total segurança;
- ↳ Investigar as técnicas utilizadas para trazer os astronautas de volta à Terra;
- ↳ Discutir os possíveis danos à saúde dos astronautas ao retornar à Terra após meses vivendo na Estação Internacional.

2. Metodologia da Atividade – Instruções iniciais para a apresentação do conteúdo

Esta atividade é uma pesquisa classificada como um problema não experimental.

A busca de informações para essa investigação ocorre, em sua maior parte, em sites. Para isso, é importante que os grupos de trabalho de pesquisa tenham acesso à internet para assistirem aos lançamentos dos foguetes. O professor poderá dispor de tempo no decorrer das aulas com interações com o objeto do conhecimento. Em seguida, pode orientar os alunos a investigarem e continuarem a pesquisa paralelamente às aulas normais.

A elaboração desta atividade nasceu a partir de um projeto interdisciplinar denominado “O que vejo a partir de minha janela”, realizado no período da pandemia em uma escola estadual de Santa Catarina, em 2020. Após a realização de uma atividade sobre o primeiro lançamento da SpaceX, os alunos começaram a demonstrar interesse em compreender o funcionamento e a tecnologia utilizada no lançamento de foguetes.

O professor pode planejar um momento coletivo para assistir ao lançamento da SpaceX, para que os alunos analisem, levantem hipóteses e observem as fases do lançamento. No vídeo do lançamento, existem expressões importantes para a realização da pesquisa, como: altitude, tempo, altura, espaço percorrido, velocidade, ângulo de escape e o comportamento do foguete até sair da atmosfera e entrar em órbita da Terra.

SUGESTÃO DE SITES PARA ACOMPANHAR O LANÇAMENTO DA SPACEX:

1º voo espacial da SpaceX tripulado só por civis, em 15/09/2021:

ASSISTA ao lançamento do 1º voo espacial da SpaceX tripulado só por civis. [S. l.: s. n.], 2021. 1 vídeo (13 min). Publicado pelo canal PODER360. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=ej4PAh10G4g>. Acesso em: 17 maio 2024.

SpaceX faz o 1º lançamento de foguete, em 07/01/2021:

SPACEX faz 1º lançamento de foguete em 2021. [S. l.: s. n.], 2021. 1 vídeo (39 min). Publicado pelo canal Olhar Digital. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=rV992IRaCMk>. Acesso em: 20 maio 2024.

Lançamento da *Starlink Mission* da SpaceX, em 17/03/2023:

Starlink Mission. [S. l.: s. n.], 2023. 1 vídeo (18 min). Publicado pelo canal SpaceX. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=HT2F37M193Y>. Acesso em: 26 maio 2024.

Lançamento da *Iridium-8 Mission* pela SpaceX, em 11/01/2019:

IRIDIUM-8 Mission. [S. l.: s. n.], 2019. 1 vídeo (1h31min). Publicado pelo canal SpaceX. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=VshdafZvwrg>. Acesso em: 20 maio 2024.

3. Situação-problema do tipo não experimental – Apresentação da tarefa desafiadora

Um dos grandes sonhos do homem sempre foi viajar para o espaço. No dia 12 de abril de 1961, o cosmonauta Yuri Alexeyevich Gagarin foi o primeiro homem a entrar no espaço, realizando uma volta completa em órbita da Terra em 1 hora e 48 minutos, dentro da nave espacial russa Vostok 1. A corrida espacial começou depois desse feito, com investimento dos Estados Unidos em Ciência e Tecnologia de maneira que, em 1969, três astronautas chegassem à Lua.

Partindo desse pressuposto, surgiu a situação-problema da SEI: **Como um foguete consegue sair da atmosfera terrestre?**

- 1) Outras perguntas serão respondidas no contexto desta investigação:
 - a) Quais leis físicas explicam o fenômeno que mantém um satélite em órbita da Terra?

- b) Quais conhecimentos físicos e matemáticos são necessários para o lançamento do foguete até a acoplagem do módulo na Estação Espacial Internacional – ISS?
- c) Quanto tempo o foguete leva para sair da atmosfera terrestre?
- d) Qual é a altura alcançada pelo foguete em relação à superfície da Terra ao entrar em sua órbita? Qual é a velocidade dos satélites nessa altura?
- e) Qual é a função dos satélites que orbitam a Terra?
- f) Como proceder para trazer uma nave espacial de volta à Terra?

4. Hipóteses

Depois de apresentar a situação-problema a ser investigada, o professor pode orientar os alunos a elaborarem hipóteses diretamente relacionadas ao tema proposto. Em seguida, é recomendável que os grupos discutam coletivamente as hipóteses sugeridas, selecionando aquela que melhor se alinha aos objetivos da pesquisa e que servirá como fundamento para o desenvolvimento do trabalho.

Por exemplo, uma hipótese possível poderia ser:

- ↘ Os avanços recentes na tecnologia de transporte espacial, demonstrados pelo sucesso no lançamento e na acoplagem de um módulo da SpaceX à Estação Espacial Internacional, destacam o potencial de ampliar a colaboração internacional e impulsionar o desenvolvimento de missões comerciais no setor espacial.

5. Materiais utilizados para a realização da atividade

Para a realização desta atividade, serão utilizados livros, revistas científicas, artigos científicos e vídeos disponíveis na internet.

6. Etapas das ações do professor e alunos

6.1 Tarefa do professor:

- ↘ Propor aos alunos o problema a ser investigado;
- ↘ Explicar e dialogar com os alunos sobre a Terceira Lei de Newton, pois ela consegue explicar como os foguetes atingem grandes velocidades pela ação e reação;
- ↘ Organizar os grupos de trabalhos. Esses grupos serão orientados a trabalhar paralelamente ao horário normal das aulas;

O professor precisa saber as aplicações das Leis de Newton. Neste caso, a terceira diz: *“A toda ação há sempre uma reação oposta e de igual intensidade: as ações mútuas de dois corpos um sobre o outro são sempre iguais e dirigidas em sentidos opostos”*. (Sampaio e Calçada, 2005, p. 248)

- ↳ Criar um clima desafiador e instigante, despertando no aluno a curiosidade para investigar este tema de pesquisa. Mexer com o imaginário dos alunos, fomentando a necessidade de construir saberes de caráter científico;
- ↳ Realizar encontros com os grupos de trabalho para avaliar e orientar as produções.

6.2 Tarefa dos grupos de alunos

- ↳ Sem a interferência do professor, os alunos começam a investigação levantando hipóteses para desvendar a situação-problema;
- ↳ Em sites, pesquisar textos e vídeos referentes a lançamentos de foguetes. A partir de 2020, começaram os lançamentos da SpaceX e, assim, existem muitos materiais que tratam do assunto.
- ↳ No decorrer das investigações, organizar arquivos digitais com os conteúdos que servem de base para a construção de um texto e edição de um vídeo.

Freire (1996, p. 69, grifo do autor) destaca que “somos os únicos em quem *aprender* é uma aventura criadora, algo, por isso mesmo, muito mais rico do que meramente repetir a lição dada. Aprender para nós é *construir*, reconstruir, *constatar para mudar*, o que não se faz sem abertura ao risco e à aventura do espírito”.

6.3 A investigação proposta

É possível iniciar a pesquisa sugerindo aos estudantes que assistam ao primeiro lançamento da SpaceX em um dos quatro sites indicados na seção 2 deste documento. Na internet, há uma grande variedade de recursos que abordam temas ligados a lançamentos de foguetes e espaçonaves, o que pode servir como suporte na busca por informações.

6.4 Procedimentos para a realização da atividade investigativa

O professor prepara o espaço e convida os estudantes a assistirem ao vídeo do primeiro lançamento da SpaceX. Isso marcará o início da atividade de investigação. Em seguida, ele possibilita que os alunos participem de uma discussão sobre a relevância dos foguetes que possuem a responsabilidade de colocar os satélites em órbita ao redor da Terra. O professor encoraja os alunos a compartilharem suas dúvidas e anota possíveis perguntas feitas por eles. É importante salientar que um professor exemplar não deixa passar nenhuma pergunta feita pelos alunos, pois o clima de curiosidade estimula os envolvidos na busca pelo conhecimento.

A fim de responder às questões iniciais, é necessário pesquisar artigos e assistir a mais vídeos sobre lançamentos recentes, de maneira a obter informações e conhecimentos científicos que possam fornecer os dados essenciais para a realização da pesquisa. Por último, os estudantes investigam o processo de acoplamento do módulo à Estação Espacial Internacional, local que garante a segurança dos tripulantes.

Depois de reunir os materiais práticos e teóricos necessários, o professor orienta os estudantes no desenvolvimento do texto científico. Além disso, os alunos têm a opção de ilustrar em cartolinas as etapas e a trajetória do lançamento.

7. Análise dos dados – Estruturação, internalização e reconstrução do conhecimento nos grupos de trabalho

Após finalizar a pesquisa, o grupo pode redigir um texto que abrange informações sobre inúmeras missões anteriores e os princípios físicos aplicados no lançamento de um foguete ao espaço. Além disso, por meio de fórmulas matemáticas poderão exemplificar os cálculos feitos para posicionar um satélite em órbita terrestre.

8. Avaliação da aprendizagem – Elaborar de forma individual um texto que contemple o conhecimento científico, em comum acordo com aqueles presentes nas literaturas e aceitos pela comunidade científica

Com o objetivo de avaliar o desenvolvimento de cada aluno, recomenda-se a produção de um texto, uma vez que a elaboração do trabalho em grupo, no item 6, pode ser menos extensa.

9. Comunicação dos resultados

9.1 Edição de um vídeo (individual ou coletivo)

O grupo de alunos pesquisadores pode, a partir dos resultados das análises, elaborar um vídeo demonstrando a trajetória do foguete ao sair da atmosfera terrestre e alcançar a órbita ao redor do planeta. Além disso, o vídeo poderá incluir detalhes sobre o processo de acoplamento do módulo à Estação Espacial Internacional.

Demo (2015, p. 27) afirma que: “[...] o professor criativo induz o aluno a criar também, ao mostrar materiais que permitam ao aluno manipular, experimentar, ver de perto, e principalmente refazer”.

9.2 Elaboração do relatório da atividade

O professor pode planejar um espaço onde os estudantes possam apresentar e mostrar os achados da investigação. Compartilhar nos perfis das redes sociais da instituição os textos criados pelos alunos, como maneira de reconhecer as produções individuais

e dos grupos de trabalho. Essas ações motivam professores e alunos a prosseguirem pesquisando situações desafiadoras e temas cativantes.

10. Atividade somativa – Diagnostica a aprendizagem na individualidade

- 1) O lançamento de foguetes tem seu funcionamento por meio da aplicação da Terceira Lei de Newton. A alternativa que representa essa Lei é:
 - a) () Todo corpo persiste em seu estado de repouso ou em movimento retilíneo uniforme, a menos que seja compelido a modificar esse estado pela ação de forças impressas sobre ele.
 - b) () A quantidade de movimento é uma grandeza física que depende da massa e da velocidade de um corpo, representando o produto entre essas duas propriedades.
 - c) () Para toda ação, existe uma reação de mesma intensidade, direção e sentido oposto.
 - d) () NDA.

- 2) Após alguns segundos da partida, o foguete é direcionado numa trajetória curva e sai tangencialmente à atmosfera terrestre. Quais as vantagens dessa ação sobre o foguete?

- 3) Ao sair da atmosfera terrestre, os motores propulsores do foguete são desativados. Explique a razão dessa ação.

- 4) Como a nave espacial consegue deslocar-se no espaço e ainda ser direcionada em variadas direções em sua órbita?

- 5) A corrida espacial começou após a Segunda Guerra Mundial, tendo EUA e URSS como duas grandes potências mundiais dispostas a fazer investimentos maciços na área de armamentos potentes e na construção de foguetes, que poderiam ir ao espaço e inclusive visitar o solo lunar. As duas potências conseguiram grandes feitos. A URSS foi a primeira a colocar um satélite com seres humanos em órbita da Terra, e os EUA foram os primeiros a pisar na Lua. Esses eventos aconteceram entre os períodos de:
 - a) () 1940 a 1970
 - b) () 1950 a 1975
 - c) () 1960 a 1980
 - d) () 1970 a 1985
 - e) () 1930 a 1975

- 6) Neil Armstrong foi o primeiro homem a pisar na Lua. Ele proferiu uma frase que ficou marcada na história e que contém importantes significados políticos, históricos e científicos. A frase proferida foi:
- a) () Este é um pequeno passo para o homem, um salto gigante para a humanidade.
 - b) () Este é um grande passo para o homem, um salto gigante para a humanidade.
 - c) () Este é um pequeno passo para o homem, um salto enorme para a humanidade.
 - d) () Este é um grande passo para um homem, mas um pequeno avanço para toda a humanidade.
- 7) Quais as contribuições que a corrida espacial trouxe para o progresso da humanidade?

11. Discussão e correção coletiva mediada pelo professor

Os exercícios propostos nesta atividade curricular são compostos por questões teóricas que abordam os conhecimentos vinculados aos acontecimentos históricos dos Estados Unidos e União Soviética após a Segunda Guerra Mundial, que influenciaram a corrida espacial, tiveram impactos significativos no avanço da Ciência e resultaram em uma revolução no campo das telecomunicações, promovendo o progresso da humanidade. Após a finalização da pesquisa e da atividade avaliativa, é sugerido que o professor encerre a atividade com a realização de um pequeno seminário para que os grupos possam apresentar e discutir suas pesquisas.

ATIVIDADE 05

A LEI DA GRAVITAÇÃO UNIVERSAL – VELOCIDADE DE TRANSLAÇÃO DOS ASTROS E DOS SATÉLITES ARTIFICIAIS

Duração: 7 aulas.

1. Objetivos estabelecidos – Meta a alcançar e organização do conhecimento

- ↳ Investigar o princípio da Lei da Gravitação Universal e sua relação com a Terceira Lei de Newton e a Terceira Lei de Kepler;
- ↳ Calcular a aceleração centrípeta, força centrípeta e a velocidade de translação da Lua, de satélites artificiais e dos planetas do Sistema Solar;
- ↳ Compreender o significado de satélite geoestacionário e sua função no sistema de telecomunicações do planeta Terra;
- ↳ Pesquisar informações e a função do único satélite geoestacionário do Brasil, o Satélite Geoestacionário de Defesa e Comunicações (SGDC).
- ↳ Aplicar a equação de Lei da Gravitação Universal.

É importante que o professor explique aos alunos a regra da Notação Científica. A multiplicação e divisão de potências de base 10 são fundamentais no desenvolvimento dos cálculos de medidas astronômicas. A utilização da calculadora científica acelera e dinamiza a resolução dos exercícios.

2. Metodologia da atividade – Instruções iniciais para a apresentação do conteúdo

A pesquisa seguirá os seguintes passos:

- a) Organização dos grupos de trabalho;
- b) O professor propõe a situação-problema;
- c) A busca de informações ocorrerá paralelamente ao horário normal das aulas;
- d) De posse das informações individuais, os grupos reúnem-se em sala de aula para juntar os dados e refutar hipóteses duvidosas;
- e) O professor orienta os grupos de trabalho;

- f) Após a conclusão da pesquisa, o professor organiza um seminário para os alunos apresentarem os resultados;
- g) A apresentação será por meio de ferramentas digitais.

Este conteúdo exige a capacidade de abstração do conhecimento, devido à sua complexidade. O professor precisa compreender muito bem o significado das leis físicas que regem os fenômenos relacionados à Astronomia, dominar a aplicação das equações matemáticas e a resolução dos cálculos.

3. Situação-problema do tipo experimental – Apresentação da tarefa desafiadora

No final do século XVII, Isaac Newton formulou a Lei da Gravitação Universal, descrita por Torres, Ferraro e Soares (2010, p. 259) da seguinte forma: “A intensidade da força de atração gravitacional entre dois corpos quaisquer é diretamente proporcional ao produto de suas massas e inversamente proporcional ao quadrado da distância que os separa”. Por meio dela, é possível calcular o módulo da atração gravitacional existente entre dois corpos dotados de massa. A força gravitacional é sempre atrativa e age na direção de uma linha imaginária que liga dois corpos. Essas equações permitem calcular a força centrípeta e a aceleração centrípeta, prever o raio das órbitas planetárias, o período dos asteroides, a ocorrência de eclipses, determinar a massa e raio de estrelas e planetas, e a velocidade de translação dos corpos que orbitam qualquer astro do Universo. Devido à importância dessa lei física para o desenvolvimento tecnológico do mundo, principalmente das telecomunicações dos satélites artificiais que orbitam a Terra, desenvolvi esta sequência didática aplicada a alunos do 1º ano do ensino médio.

Com isso, chegamos às seguintes questões: **por que os satélites artificiais e a Lua, satélite natural, não caem na Terra? Como calcular a velocidade de translação dos satélites artificiais que orbitam a Terra e os planetas em torno do Sol?**

4. Hipóteses

Após apresentar a situação-problema a ser investigada pelos grupos de trabalho referente ao conteúdo da Gravitação Universal, o professor os encaminha para pensarem hipóteses. Em seguida, ele incentiva os grupos de trabalho a discutirem todas as hipóteses apresentadas, com o objetivo de escolher a mais compatível, que será assumida ao longo de todo o percurso da pesquisa.

Um exemplo de hipótese plausível sobre o tema pode ser:

- ↳ A gravidade influencia não apenas os objetos na superfície da Terra, mas também os corpos celestes, desempenhando um papel essencial nas interações e na dinâmica do Universo.

5. Materiais utilizados para a realização da atividade

Para a realização desta atividade, serão utilizados livros didáticos e paradidáticos, revistas científicas, artigos científicos e vídeos disponíveis em sites da internet.

SITES SUGERIDOS PARA REALIZAÇÃO DA PESQUISA:

Texto com importantes informações sobre a Lei da Gravitação Universal:

HELERBROCK, Rafael. Gravitação universal. *Brasil Escola*. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/gravitacao-universal.htm>. Acesso em 11 de junho de 2024.

Material da Teoria de Newton que explica o porquê de a Lua não cair sobre a Terra:

MARTOLY, Pedro. Por que a lua não cai? Teoria de Isaac Newton explica. *Conhecimento científico*. Disponível em: <https://conhecimentocientifico.r7.com/porque-a-lua-nao-cai/>. Acesso em: 27 jun. 2024.

Vídeo de Claudio Behr, professor de Física, explicando o movimento do satélite natural da Terra:

SAIBA Porque a Lua Não Cai Sobre a Terra. Produzido por G1. [S. l.: s. n.], 2010. 1 vídeo (2 min). Publicado pelo canal Daniel Consul. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=Fs0J8xzo2zs>. Acesso em: 10 jun. 2024.

6. Etapas das ações do professor e alunos

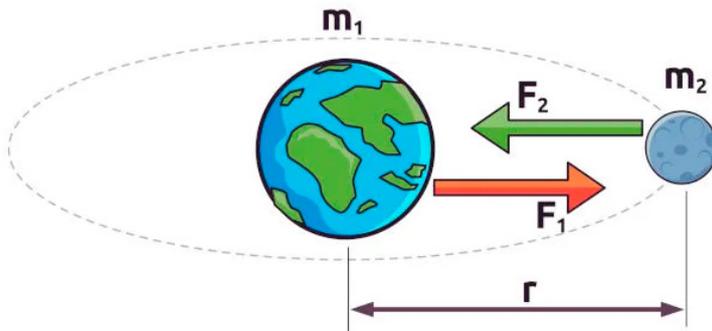
6.1 Tarefa do professor

- ↳ Recomendar que os alunos analisem o assunto;
- ↳ Explicar e discutir com os alunos a Lei da Gravitação Universal, de Isaac Newton;
- ↳ Organizar os grupos de trabalho;
- ↳ Construir um ambiente estimulante que desperte a curiosidade dos alunos sobre o assunto em estudo. Os alunos devem ser incentivados a refletir e a buscar conhecimentos científicos;
- ↳ Promover reuniões com as equipes de trabalho para discutir e planejar a atividade.

Alguns estudantes demonstram grande interesse em estudar leis e teorias da Física. Nesses casos, os professores podem promover atividades investigativas e pesquisas complementares às aulas durante o período letivo. As aprendizagens serão fundamentais para o desenvolvimento acadêmico futuro dos alunos dos cursos de Física e Engenharia, além de suas futuras carreiras profissionais.

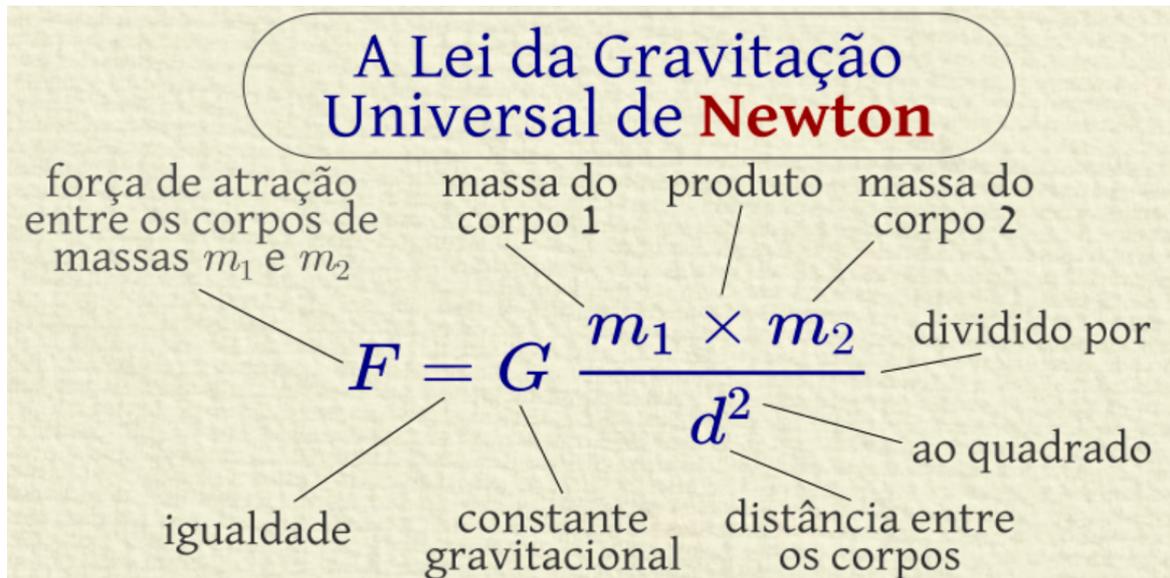
A Lei da Gravitação Universal estabelece que “a força atrativa entre dois corpos é diretamente proporcional ao produto das massas desses corpos e inversamente proporcional ao quadrado da distância entre esses corpos” (Melo, 2011, online). A representação e fórmula estão nas imagens a seguir:

Figura 13 – Representação da Lei da Gravitação Universal



Fonte: MELO, Pâmella Raphaella. Lei da gravitação universal. Mundo Educação, 2011. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/fisica/lei-gravitacao-universal.htm>. Acesso em: 27 jun. 2024.

Figura 14 – Fórmula da Lei da Gravitação Universal



Fonte: KILHIAN, Kleber. A Lei da Gravitação Universal de Newton. O baricentro da mente, 2019. Disponível em: <https://www.obaricentrodamente.com/2019/01/a-lei-da-gravitacao-universal-de-newton.html>. Acesso em: 17 jun. 2024.

Importante destacar as unidades de medidas:

- |F| – Módulo da força de atração gravitacional (N – Newton)
- G – Constante de gravitação universal ($6,67408 \cdot 10^{-11}$ N.kg²/m²)
- M – Massa gravitacional ativa (kg – quilogramas)
- m – Massa gravitacional passiva (kg – quilogramas)
- d² – distância entre as massas ao quadrado (m²)

A Lei da Gravitação Universal deu origem a outras fórmulas, como a que calcula a velocidade de translação, a gravidade em qualquer local e o período de translação.

$$v = \sqrt{\frac{GM}{r}} ; v_{esc} = \sqrt{\frac{2GM}{R}} ; g = \frac{GM}{r^2} ; T = \frac{2\pi r}{v} = 2\pi r \cdot \sqrt{\frac{r}{GM}}$$

6.2 Tarefa dos grupos de alunos

- ↘ Os alunos começam a pesquisa sem a interferência do professor, fazendo suposições para começar a resolver o problema;
- ↘ Para obter artigos científicos e vídeos relacionados ao assunto em análise, consulte os links mencionados anteriormente;
- ↘ Durante o processo de apuração, é fundamental organizar os arquivos eletrônicos contendo os materiais utilizados na construção do conhecimento apresentado no seminário.

7. Análise dos dados – Estruturação, internalização e reconstrução do conhecimento nos grupos de trabalho

Após finalizar a coleta de dados, cada equipe desenvolve um artigo científico ou uma apresentação de slides abordando os conceitos da Lei da Gravitação Universal, que será compartilhado durante o seminário.

8. Avaliação da aprendizagem – Elaborar de forma individual um texto que contemple o conhecimento científico, em comum acordo com aqueles presentes nas literaturas e aceitos pela comunidade científica

Uma maneira de avaliação utilizada pode ser a exibição dos resultados da pesquisa pelos grupos durante o evento. O professor pode recomendar uma autoavaliação e os grupos podem avaliar uns aos outros.

O professor pode substituir esta atividade pela lista de exercícios no item 9. O Novo Ensino Médio sofreu uma redução do número de aulas na disciplina de Física, então o professor precisa administrar bem o tempo das atividades propostas.

9. Comunicação dos resultados

9.1 Edição de um vídeo (individual ou coletivo)

Produção de um vídeo contendo as considerações resultantes da análise realizada e das discussões ocorridas durante o evento. Os participantes terão a opção de registrar suas reflexões em um papel grande ou criar um painel ilustrativo. A criação de um painel pode proporcionar um resultado mais profissional, porém há possíveis custos envolvidos. O vídeo poderá ser elaborado a partir do conteúdo apresentado no papel grande (cartolina), ou no painel ilustrativo (banner).

9.2 Elaboração do relatório

O professor pode planejar um espaço onde os estudantes possam apresentar e mostrar os achados da investigação. Ele também pode compartilhar nos perfis das redes sociais da instituição os textos criados pelos alunos, como maneira de reconhecer as produções individuais e dos grupos de trabalho. Essas ações motivam os professores e alunos a prosseguirem pesquisando situações desafiadoras e temas cativantes.

É necessário que o professor ajude e oriente os grupos na criação de textos, considerando uma possível dificuldade de compreensão do tema relacionado à Lei da Gravitação Universal. É sabido que a maioria dos alunos tem problemas com soma, multiplicação e divisão de números que envolvem potenciação. Portanto, o professor deve supervisionar os grupos de trabalho e ajudá-los a concluir as tarefas. Recomendamos a utilização da calculadora científica para resolução dos exercícios que envolvem a equação da Gravitação Universal.

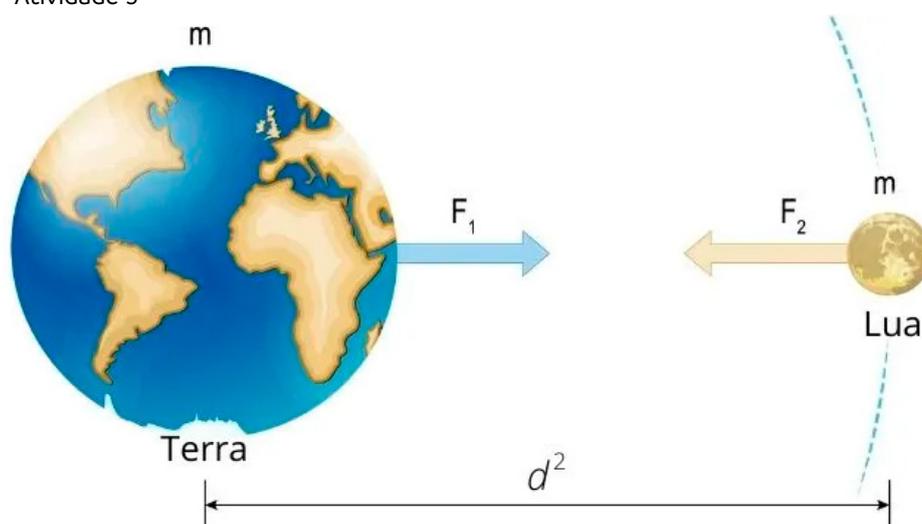
10. Avaliação somativa – Diagnostica a aprendizagem na individualidade

- 1) Assinale a alternativa que tem as palavras que melhor completam a frase a seguir:
A Lei da Gravitação Universal descreve como calcular a _____ gravitacional que atua entre duas _____ separadas por uma certa distância.
 - a) () massa; forças.
 - b) () distância; massas.
 - c) () força; massas.
 - d) () força; velocidades.
 - e) () aceleração; massas.

- 2) Escreva V para as alternativas verdadeiras e F para as falsas. Justifique suas respostas.
 - a) () Todos os corpos do Universo são atraídos mutuamente a uma força proporcional ao produto de suas massas e diretamente proporcional ao quadrado de sua distância;
 - b) () A Lei da Gravitação Universal é definida em termos da Constante de Gravitação Universal, cujo módulo é igual a $6,67408 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2$.
 - c) () A Lei da Gravitação Universal foi descoberta e desenvolvida pelo físico inglês Isaac Newton. Ela foi capaz de prever os raios das órbitas de diversos astros, bem como explicar teoricamente a Terceira Lei de Kepler. Essa lei é considerada empírica e foi descoberta por Johannes Kepler, relacionando o período orbital ao raio da órbita de dois corpos que se atraem gravitacionalmente.

- 3) Quais são as condições necessárias para um corpo entrar em órbita de um astro e não cair? Por que a Lua não cai sobre a Terra?
- 4) Escreva as equações que calculam a velocidade de translação de satélites artificiais e dos planetas.
- 5) A Terra possui um satélite natural, a Lua, que a orbita pela grande força gravitacional exercida pela gravidade terrestre. Sabendo que a massa da Terra é igual a $5,972 \cdot 10^{24}$ kg, a massa da Lua igual a $7,36 \cdot 10^{22}$ kg e a distância média entre a Terra e a Lua igual a 384.400 km ($3,84 \cdot 10^8$ m), determine:
- Dados: $G = 6,67408 \cdot 10^{-11}$ N.m²/kg².

Figura 15 – Atividade 5



Fonte: MELO, Pâmella Raphaella. Lei da gravitação universal. *Mundo Educação*, 2011. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/fisica/lei-gravitacao-universal.htm>. Acesso em: 27 jun. 2024.

- a) o valor da força gravitacional que a Terra exerce sobre a Lua.
- b) a força gravitacional que a Lua exerce sobre a Terra.
- 6) Pela Lei da Gravitação Universal, é possível calcular o valor da gravidade na superfície da Terra. Se multiplicar a constante da gravitação universal pela massa da Terra e dividir pelo raio ao quadrado, encontraremos seu valor.

$$g = \frac{GM}{r^2}$$

Dados:

Massa da Terra = $5,972 \cdot 10^{24}$ kg

$G = 6,67408 \cdot 10^{-11}$ N.m²/kg².

Raio da Terra = $6,371 \cdot 10^6$ m

Aplicue os dados na equação e calcule o valor da aceleração da gravidade na superfície do nosso planeta.

7) O valor encontrado na questão 6 é semelhante ao encontrado no experimento número 01, em que você aplicou a equação do pêndulo simples?

a) () Sim.

b) () Não.

8) Calcule o valor da velocidade de translação da Terra e a distância que ela percorre em um ano. Aplicando uma das equações a seguir, irá encontrar os valores:

$$v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$$

Dados:

Massa da Terra = $5,972 \cdot 10^{24}$ kg

$G = 6,67408 \cdot 10^{-11}$ N.m²/kg².

Raio da Terra = $6,371 \cdot 10^6$ m

Pode ser calculado pela equação:

$$v = \frac{2\pi R}{T}$$

Dados:

$R =$ distância entre a Terra e o Sol = $160.000.000.000$ m = $1,6 \cdot 10^{11}$ m.

$\pi = 3,14159$

$T = 365$ dias x 24 horas x 60 minutos x 60 segundos = $31.536.000$ segundos = $3,1536 \cdot 10^7$ s.

11. Discussão e correção coletiva mediada pelo professor

É fundamental que o professor identifique os obstáculos enfrentados pelos estudantes ao resolverem as questões. Caso seja preciso, o docente deve realizar uma correção em conjunto, explicando no quadro as equações e suas aplicações de forma clara, para que todos os alunos possam entender a lógica dos cálculos. Como se trata de um tema mais complicado, é essencial que o professor oriente os estudantes sobre o uso da calculadora científica, que pode ser útil na resolução dos problemas matemáticos.

ATIVIDADE 06

LEIS DE KEPLER – AS TRÊS LEIS QUE DESCREVEM OS MOVIMENTOS DOS PLANETAS SEM SE PREOCUPAR COM SUAS CAUSAS

Duração: 8 aulas.

1. Objetivos estabelecidos – Meta a alcançar e organização do conhecimento

- ↳ Compreender o movimento dos planetas por meio das Leis de Kepler, a partir do modelo heliocêntrico de Nicolau Copérnico;
- ↳ Analisar o período de translação dos planetas que compõem o Sistema Solar;
- ↳ Desenhar e conceituar as três Leis de Kepler;
- ↳ Calcular o período de rotação dos planetas por meio da equação da Terceira Lei de Kepler;
- ↳ Oportunizar a aprendizagem atitudinal, procedimental e conceitual do conteúdo.

2. Metodologia da Atividade – Instruções iniciais para a apresentação do conteúdo

O professor pode começar a aula explanando aos alunos sobre o sistema geocêntrico e o período da história em que ele foi reconhecido e aceito pela comunidade científica. Sobre isso, o professor pode problematizar a resistência em aceitar o sistema heliocêntrico. Aconselha-se que o professor provoque os alunos a pesquisarem o pensamento de Ptolomeu e Copérnico em relação ao tema. Destacar aos alunos a importância de compreender o comportamento do planeta Terra em seu movimento de rotação e translação.

O professor precisa estar preparado para possíveis questionamentos, considerando que o tema é polêmico. É importante que o professor tenha conhecimento para argumentar sobre as estações do ano, a Terra redonda, a Terra plana, o movimento giratório da Terra e os eclipses. Enfim, a atividade desperta a curiosidade dos alunos, levando-o a fazer indagações.

3. Situação-problema do tipo não experimental – Apresentação da tarefa desafiadora

As três leis propostas pelo astrônomo e matemático Johannes Kepler, chamadas Leis de Kepler, foram apresentadas no século XVII na obra *Astronomia Nova*, publica-

da no ano de 1609. Os estudos do astrônomo Tycho Brahe foram fundamentais para que Kepler pudessem descrever essas leis.

Partindo desse preceito, investigue em literaturas e responda a seguinte situação-problema:

Quais os conceitos e desenhos das Leis de Kepler que descrevem os movimentos dos planetas por meio do modelo heliocêntrico?

“Quando os alunos solucionam problemas, analisam casos ou respondem a desafios cognitivos, estão criando respostas originais e divergentes, relacionando novos conhecimentos aos que já possuem, dando significado as novas aprendizagens, isto é, realizam uma aprendizagem significativa” (Grillo, 2003, p. 42).

SITES QUE PODEM CONTRIBUIR NA BUSCA DE INFORMAÇÕES:

Texto sobre as Leis de Kepler:

ASTH, Rafael. Leis de Kepler: entenda quais são. *Toda Matéria*, 2024. Disponível em: <https://www.todamateria.com.br/leis-de-kepler/>. Acesso em: 10 jun. 2024.

Professor Boaro faz importantes explicações sobre as Leis de Kepler:

LEIS de Kepler. [S. l.: s. n.], 2020. 1 vídeo (1h7min). Publicado pelo canal Professor Boaro. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=AX5bTot6kSw>. Acesso em: 27 jul. 2024.

Vídeo interessante sobre o movimento dos planetas:

PRIMEIRA Lei de Kepler: Lei das Órbitas Elípticas (Astronomia). Produzido por Kimberly Hatch Harrison & Michael Harrison. [S. l.: s. n.], 2015. 1 vídeo (3min). Publicado pelo canal Socratica Português. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=g1b8zZ3LZhY>. Acesso em: 19 ago. 2024.

Vídeo que mostra que as órbitas dos planetas não são circulares:

LEIS de Kepler. [S. l.: s. n.], 2015. 1 vídeo (8min). Publicado pelo canal Evolucionar. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=U4aQYoPjXL0>. Acesso em: 17 jul. 2024.

4. Hipóteses

Depois de apresentar a situação-problema a ser investigada, o professor orienta os alunos a formularem hipóteses relacionadas às Leis de Kepler e aos movimentos dos planetas. A seguir, é importante que o professor motive os grupos de trabalho a discutirem todas as hipóteses apresentadas, com o objetivo de escolher a mais apropriada, que será adotada ao longo de todo o percurso da pesquisa.

Como exemplo, podemos formular uma possível hipótese, assim definida:

↘ Os planetas movem-se em órbitas elípticas ao redor do Sol, que está localizado em um dos focos. Durante sua trajetória, a linha imaginária que liga o planeta ao Sol cobre áreas iguais em intervalos de tempo iguais, fazendo com que a velocidade orbital do planeta varie conforme sua proximidade ao Sol. Além disso,

o período orbital de cada planeta é determinado pela distância média do planeta ao Sol, sendo que o quadrado do período é proporcional ao cubo da distância média.

5. Materiais utilizados para a realização da atividade experimental

O professor pode motivar os estudantes a participarem de uma atividade prática, na qual devem desenhar uma elipse com base em dois pontos focais para evidenciar a excentricidade da órbita dos planetas ao redor do Sol. Uma possível questão a ser feita seria: **de que maneira é possível criar uma elipse utilizando apenas linha ou corda?**

Itens necessários

- ↳ Um fio de nylon ou cordão; marcador; pregos pequenos; martelo; papel cartão ou sulfite; placa de MDF com as mesmas dimensões do papel cartão ou sulfite; lápis de colorir; tesoura; régua; e lápis.

6. Etapas das ações do professor e alunos

6.1 Tarefa do professor

Orientar os grupos na busca de informações e na construção da atividade prática.

6.2 Tarefa dos grupos de alunos

Com a orientação do professor, os grupos de trabalho investigam as teorias em textos científicos, livros didáticos e na internet, para coletar dados e executar a etapa prática da tarefa.

6.3 Como realizar a investigação por meio do experimento

A tarefa envolve a criação de ilustrações que representam as elipses percorridas pelos planetas em suas órbitas. Recomenda-se assistir ao vídeo que será apresentado a seguir:

SUGESTÃO DE PESQUISA:

Vídeo com um professor ensinando como traçar uma elipse com material de baixo custo:

DESENHO Técnico | Como fazer uma elipse usando linha ou corda? [S. l.: s. n.], 2018. 1 vídeo (4min). Publicado pelo canal Markoni Heringer. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=sHWbjFSen7U>. Acesso em: 20 ago. 2024.

Com base nesses ensinamentos, os alunos criam em papel cartão (cartolina ou papel pardo) o Sistema Solar, respeitando as escalas dos diâmetros e órbitas de todos os planetas em relação ao Sol, que se encontra em um dos focos da elipse. Cientistas efetuaram essas análises utilizando as fórmulas elaboradas por Kepler.

Por meio desta atividade, os alunos têm a oportunidade de entender o comportamento dos planetas em suas órbitas. Eles iniciam desenhando uma elipse e posicionando o Sol em um dos focos. Em seguida, desenharam o planeta Mercúrio na elipse, o mais próximo do Sol. E então, utilizando os valores do raio e período de cada planeta do sistema solar, desenharam novas elipses, respeitando as proporções e colocando os planetas em ordem sobre elas.

7. Análise dos dados – Estruturação, internalização e reconstrução do conhecimento nos grupos de trabalho

Após os grupos realizarem a análise das hipóteses e a pesquisa de informações em sites, biblioteca e livros didáticos, recomenda-se que elaborem os conceitos das Leis de Kepler.

Cada equipe deve criar dois pôsteres, sendo o primeiro com a representação do Sistema Solar, respeitando as dimensões estabelecidas por Kepler; e o segundo com a explicação dos conceitos das Leis de Kepler.

8. Avaliação da aprendizagem

Produzir de maneira individual um texto que aborde o conhecimento científico, de acordo com o consenso presente na literatura e aceito pela comunidade científica.

O professor pode sugerir que os estudantes transcrevam em seus cadernos o material elaborado durante as atividades em grupo. Eles podem copiar as informações presentes nos cartazes que abrangem todo o conteúdo estudado, assim como os desenhos das órbitas e os princípios das Leis de Kepler.

9. Comunicação dos resultados

9.1 Edição de um vídeo (individual ou coletivo)

Registrar as exposições realizadas por cada equipe de pesquisa. Uma equipe específica ficará responsável pela edição do material audiovisual contendo todas as apresentações.

9.2 Elaboração de um relatório da atividade

- ↳ Convidar outras turmas da escola para que os grupos apresentem os desfechos das investigações realizadas;
- ↳ Chamar os responsáveis para participarem das exposições pode ser uma forma de promover o Dia da Família na instituição de ensino. Dessa maneira, a escola tem a oportunidade de apresentar aos familiares e à comunidade as pesquisas científicas feitas pelos estudantes;
- ↳ Mostrar os trabalhos nas paredes da instituição de ensino;
- ↳ Compartilhar as performances em vídeo nas redes sociais.

10. Avaliação somativa – Diagnosticar a aprendizagem na individualidade

- 1) Escreva V se a alternativa for verdadeira e F se for falsa.
 - a) () A velocidade de translação de um planeta que orbita o Sol sofre variações ao longo da órbita.
 - b) () A velocidade de translação do planeta Terra orbitando o Sol é constante ao longo da órbita.
 - c) () A primeira Lei de Kepler diz que a órbita dos planetas em torno do Sol é elíptica e tem o Sol em um de seus focos.
 - d) () Quanto mais o planeta se distancia do Sol em sua órbita, maior será sua velocidade de translação.
 - e) () As pesquisas do astrônomo Tycho Brahe exerceram grande influência para que Kepler pudesse construir a teoria dos movimentos dos planetas, juntamente com os trabalhos de Copérnico sobre a construção do sistema heliocêntrico.
 - f) () A energia cinética é igual a massa do planeta, multiplicada pela velocidade ao quadrado e dividida por dois. Sua fórmula é $E_c = m \cdot v^2 / 2$. Então, podemos afirmar que a energia cinética torna-se máxima nas proximidades do periélio e mínima nas proximidades afélio.
- 2) No dia 6 de julho de 2018, o planeta estava em seu ponto mais distante do Sol. Nesse dia, o planeta atingiu o afélio, posição em que sua velocidade de translação é a mais baixa. O valor da velocidade é 105.444 km/h. Sabendo que a massa da Terra é aproximadamente $m = 5,97 \cdot 10^{24}$ kg, calcule a energia cinética nesse ponto de sua trajetória. A fórmula da energia cinética é: $E_c = m \cdot v^2 / 2$.
- 3) As variações da velocidade da Terra na rota ao redor do Sol tem alguma influência nas variações da temperatura, clima e nas estações do ano? Justifique.

- 4) Como podemos explicar a ocorrência das estações do ano e o clima mundial?
- 5) A terceira Lei de Kepler diz que o quadrado do período de translação de um planeta é diretamente proporcional ao cubo do raio médio de sua órbita. O nome dado a essa lei é _____ .
- 6) O que diz a Segunda Lei de Kepler?
- 7) O raio médio da órbita de Júpiter em torno do Sol é igual a 5 vezes o raio médio da órbita da Terra. Baseando-se na teoria da 3ª Lei de Kepler, calcule o valor aproximado do período de revolução de Júpiter em torno do Sol e assinale a alternativa correta.
- a) 5 anos.
 - b) 11 anos.
 - c) 25 anos.
 - d) 110 anos.
 - e) 125 anos.
- 8) Utilizando a Lei dos Períodos da Terceira Lei de Kepler, determine qual é o período de revolução aproximado de um determinado planeta, em anos terrestres, a uma distância de 24 unidades astronômicas do Sol.
- a) 41.
 - b) 53.
 - c) 62.
 - d) 75.
 - e) 89.
- 9) Existem centenas de satélites artificiais que orbitam a Terra. Supondo que o satélite S_1 tenha raio orbital de aproximadamente 60.000 km e período orbital de 24 horas, igual ao período de rotação da Terra (satélite estacionário), qual será o período orbital aproximado do satélite S_2 , com raio orbital de aproximadamente 20.000 km?
- a) 3,29 horas.
 - b) 4,62 horas.
 - c) 5,78 horas.
 - d) 6,91 horas.
 - e) 7,34 horas.

11. Discussão e correção coletiva mediada pelo professor

O professor pode chamar os estudantes para debater acerca da Primeira e Segunda Lei de Kepler, que têm natureza teórica. O professor deve verificar se os alunos conseguiram resolver as questões 7, 8 e 9, que exigem cálculos relacionados à Terceira Lei. Se eles não conseguiram, seria indicado o professor resolver no quadro.

RELATO DA APLICAÇÃO

Com o objetivo de validar o itinerário didático que compõe o produto educacional, construímos seis sequências de ensino investigativas que foram elaboradas para serem aplicadas na disciplina de Física no primeiro ano do ensino médio. Num primeiro momento, realizamos a aplicação piloto das sequências lançamento de foguetes – mostra brasileira e o experimento do pêndulo simples – o valor da constante da aceleração da gravidade terrestre, com a finalidade de verificar a potencialidade do material pedagógico. Após a aplicação, procedemos ajustes no itinerário didático e nas atividades propostas, reaplicando-as com o intuito de realizar a pesquisa associada à tese de doutorado.

A aplicação das atividades associadas ao produto educacional foi em uma turma de primeiro ano do ensino médio na Escola de Educação Básica São João Batista de São Miguel do Oeste (SC). O objetivo estava em oportunizar um ensino voltado à investigação científica na perspectiva do Educar pela Pesquisa. As atividades fo-



ram desenvolvidas em 16 encontros distribuídos em 27 períodos, com a participação de 20 alunos.

Para localizar e mobilizar os participantes no contexto da pesquisa em desenvolvimento, propomos três ações iniciais: a realização de uma palestra com a professora e pesquisadora Fabiana Tres, com o tema “Pesquisa Científica Investigativa”, visando a aproximar os estudantes da temática; a exibição do filme “Estrelas além do tempo”, com a finalidade de incentivá-los a começarem as investigações das situações-problema; e uma reunião da turma com o professor, pesquisador e idealizador da presente pesquisa, com o propósito de orientar e situar os alunos no cenário do estudo.

Os participantes formaram grupos de trabalho para o desenvolvimento das atividades, que tiveram seu início no dia 02 de julho de 2024 e perduraram por apro-

ximadamente três meses. Para o estudo em desenvolvimento, considerando as demandas do currículo escolar, optamos por aplicar apenas três das seis atividades apresentadas neste produto educacional, a saber: 1) Experimento do pêndulo simples – o valor da constante da aceleração da gravidade terrestre; 2) Pêndulo de Foucault – experimento sobre o movimento de rotação da terra; 3) Leis de Kepler – as três leis que descrevem os movimentos dos planetas sem se preocupar com suas causas. Cada grupo foi orientado a seguir as etapas estabelecidas no itinerário didático do produto educacional, assumindo o compromisso, juntamente com o professor pesquisador, de agir com responsabilidade em praticamente todos os encontros.

O quadro a seguir apresenta as atividades realizadas, com uma breve descrição e o período de duração de cada uma delas.

Quadro 3 – Atividades realizadas

Atividade	Pergunta/Tema central	Número de períodos
Formação dos grupos de trabalho	Apresentação da proposta SEI-RCP-ACP	1
Palestra com a professora e pesquisadora Fabiana Tres	Pesquisa Científica Investigativa	2
Filme	Estrelas além do tempo	3
Experimento do Pêndulo simples – O valor da constante da aceleração da gravidade terrestre	Como proceder para descobrir o valor da constante da aceleração da gravidade da Terra por meio de um experimento?	7
Pêndulo de Foucault – Experimento sobre o movimento de rotação da terra	Por meio do experimento do pêndulo de Foucault, como trazer evidência aos alunos de que a Terra gira?	6
Leis de Kepler – As três leis que descrevem os movimentos dos planetas sem se preocupar com suas causas	Quais os conceitos e desenhos das Leis de Kepler que descrevem os movimentos dos planetas por meio do modelo heliocêntrico?	8

Fonte: autores, 2023.

O produto educacional fundamenta-se numa proposta de ensino que valoriza

a participação ativa de todos os alunos no processo de construção do conhecimento.

Acreditamos na ideia de que o aluno possui a necessidade de pertencer ao meio e de estar em permanente conexão com o ambiente, com os colegas, com o professor e com o objeto do conhecimento a ser aprendido, a fim de desenvolver sua autonomia e competência. Sendo assim, criamos uma sigla chamada de SEI-RCP-ACP, na qual SEI significa Sequência de Ensino Investigativa; RCP significa Reconstrução do Conhecimento pela Pesquisa; e ACP é Autonomia, Competência e Pertencimento.

Ao receberem a atividade e analisarem a situação-problema a ser resolvida, os grupos de trabalho tiveram autonomia para organizar a maneira que buscariam as informações para encontrar a solução. Pesquisaram na internet, livro didático e textos científicos, além de fazerem experimentos no laboratório de Física e no *Maker*. As investigações desses materiais serviram de base para a extração de dados a serem utilizados na construção das pesquisas. No decorrer da aplicação das atividades, percebemos que a maioria dos alunos julgou ser fundamental a realização de experimentos para corroborar e discutir as leis científicas presentes nas literaturas especializadas. As atividades desenvolvidas oportunizaram que os participantes se sentissem seguros para discutir sobre pensamento científico, a Ciência e suas teorias, bem como sobre o papel da experimentação na construção do conhecimento.

As anotações do professor pesquisador, provenientes das falas dos participantes durante a realização das atividades, mos-

traram que existe um clamor por mudanças na forma que os conteúdos de Ciências da Natureza são ensinados na maior parte das escolas do Brasil. Os alunos mostraram acreditar que o ensino transmissivo e diretivo deveria ser substituído por um ensino mais ativo, que permite a construção de um ambiente de sujeitos parceiros de trabalho, onde ambos possam reconstruir conhecimentos por meio de atividades que instigam a curiosidade de desvendar fenômenos da natureza.

A aplicação das atividades investigativas permitiu aos participantes uma diversidade de situações de aprendizagem. Por meio das situações-problema propostas, os participantes investigaram, levantaram e assumiram hipóteses, realizaram experimentos, criaram protótipos, construíram tabelas e gráficos, elaboraram cartazes, escreveram textos coletivos e individuais, produziram vídeos, participaram de seminários, responderam avaliações individuais e comunicaram os resultados de suas pesquisas aos colegas de turma e comunidade escolar. A aplicação do produto educacional confirmou aquilo que Demo (2015) defende ao mencionar que investigar e pesquisar deve ser uma atitude cotidiana de professor e aluno no contexto escolar. Enfim, o contexto vivenciado mostrou a possibilidade de construir um novo caminho para o ensino de Ciências da Natureza, onde o professor, sujeito mais experiente, tem a função de orientar e avaliar; e o aluno, sujeito parceiro de trabalho, tem a função de pesquisar e elaborar.

REFERÊNCIAS

BAGNO, Marcos. *Pesquisa na escola: o que é, como se faz*. 26. ed. São Paulo: Edições Loyola, 2014.

BRICCIA, Viviane. Sobre a natureza da Ciência e o ensino. *In: CARVALHO, Anna Maria Pessoa de (org.). Ensino de Ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula*. São Paulo: Cengage Learning, 2022. p. 111-128.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. O ensino de Ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. *In: CARVALHO, Anna Maria Pessoa de (org.). Ensino de Ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula*. São Paulo: Cengage Learning, 2022. p. 1-20.

CLEMENT, Luiz. *Autodeterminação e ensino por investigação: construindo elementos para promoção da autonomia em aulas de Física*. 2013. 334 f. Tese (Doutorado em Educação Científica e tecnológica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

DEMO, Pedro. *Educar pela pesquisa*. 10. ed. Campinas: Autores Associados, 2015.

FREIRE, Paulo. *Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa*. São Paulo: Paz e Terra, 1996.

GALLIANO, A. G. *O método científico: teoria e prática*. São Paulo: Ed. Harbra, 1979.

GESSINGER, Rosana Maria. Teoria e fundamentação teórica na pesquisa em sala de aula. *In: MORAES, Roque; LIMA, Valdevez Marina do Rosário (org.). Pesquisa em sala de aula: tendências para a educação em novos tempos*. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2002, p. 189-202.



GRILLO, Marlene. Projeto político-pedagógico e prática avaliativa: uma relação necessária. In: ENRICONE, Délcia; GRILLO, Marlene (org.). *Avaliação: uma discussão em aberto*. 2 ed. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2003. p. 31-44.

LIBÂNEO, José Carlos. *Didática*. São Paulo: Cortez, 1994.

TORRES, Carlos Magno A.; FERRARO, Nicolau Gilberto; SOARES, Paulo Antonio de Toledo. *Física, Ciência e Tecnologia*. 2. ed. São Paulo: Moderna, 2010.

MELO, Pâmella Raphaella. Lei da gravitação universal. *Mundo Educação*, 2011. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/fisica/lei-gravitacao-universal.htm>. Acesso em: 27 jun. 2024.

MORAES, Roque. Educar pela Pesquisa: exercício de aprender a aprender. In: MORAES, Roque; LIMA, Valderez Marina do Rosário (org.). *Pesquisa em sala de aula: tendências para a educação em novos tempos*. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2002, p. 127-142.

NÉRICI, Imídeo Giuseppe. *Didática geral dinâmica*. 9. ed. São Paulo: Atlas, 1983.

ROITMAN, Isaac. A ciência com olhar para o futuro. *UFMG*, 2012. Disponível em: <https://www.ufmg.br/boletim/bol1794/2.shtml>. Acesso em: 15 nov. 2024.

SAMPAIO, José Luiz; CALÇADA, Caio Sérgio. *Universo da Física – Volume 1*. São Paulo: Atual Editora, 2005.

RECOMENDAÇÃO

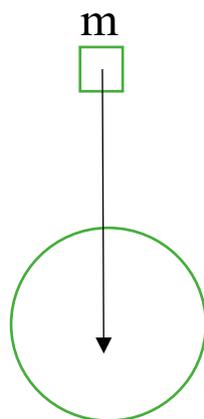
SILVA, Daniel Neves. Apollo 11. *Brasil Escola*. Disponível em: <https://brasilescola.uol.com.br/historiag/apollo-11.htm>. Acesso em 20 de agosto de 2024.

- APÊNDICE A -

RESPOSTAS

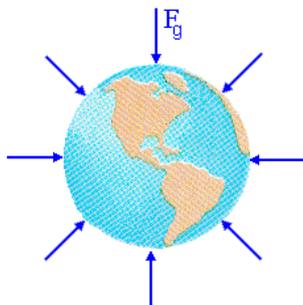
RESPOSTAS DO ITEM 10 DA ATIVIDADE 01

1) Figura 16



Fonte: elaborado pelo autor, 2024.

Figura 17



Fonte: PENTA3. Aceleração da gravidade. UFRGS, 2020.
Disponível em: http://penta3.ufrgs.br/fisica/QuedaCorpos/acelerao_da_gravidade.html. Acesso em: 17 jun. 2024.



- 2) a) Atraídos; centro. | b) Centro; gravidade; massa. | c) Proporcional; gravidade.
- 3) 60kg; 588N; 96N.
- 4) O valor da aceleração da gravidade depende da massa do planeta. A atmosfera interfere na resistência de queda dos corpos e não da gravidade.
- 5) A massa.
- 6) Espera-se que o aluno utilize a fórmula $g = 4 \pi^2 L/T^2$, isole o L e encontre o seu valor.
- 7) Chegarão juntas.
- 8) **Obs.:** O aluno precisa dominar as quatro operações com potências de base dez. Utilizando a equação a seguir, encontramos o valor de g.

$$g = 6,674 \cdot 10^{-11} \cdot 5,97 \cdot 10^{24} / (6,371 \cdot 10^6)^2 = 9,81 \text{ m/s}^2$$
- 9) A aceleração da gravidade na Estação Espacial Internacional é de 8,67 m/s².
 Obs.: O valor de r é a soma do raio da Terra com a altura h.

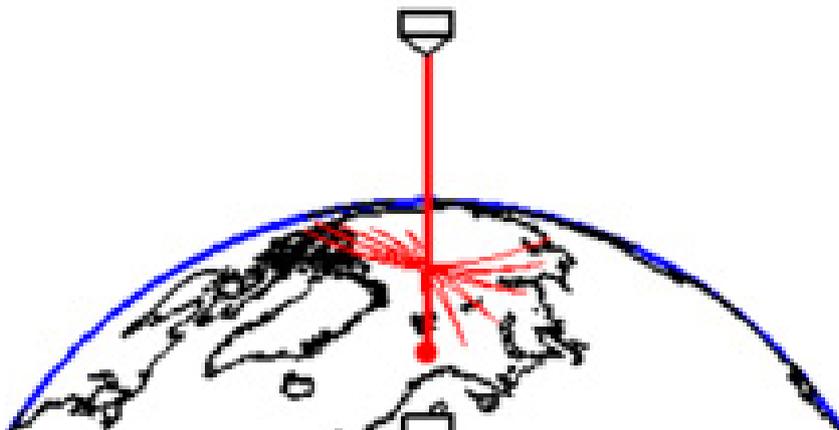
$$r = 6,371 \cdot 10^6 \text{ m} + 0,408 \cdot 10^6 \text{ m} = 6,779 \cdot 10^6 \text{ m}$$

$$g = 6,674 \cdot 10^{-11} \cdot 5,97 \cdot 10^{24} / (6,779 \cdot 10^6)^2 = 3,984378 \cdot 10^{14} / 4,595484 \cdot 10^{13} = 8,6702 \text{ m/s}^2$$

RESPOSTAS DO ITEM 10 DA ATIVIDADE 02

- 1) $T = 24 / \sin 48,8566^\circ = 24 / 0,75306523 = 31,869749$ horas.
 $31\text{h} + 0,869749 \times 60 = 31\text{h e } 52,18$ minutos = aproximadamente 31h e 52 min.
- 2) A alternativa d é a correta.
- 3) Em 90° , no polo Norte, o valor encontrado é de 24 horas;

Figura 18 – Pêndulo de Foucault no polo Norte



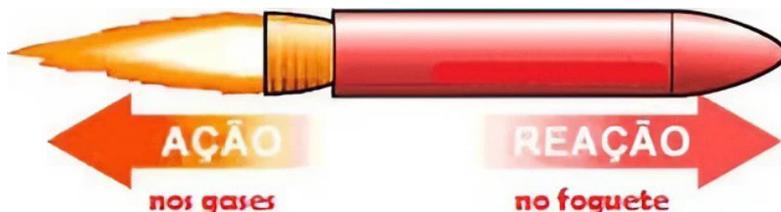
Fonte: HOEGEL, Bianca. *Foucaultsches Pendel*, 2022. Disponível em: https://www.biancahoegel.de/mechanik/pendel_foucault.html#cite_note-1. Acesso em: 20 set. 2024.

- Em 50° , o valor encontrado é de 31 horas e 19,74 minutos;
Em 30° , o valor encontrado é de 48 horas;
Em 0° , na linha do Equador, o pêndulo não se move;
Em 15° , Norte e Sul possuem o mesmo valor de 92 horas e 43,72 minutos.
- 4) $T = 24 / \sin 26,71^\circ = 24 / 0,4494 = 53,39$ horas = 53 horas e 23,40 minutos.
 - 5) A primeira vez que o experimento foi realizado foi no Panteão de Paris, em 1851, reproduzido posteriormente em vários locais da Terra com resultados consistentes. O Pêndulo de Foucault foi importante porque forneceu uma evidência direta e visual da rotação da Terra, ajudando a consumir a ideia de que a Terra era estacionária e abrindo caminho para uma compreensão mais precisa do universo. Ajudou também a evidenciar que a Terra é redonda e que ela demora 23 horas, 56 minutos e 4 segundos para completar uma volta em torno de si.

RESPOSTAS DO ITEM 10 DA ATIVIDADE 03

- 1) Sim, pois toda ação gera uma reação entre dois corpos. A ejeção do combustível, ar e água comprimidos (a ação), faz com que o foguete se mova para frente (a reação).

Figura 19 – Ação e reação em foguetes



Fonte: SIQUEIRA, Júlia. O Desenvolvimento e Testes de Foguetes: o Brasil no Avanço da Engenharia Aeroespacial. *Engenharia 360*, 2023. Disponível em: <https://engenharia360.com/equipe-brasileiras-testam-foguetes-espaciais/>. Acesso em: 26 out. 2024.

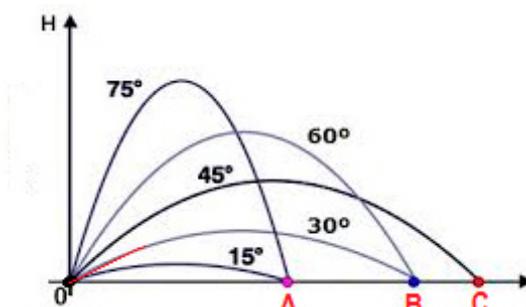
Figura 20 – Lançamento de foguete



Fonte: SIQUEIRA, Júlia. O Desenvolvimento e Testes de Foguetes: o Brasil no Avanço da Engenharia Aeroespacial. *Engenharia 360*, 2023. Disponível em: <https://engenharia360.com/equipe-brasileiras-testam-foguetes-espaciais/>. Acesso em: 26 out. 2024.

- 2) Os estudos físicos mostram que o maior alcance é atingido com ângulo de 45° , conforme mostra a figura a seguir.

Figura 21 – Alcance



Fonte: BERNARDO, Nívio. Altura máxima e alcance máximo. *Vamos estudar Física*, 2016. Disponível em: <https://vamosestudarfisica.com/altura-maxima-e-alcance-maximo/>. Acesso em: 17 out. 2024.

- 3) Para ter aerodinâmica e boa estabilidade, é necessário colocar a quantidade de água ideal, peso na ponta do foguete, asas proporcionais para gerar o equilíbrio, ponta perfeita para vencer a resistência do ar, pressão colocada no interior e ângulo de lançamento. O princípio físico que rege isso é o centro de gravidade ou massa e pressão.
- 4) É a aceleração da gravidade. Ela atrai os corpos para o centro da Terra e seu valor é $9,81 \text{ m/s}^2$. **Obs.:** Sugerimos ao professor realizar o experimento da sequência didática 01 deste produto educacional.
- 5) O conjunto ficaria muito pesado. Mesmo com o máximo de pressão introduzida no interior do foguete, ele cairia antes e diminuiria o alcance.
- 6) Para ângulos de 45° , basta aplicar a equação $A = v_0^2/g$.

$$A = 20^2/9,81 = 400/9,81 = 40,77 \text{ m.}$$

Sugerimos que, após a resolução do problema, o professor recomende aos alunos que acessem os sites a seguir:

Vídeo de simulador de lançamento:

SIMULAÇÃO PhET - Lançamento oblíquo. [S. l.: s. n.], 2019. 1 vídeo (8min). Publicado pelo canal Aprenda com Franklin. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=70rK4q1jWAM>. Acesso em: 26 out. 2024.

Simulador de lançamento oblíquo de projéteis:

PHET. *Movimento de Projétil*. University Of Colorado, ©2025. Disponível em: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/projectile-motion. Acesso em: 10 out. 2024.

A questão 6 é um cálculo simples de realizar. Quando o aluno calcula e, em seguida, o simulador comprova os valores que ele encontrou, perceberá que compreendeu a lei física que rege o fenômeno, estimulando-o a resolver outros problemas desafiadores.

É relevante que o professor organize tarefas possíveis de serem resolvidas de acordo com a capacidade cognitiva dos alunos e, assim, eles se sentirão motivados a pesquisar novas situações-problema, constantemente desafiados a realizar investigações para a reconstrução de novos conhecimentos.

Basta o professor apresentar a equação do seno e cosseno, e então os alunos conseguirão calcular a altura máxima e o tempo de voo. No decorrer da resolução dos cálculos, os alunos irão perceber que quanto maior a gravidade do astro, menor será o tempo de voo, a altura máxima e a distância máxima alcançada.

- 7) Em Júpiter:

$$A = 20^2/24,8 = 400/24,8 = 16,12 \text{ m.}$$

Na Lua:

$$A = 20^2/1,63 = 400/1,63 = 245,39 \text{ m.}$$

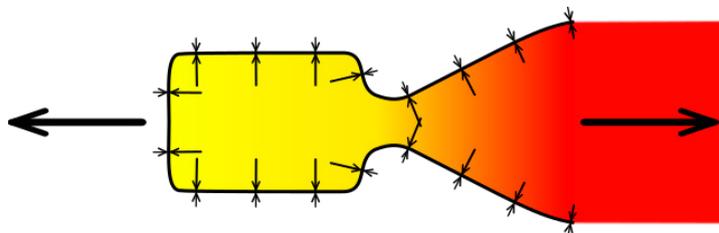
- 8) Saturno. Sim, se assemelham.

RESPOSTAS DO ITEM 10 DA ATIVIDADE 04

- 1) C.
- 2) Reduzir muito o consumo de combustível e entrar na atmosfera de tal forma que melhora o direcionamento de sua órbita.
- 3) Com a ausência de ar, o atrito é praticamente zero. Assim, o módulo continua seu movimento em órbita da Terra com a mesma velocidade de saída da atmosfera, que é aproximadamente 28.000 km/h. Os propulsores são levemente ligados para mudar a direção do módulo que será acoplado à Estação Internacional.

O resultado é uma força propulsora para a esquerda, enquanto os gases são propelidos para a direita, independentemente da existência da atmosfera, portanto, ocorrendo também no vácuo.

Figura 22 – Impulso



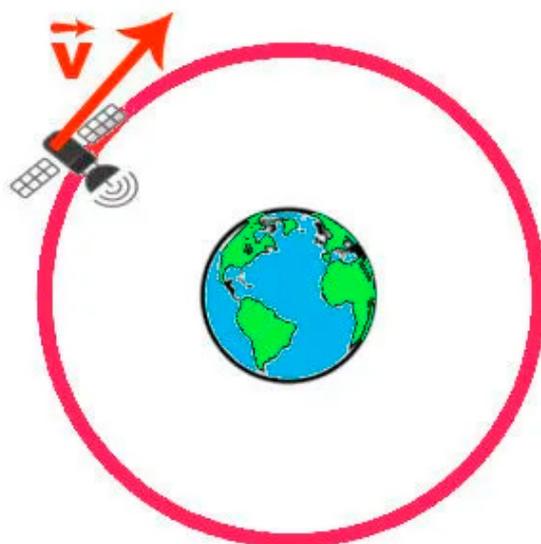
Fonte: WIKIPEDIA. *Force diagram for rocket engine thrust*, 2009. Disponível em: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Rocket_thrust.svg. Acesso em: 17 jun. 2024.

- 4) A espaçonave possui propulsores que, quando acionados à esquerda, o empurram para a direita, assim sucessivamente. Como os atritos são praticamente nulos, ela é facilmente manobrada pela ação e reação.
- 5) B.
- 6) A.
- 7) A corrida espacial ocorreu no período da Guerra Fria, com o objetivo de apresentar para o mundo o poderio tecnológico e ideológico entre EUA e URSS. Ela trouxe benefícios a todo o mundo, como o lançamento de satélites, com o objetivo de fazer previsões do tempo que podem auxiliar na agricultura; as telecomunicações; a fotografia espacial; os estudos astronômicos; e os experimentos na Estação Internacional.

RESPOSTAS DO ITEM 10 DA ATIVIDADE 05

- 1) C.
- 2) a) F (inversamente) | b) V | c) V
- 3) A velocidade da Lua é tangencial à sua trajetória ao redor da Terra e, sendo assim, ela está em uma espécie de movimento de queda perpétuo e nunca atingirá a superfície terrestre. O valor de sua velocidade é suficientemente grande para que ela permaneça em órbita acompanhando a curvatura da Terra.

Figura 23 – Satélite em órbita



Fonte: SILVA JÚNIOR, Joab Silas da. Por que a Lua não cai na Terra? *Mundo Educação*, 2017. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/fisica/por-que-lua-nao-cai-na-terra.htm>. Acesso em: 13 out. 2024.

$$4) \quad v = \sqrt{\frac{G \cdot M}{R}} \quad V = \frac{2\pi R}{T}$$

- 5) a) Para calcular a atração gravitacional que a Terra exerce sobre a Lua, usaremos a Lei da Gravitação Universal:

$$F = \frac{GMm}{d^2}$$

$$F = \frac{(6,67408 \cdot 10^{-11}) \cdot (5,972 \cdot 10^{24}) \cdot (7,36 \cdot 10^{22})}{(3,84 \cdot 10^8)^2} = 19,89 \cdot 10^{19} \text{ N}$$

$$F \approx 20 \cdot 10^{19} \text{ N}$$

- b)** De acordo com a Terceira Lei de Newton, a Lei da Ação e Reação, se a Terra exerce uma força de ação sobre a Lua, essa deve exercer uma força atrativa sobre a Terra de mesmo módulo e direção, porém, no sentido oposto. Logo, a força que a Lua faz sobre a Terra também é de $20 \cdot 10^{19}$ N.
- 6)** O valor encontrado será aproximadamente de $9,81 \text{ m/s}^2$.
- 7)** O aluno precisa compreender que há várias maneiras de quantificar um fenômeno físico.
- 8)** O valor encontrado será aproximadamente $31.861,99 \text{ m/s}$. Em km/h devemos multiplicar por $3,6 = 114.703 \text{ km/h}$, aproximadamente.

RESPOSTAS DO ITEM 10 DA ATIVIDADE 06

1) a) V | b) F | c) V | d) F | e) V | f) V

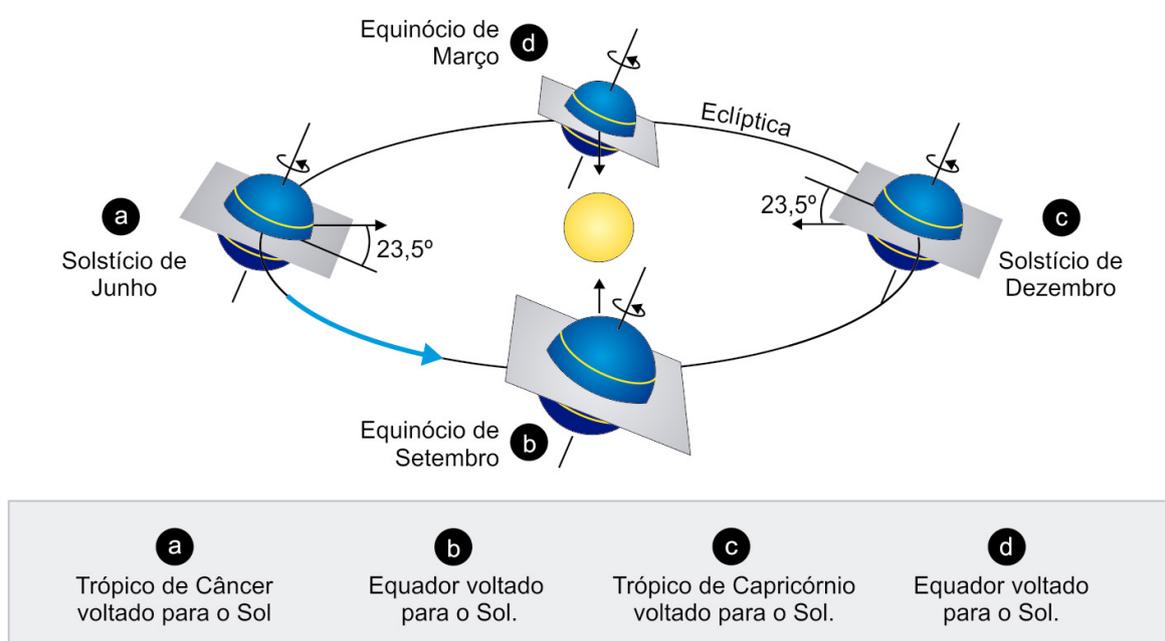
2) Primeiro transformar a velocidade em m/s. $105\ 444 : 3,6 = 29\ 290$ m/s.

$$E_c = 5,97 \cdot 10^{24} \cdot (29\ 290)^2 / 2 = 5,97 \cdot 10^{24} / 857\ 904\ 100 = 6,958819756 \cdot 10^{15} \text{ J.}$$

3) As estações do ano são definidas conforme a posição que a Terra está ao longo da rota de translação e sua inclinação.

4) A inclinação do eixo de rotação da Terra em relação ao plano de órbita ao redor do Sol definem as estações do ano. Esse fenômeno chama-se eclíptica. O eixo de inclinação da Terra é de $23,5^\circ$.

Figura 24 – Movimento do Sol e as estações do ano



Fonte: SARAIVA, Maria de Fátima O. Movimento anual do Sol e Estações do ano. *Instituto de Física da UFRGS*, 2015. Disponível em: https://www.if.ufrgs.br/fis02001/aulas/aula_movsol.htm. Acesso em: 16 nov. 2024.

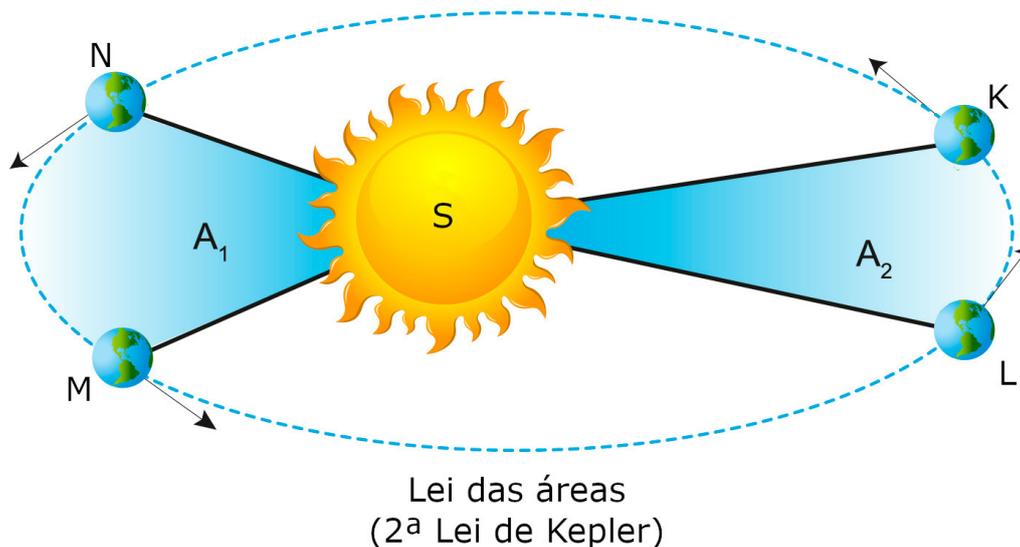
5) Lei dos Períodos.

6) A segunda lei de Kepler descreve que corpos orbitando ao redor de outro corpo em repouso fazem deslocamentos de áreas iguais, em intervalos de tempos iguais.

A fórmula que descreve a segunda lei de Kepler é:

$$\frac{A_1}{\Delta t_1} = \frac{A_2}{\Delta t_2}$$

Figura 25 – Áreas correspondentes em diferentes trechos do plano orbital de um planeta



Fonte: SILVA, Lucas Henrique dos Santos. Segunda Lei de Kepler. *Infoescola*, 2011. Disponível em: <https://www.infoescola.com/fisica/segunda-lei-de-kepler/>. Acesso em: 19 nov. 2024.

7) Fórmula

$$a^3 = k \cdot T^2$$

$$k = 1$$

Logo:

$$5^3 = 1 \cdot T^2$$

$$T^2 = 5^3 \cong 11 \text{ anos terrestres.}$$

8) Fórmula

$$a^3 = k \cdot T^2$$

$$k = 1$$

Logo:

$$24^3 = 1 \cdot T^2$$

$$T^2 = 24^3$$

$$T^2 = 13824$$

$$T \cong 117,57 \text{ anos terrestres.}$$

9) Aplicar a fórmula da Terceira Lei de Kepler:

$$\frac{T_1^2}{R_1^3} = \frac{T_2^2}{R_2^3}$$

$$\left(\frac{24^2}{T_2^2}\right) = \left(\frac{60.000^3}{20.000^3}\right)$$

$$\left(\frac{24^2}{T_2^2}\right) = (3^3) \rightarrow 27$$

$$\frac{24}{T_2} = \sqrt{27} \rightarrow \frac{24}{T_2} \approx 5,196$$

$$T_2 = \frac{24}{5,196} \approx 4,62 \text{ horas}$$

Resposta correta: letra B.

APRESENTAÇÃO DOS AUTORES

.....



ALTAIR JOSÉ FONTANA

Graduado em Pedagogia, Ciências Físicas e Biológicas, Matemática e Física. Especialista em Fundamentos da Educação. Mestre em Educação em Ciências e Matemática pela Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS). Doutor em Ensino de Ciências e Matemática pela Universidade de Passo Fundo (UPF). De 1987 a 1989, atuou como alfabetizador na rede pública municipal de Guaraciaba/SC e São Miguel do Oeste/SC, em escolas multisseriadas. De 1989 a 1998, atuou como professor contratado na rede pública estadual de Santa Catarina. De 1999 a 2017, atuou como professor nas escolas particulares CVE, Colégio São José, Colégio Peperi e SENAI, além das universidades

UNOESC e FAI – Faculdades nos cursos de Agronomia, Arquitetura, Engenharia Civil, Medicina Veterinária, Engenharia de Alimentos, Técnico em alimentos, Ciências Biológicas, Normal Superior, Matemática e nos cursos de especialização na formação de professores. Atualmente, é professor efetivo na rede pública de ensino do estado de Santa Catarina. Integrante do Grupo de Pesquisa em Educação Científica e Tecnológica – GruPECT.



CLECI TERESINHA WERNER DA ROSA

Doutora em Educação Científica e Tecnológica pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) e pós-doutora pela *Universidad de Burgos*, Espanha. Professora da área e do curso de Física na Universidade de Passo Fundo (UPF) e docente permanente dos programas de pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática e em Educação, ambos na UPF. Coordena o Grupo de Pesquisa em Educação Científica e Tecnológica – GruPECT, investigando temas vinculados à Metacognição, Estratégias de Aprendizagem, Aprendizagem Significativa, Alfabetização Científica e Ensino por Investigação.

Este produto educacional contém um itinerário didático elaborado como material de apoio para professores do ensino médio da área de Ciências da Natureza, reunindo seis atividades investigativas de Física, inspiradas na perspectiva do Educar pela Pesquisa. Os temas abordam conceitos relevantes, como: o experimento do pêndulo simples para determinação da aceleração da gravidade; o pêndulo de Foucault como evidência do movimento de rotação da Terra; experimentos com lançamentos de foguetes, preparatórios para a participação na Mostra Brasileira de Lançamentos de Foguetes; a acoplagem do módulo da SpaceX na Estação Espacial Internacional e a órbita dos satélites; a Lei da Gravitação Universal e a velocidade de translação dos astros; e as Leis de Kepler, que descrevem os movimentos dos planetas. O objetivo dessa proposta é transformar o ambiente da sala de aula em um espaço pautado pelo pertencimento e pela conexão ativa dos alunos com o objeto do conhecimento, visando à construção da autonomia e da competência na reconstrução dos saberes científicos. Nesse contexto, incentiva-se a curiosidade e o protagonismo, conduzindo os estudantes à construção do raciocínio científico por meio de situações-problema instigantes, nas quais são levados a buscar informações, realizar experimentos, coletar dados, escrever textos, construir cartazes, editar vídeos e comunicar os resultados de suas elaborações científicas.



UPF

PPGECM - PROGRAMA
DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA



UPF

EDITORA