



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PIAUÍ
CAMPUS SÃO RAIMUNDO NONATO
CURSO LICENCIATURA EM FÍSICA**

ALINE DA MATA E SILVA

**UTILIZAÇÃO DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA NO ESTUDO DA GRAVITAÇÃO
UNIVERSAL: CONTO DE FICÇÃO E SIMULADOR COMO FERRAMENTAS DE
ENSINO**

SÃO RAIMUNDO NONATO – PI

2022

ALINE DA MATA E SILVA

UTILIZAÇÃO DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA NO ESTUDO DA GRAVITAÇÃO
UNIVERSAL: CONTO DE FICÇÃO E SIMULADOR COMO FERRAMENTAS DE
ENSINO

Trabalho de Conclusão de Curso (monografia)
apresentado como exigência parcial para obtenção
do diploma do Curso de Licenciatura em Física do
Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia do Piauí. Campus São Raimundo
Nonato.

Orientador: Prof. Me. Mauryléia Marques Ferreira
de Medeiros.

SÃO RAIMUNDO NONATO - PI

2022

Silva, Aline da Mata e
S586u Utilização de uma sequência didática no estudo da gravitação universal:
conto de ficção e simulador como ferramenta de ensino / Aline da Mata e
Silva. - São Raimundo Nonato - PI, 2022.
85 f. il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Física) - Instituto
Federal do Piauí, Campus São Raimundo Nonato, 2022.

Orientadora: Profa. Ma. Mauryléia Marques Ferreira de Medeiros.

1. Ensino de Física. 2. Conto de Ficção Científica. 3. Simulador. I.
Título

CDD - 530

Ficha catalográfica: Josué de Moura Costa (Bibliotecário) – CRB3/1130

ALINE DA MATA E SILVA

UTILIZAÇÃO DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA NO ESTUDO DA GRAVITAÇÃO
UNIVERSAL: CONTO DE FICÇÃO E SIMULADOR COMO FERRAMENTAS DE
ENSINO

Trabalho de Conclusão de Curso (monografia)
apresentado como exigência parcial para obtenção
do diploma do Curso de Licenciatura em Física do
Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia do Piauí. Campus São Raimundo
Nonato.

Aprovada em: 24/01/2022

BANCA EXAMINADORA

Prof. Me. Mauryléia Marques Ferreira de Medeiros (Orientadora)
Instituto Federal do Piauí (IFPI)

Prof. Dr. Antônio Sousa Ribeiro
Instituição Federal do Piauí (IFPI)

Prof. Me. Gilson Mauriz Gomes
Instituição Federal do Piauí (IFPI)

À minha mãe Zeneide e o meu pai Divino, aos meus Tios Lucia e Adailton e aos meus irmãos e irmãs, que estão sempre presentes nos momentos que mais preciso.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, porque o Senhor é bom, e o seu amor dura para sempre; a sua fidelidade estende-se de geração a geração. Agradeço pela força e coragem que precisei ter em todos os momentos da minha vida e principalmente por ter colocado grandes pessoas que foram essenciais na minha jornada.

À minha família pela força e paciência que tiveram durante todo o meu percurso durante o Curso que não foram fáceis, em especial a minha mãe e meu pai, bem como meus tios que me acolheram de forma amável.

As minhas irmãs e meus irmãos que sempre me deram força e carinho para que eu conseguisse alcançar meus objetivos.

Principalmente aos meus irmãos Mauricio e Mauri, pelo apoio constante, emocional e por toda força e carinho.

A minha orientadora Prof. Me. Mauryléia Marques Ferreira, a quem tenho um grande orgulho de ser sua orientanda e por ser uma excelente professora, e por ter abraçado esse trabalho, bem como por suas motivações diárias durante ao Curso.

Aos meus professores do Curso de Licenciatura em Física que estiveram presentes nesses quatro anos e meio, que com certeza me proporcionaram grandes momentos de aprendizagem e por tudo que aprendi com eles.

Aos professores Antônio, Mayara, José Moreira, Léia, Nogueira pelos grandes momentos de aprendizagem e brincadeiras e principalmente pela paciência.

Aos meus colegas de turma, assim como eu enfrentaram e enfrentam dificuldades nas suas jornadas, das lutas constantes, dos trabalhos e seminários incontáveis e das correrias do estágio. Em especial as minhas amigas Nair Lorrany e Jane Kelly, que me ajudaram a sair de momentos difíceis que passei durante o curso e por serem grandes amigas de luta.

Aos meus primos João Victor e Luan pela força e o apoio que me deram durante todo esse tempo.

E a todos que contribuíram direta ou indiretamente para a realização desse trabalho, sintam-se agradecidos.

“A gravidade explica os movimentos dos planetas, mas não pode explicar quem colocou os planetas em movimento. Deus governa todas as coisas e sabe tudo que é ou que pode ser feito.”

Isaac Newton.

RESUMO

O ensino de física acontece frequentemente de maneira tradicional, com ênfase em atividade orais e o uso excessivo de fórmulas matemáticas. Pensando nas possibilidades que o ensino de física pode ocasionar, nós propomos, neste trabalho uma sequência didática que envolve o uso de um conto de ficção científica e um simulador, com a finalidade de proporcionar aos estudantes envolvidos um ensino de forma interativa, e que aconteça o ensino-aprendizagem. A utilização das ferramentas envolvidas, possibilitou que os estudantes participassem de forma significativa no ensino. Nós escolhemos o conteúdo de Gravitação devido a sua importância para o ensino de física básica e por se trata de um conteúdo que é visto pelos alunos, de forma resumida e simplificada. A utilização o conto de ficção científica e o simulador promoveram aprendizagem entre as relações do real com o ficcional, e as relações entre as concepções conhecidas por esses alunos anteriormente com novas informações adquiridos com aplicação do trabalho aqui proposto. Possibilitando assim analisar a contribuição da utilização do conto de ficção científica junto ao simulador no ensino de Física na Educação Básica.

Palavras-chave: sequência didática; ensino de física; gravitação; conto de ficção científica; simulador.

ABSTRACT

Physics teaching often takes place in a traditional ways, with na emphasis on oral activities and the execissve use of mathematical formulas. Thinking about the possibilities that the teaching of physics can bring, we propose, in this work, a didactic sequence that involves the use of a Science fiction short story and a simulator, in order to provide the students involved with teaching in an interactive way, and that it happens the taching – learning. The use of the tools involved allowed students to particiate significantly in teaching. We chose the Gravitation contebnt beacause of its importance for teaching basic physics and because it is content that is seen by students, in a summarized and simplified way. The use of the Science fiction short story and the simulator promoted learning between the relations between the real and the fictional, and wing the relations between the conceptions previously known by these students with new information acquired through the application of the work proposed here. Thus, making it possible to analyze the contribution of using the Science fiction short story with the simulator in the teaching of Physcis in Basic Education.

Keywords: following teaching; physics teaching; gravitation; science fiction tale; simulato.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Percentual relacionado a pergunta de número 1	31
Figura 2- Percentual relacionado a pergunta de número 2	32
Figura 3- Percentual relacionado a pergunta de número 3	32
Figura 4- Percentual relacionado a pergunta de número 4	33
Figura 5- Percentual relacionado a pergunta de número 5	34
Figura 6 – Aplicação do questionário investigativo	34
Figura 7 – Percentual a respeito do questionário voltado para o ensino de gravitação	35
Figura 8– Percentual a respeito do questionário voltado para o ensino de gravitação	36
Figura 9 – Percentual a respeito do questionário voltado para o ensino de gravitação	36
Figura 10 – Percentual a respeito do questionário voltado para o ensino de gravitação	37
Figura 11 – Percentual a respeito do questionário voltado para o ensino de gravitação	38
Figura 12 – Percentual a respeito do questionário voltado para o ensino de gravitação	38
Figura 13 – Percentual a respeito do questionário voltado para o ensino de gravitação	39
Figura 14 – Percentual a respeito do questionário voltado para o ensino de gravitação	40
Figura 15 – Aula expositiva (Apanhado Histórico)	40
Figura 16 – Aula expositiva (Leis de Kepler)	41
Figura 17 – Interface do simulador PhET	41
Figura 18– Interface do simulador PhET (desenvolvimento da simulação).....	42
Figura 19 – Aplicação da Atividade.....	42
Figura 20 – Aplicação da atividade	43
Figura 21– Desenvolvimento do trabalho	43
Figura 22 – Desenvolvimento do trabalho	43
Figura 23 – Percentual a respeito da aplicação do questionário pela segunda vez (ensino de gravitação).....	44

Figura 24 – Percentual a respeito da aplicação do questionário pela segunda vez (ensino de gravitação).....	45
Figura 25 – Percentual a respeito da aplicação do questionário pela segunda vez (ensino de gravitação).....	45
Figura 26 – Percentual a respeito da aplicação do questionário pela segunda vez (ensino de gravitação).....	46
Figura 27– Percentual a respeito da aplicação do questionário pela segunda vez (ensino de gravitação).....	47
Figura 28– Percentual a respeito da aplicação do questionário pela segunda vez (ensino de gravitação).....	47
Figura 29 – Percentual a respeito da aplicação do questionário pela segunda vez (ensino de gravitação).....	48
Figura 30 – Percentual a respeito da aplicação do questionário pela segunda vez (ensino de gravitação).....	49
Figura 31– Percentual a respeito da avaliação da metodologia (questão 01)....	51
Figura 32 – Percentual a respeito da avaliação da metodologia (questão 02)...	52
Figura 33 – Percentual a respeito da avaliação da metodologia (questão 03)...	52
Figura 34 – Percentual a respeito da avaliação da metodologia (questão 04)...	53
Figura 35 – Percentual a respeito da avaliação da metodologia (questão 05)...	54

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

TICs	Tecnologia de Informação e Comunicação
SD	Sequência Didática
IFPI	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí
PCN	Parâmetros Curriculares Nacionais

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. ENSINO DE FÍSICA.....	16
2.1 ENSINO DE GRAVITAÇÃO NA PERSPECTIVA DO LIVRO DIDÁTICO	18
2.2 SEQUÊNCIA DIDÁTICA NO ENSINO DE FÍSICA.....	20
2.3 APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA NO ENSINO DE FÍSICA	24
3. METODOLOGIA	27
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	31
5. CONCLUSÃO	55
REFERÊNCIAS.....	57
APÊNDICES	60
APÊNDICE A - QUESTIONÁRIO DIAGNÓSTICO	61
APÊNDICE B - QUESTIONÁRIO INVESTIGATIVO	64
APÊNDICE C - AVALIAÇÃO DA METODOLOGIA	65
APÊNDICE D: ATIVIDADE – A BORDO DO DIANA.....	66
APÊNDICE E: ATIVIDADE – PONDO O DIANA EM MOVIMENTO	69
ANEXOS	71
ANEXO A - CONTO: O VENTO SOLAR	72
ANEXO B - MANUAL DE ASTRONOMIA - PÁGINAS 102 A 106	82

1. INTRODUÇÃO

Quando se pensa no ensino de Física, pouco se fala no desenvolvimento do aluno na leitura ou no incentivo a escrita, e raramente em um ensino que faça o uso das Tecnologia de Informação e Comunicação (TICs). Visto que encontramos nos dias atuais, muitos professores que trazem para suas aulas, o formalismo e o tradicionalismo.

Apesar de não serem relacionadas a primeiro momento, essas são atividades que desenvolvem habilidades de grande importância para o ensino-aprendizagem, no âmbito científico em termos de letramento científico e que são habilidades importantes perante a sociedade.

A carência de leitura e a ausência de ferramentas tecnológicas, geram implicações diretas sobre o modo que os discentes, se relacionam e compreendem as diferentes fontes de informações. Cachapuz et al, fala textualmente “[...] somos conscientes da dificuldade que implica falar de uma “imagem correta” da atividade científica, que parece sugerir a existência de supostos método universal, de um modelo único de desenvolvimento científico. É preciso evitar qualquer interpretação desde tipo [...]”.

Desse modo reconhece-se que há uma gama de possibilidades para o ensino de Física, na qual podemos apresentar uma concepção adequada e coerentes, provocando assim uma mudança conceitual, para que haja a construção do conhecimento científico e que podem vir a solucionar as problemáticas e conjecturas no ensino, a partir da utilização de uma metodologia adaptada aos tempos atuais.

Sabemos que a escola é um local na qual encontramos uma gama de diversidade, no que diz respeito aos nossos alunos, ao considera as diversidades encontradas é essencial que o professor possa está renovando e fazendo adaptações no currículo, para alcanças as necessidades de todos os educandos.

Logo a modificação pedagógica do currículo, é necessária para que tal objetivo possa ser alcançado e assim o ensino-aprendizagem aconteça. Os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN – 1998 p. 33) já previam que podem haver a adaptação curricular como critério: “o que o aluno deve aprender, como e quando aprender, que formas de organização do ensino são mais eficientes para o processo de aprendizagem”.

Como todas as matérias a Física precisa de suas adaptações, para promover

o ensino. Assim destacamos a importância do processo científico no âmbito escolar, baseado nas metodologias utilizadas pelos professores, que estão diretamente relacionadas com a superação das barreiras epistemológicas do senso comum.

Assim ao apresentar os alunos o uso da literatura e as TICs no ensino de Física, estaremos possibilitando uma visão ampla do conhecimento científico e assim incentivando a busca pelos questionamentos no âmbito científico. Gaston Bachelard, afirma que “para o espírito científico, todo conhecimento é resposta a uma pergunta. Se não há pergunta, não pode haver conhecimento científico. Nada é evidente. Nada é gratuito. Tudo é construído”. (BACHELARD, 2005).

É baseado no questionamento e no incentivo ao pensamento crítico, sobre os fenômenos científicos, o uso das TICs e sobre a sociedade que podemos construir o conhecimento para que os educandos possam interferir de maneira significativa na sociedade.

Pensando nas possibilidades de estar incluído no ensino de Física, estratégias metodológicas que incluam os fenômenos de ficção científica o uso das TICs. É construído uma Sequência Didática, que possibilitou o ensino da Gravitação e os conteúdos que a complementam, visto que no seu desenvolvimento foi utilizado uma ferramenta paradidática e didática. Para promover o ensino através da ficção científica com o uso do conto (O Vento Solar – Arthur Clark), incentivando assim os alunos a pensar sobre a ficção e o real através da mesma.

Para implementar a nossa Sequência Didática, foi incorporada ao desenvolvimento do trabalho o uso de um simulador (PhET), com objetivos de apresentar aos educandos um mundo fora dos livros de didáticos, sem figuras meramente ilustrativas. Assim promover aos alunos uma experiência que esteja ligada ao “realismo” expresso nos simuladores.

E para complementar o desenvolvimento do trabalho foram desenvolvidas atividades, que envolveram o conto, conteúdo programado e o simulador, com fins de promover o ensino-aprendizagem.

A escolha dos conteúdos programados deve-se ao fator pertinente, pois se trata de um conteúdo que é trabalhado no primeiro ano do Ensino Médio, logo é tratado de forma resumida e simplificada pelos livros didáticos e professores. Visto isso aplicação do projeto na turma do 3ª ano, servirá também como aulas complementares para esses discentes.

O trabalho utilizou-se as ideias de Ausubel (1978), na qual estão voltadas

para a aprendizagem significativa. Logo é feita uma análise a respeito do Ensino De Física, Livro Didático e o uso da Sequência Didática no capítulo 2 (dois).

No capítulo 3 (três) abordou a metodologia que foi utilizada no desenvolvimento das atividades, apresentando a Sequência Didática que foi desenvolvida para ser aplicada na turma de 3ª ano do Ensino Médio.

Em seguida no capítulo 4 (quatro) é tratado dos resultados e discursões, a partir da aplicação e desenvolvimento das atividades na turma, mostrando assim os gráficos antes e depois da aplicação da Sequência Didática, e o nível de satisfação dos alunos a respeito da metodologia utilizada.

No capítulo 5 (cinco) é encontrado as considerações finais, na qual é exposto a relevância da aplicação do trabalho e das ferramentas que foram utilizadas, para complementar o estudo do conteúdo de Gravitação.

2. ENSINO DE FÍSICA

A educação brasileira vem renovando-se gradativamente para promover aprendizagem para que ela chegue a todos os alunos, mas infelizmente com esse avanço alguns aspectos vêm preocupando os professores que é o caso da diminuição da carga horária, logo o professor terá que buscar metodologias que sejam fundamentais para que aconteça o ensino de forma adequada, visto que a diminuição da carga horária em matérias como a Física tem um efeito negativo para o ensino.

Sabemos que boa parte dos alunos encontram dificuldades em aprender os conteúdos referentes a disciplina de Física, por ser uma matéria que exige raciocínio lógico, boa interpretação de textos e etc. E quando o professor não trabalha com o aluno esses aspectos de forma clara, eles encontram dificuldades para aprender não só a Física como também outras matérias que envolva os aspectos falado acima.

Cavalcante, 2010. Afirma:

[...] à falta de conhecimentos básicos em leitura e interpretação de textos, e dificuldades como a matemática básica, são fatores que prejudicam a aprendizagem do estudante logo no primeiro contato com a física (CAVALCANTE, 2010).

Toda essa problemática que envolve o ensino de Física exige do professor um maior empenho para que ocorra aprendizagem, no que ocasiona um desgaste maior a esses profissionais. E mesmo tomando atitudes diferentes, a maior parte dos objetivos não são alcançados devido a carga horária, que ocasionou em períodos curtos para o ensino.

Esse obstáculo que envolve o ensino de Física vem prejudicando cada vez mais a aprendizagem dos alunos, fazendo com o que os professores passem a utilizarem de pouco recursos didáticos e explorar de maneira artificial e resumida os conteúdos que tem grande importância na construção da Ciência/Física que conhecemos hoje, fazendo assim o educador um profissional que passe apenas a depositar conhecimento e não um profissional que incentive a reflexão e o pensamento crítico através das ciências.

O educador faz “depósitos” de conteúdos que devem ser arquivados pelos educandos. Desta maneira a educação se torna um ato de depositar, em

que os educandos são os depositários e o educador o depositante. O educador educandos. Os educandos, por sua vez, serão tanto melhores educados, quanto mais conseguirem arquivar os depósitos feitos. (FREIRE, 1983, p. 66).

Ao falarmos do Ensino de Física destacamos o conteúdo de Gravitação no Ensino Médio, conteúdo esse que é visto pelos alunos de forma resumida e “artificial” na qual é tratado pelos livros didáticos, que de certa forma proporciona uma má construção do conhecimento.

O Ensino da Gravitação costuma a ser tratado por uma boa parte dos professores e pelos livros didáticos com concepções ingênuas e trazem fragmentos que são difíceis para compreensão dos discentes no que diz respeito a realidade e o fenômeno apresentado pelos professores. Logo acontecem abordagens feitas sem utilização de recursos para uma melhor compreensão e que possa realmente mostrar para os discentes a relação entre o sistema abordado e o fenômeno real. A menção abaixo, contida nos PCN+, aos objetivos do ensino de ciências:

Compreender a ciência e a tecnologia como partes integrantes da cultura humana contemporânea. /.../ Compreender formas pelas quais a Física e a tecnologia influenciam nossa interpretação do mundo atual, condicionando formas de pensar e interagir (BRASIL, 2002, p. 68).

A perspectiva de que a ciência pode ser trabalhada em conjunto com as tecnologias de informação e comunicação, vai de encontro com a perspectiva dos PCN+. Logo é sabido que podemos encontrar várias ferramentas para fortalecer o ensino dentro e fora da sala de aula, como: jogos didáticos; simuladores virtuais; experimentos de baixo custo e outros, mas infelizmente alguns profissionais da educação acabam por não optar em fazer o uso de ferramentas como estas.

Portanto entende-se que, ao não optar por estratégias de ensino, por ferramentas didáticas ou paradidáticas que condiz não só com a realidade da escola e dos alunos, esses profissionais acabaram por provocar danos presentes e futuros para esses discentes no âmbito escolar e científico.

Como evidenciado por Libâneo (2002):

O professor precisa fazer o possível para ensinar o aluno a aprender de forma autônoma e crítica. Quer dizer, colocar a cabeça do aluno em ação, ensinar a pensar. O professor tem que colocar problemas, fazer perguntas,

tem que dialogar bastante, ouvir mais os alunos, abrir espaço ao aluno para expressar-se e trazer para a sala de aula sua realidade vivida (LIBÂNEO, 2002, p. 132).

Então é papel do professor está sempre se reinventando para que aconteça o ensino-aprendizado, para que vá além de uma aprendizagem memorística ou mecânica. Buscar novas estratégias de ensino para promover o acesso à informação e conhecimento no âmbito escolar, que possam favorecer os alunos na produção do conhecimento.

Diversos são as estratégias que os professores precisam utilizar, e para suprir as necessidades dos alunos é necessário que esses docentes possam ir além do que é visto como “necessário” “[...] no sentido de estudar, selecionar, organizar e propor as melhores ferramentas facilitadoras para que os estudantes se apropriem do conhecimento” (ANASTASIOU; ALVES, 2005, p. 69). Essas estratégias são vistas como métodos para facilitar à aprendizagem e o acesso desses alunos a informação.

2.1 ENSINO DE GRAVITAÇÃO NA PERSPECTIVA DO LIVRO DIDÁTICO

As distintas distorções e omissões apresentadas nos livros didáticos de Física, inviabiliza aprendizagem na Educação Brasileira. Quando falamos do ensino de gravitação é nos apresentados pelos livros didáticos questões suprimidas e que estão fundamentadas apenas em teorias simplificadas e cálculos resumidos, que é trabalhado nos últimos capítulos dos livros didáticos do 1^a (primeiro) ano do Ensino Médio, nos quais retratam a Física Astronômica, com informações destorcidas que ocasionam uma desinformação entre os conteúdos que serão abordados consecutivamente.

Trata-se de livros didáticos que apresentam, incoerência texto-imagem associadas aos equívocos conceituais na física relacionada à situação (MEDEIROS; MEDEIROS, 2001); descontextualização histórica, omissões e distorções em relação aos pressupostos e limites de validade da teoria de Copérnico (MEDEIROS; MONTEIRO, 2002); erros conceituais sobre a astronomia, os quais são mais frequentes em livros didáticos destinados à educação básica (LANGHI; NARDI, 2007).

Visto que, há uma outra problemática encontrada nos livros didáticos como a

falta do apanhado histórico, e quando há são textos que não fazem ligações com os conteúdos referente ao capítulo estudado, e findam as questões que envolvem os desenvolvimentos de cálculos Matemáticos e equações fundamentadas na Física que acabam privando os alunos da importância do conteúdo histórico para a construção da ciência que conhecemos.

“Existe uma relação entre a História da Ciência e o conhecimento: a História é o laboratório do conhecimento. Nesse sentido, ela mostra os ingredientes envolvidos na construção ou descoberta do conceito” (PEREIRA, 2017). Logo vemos que o papel da História da Ciência é de fundamental importância para o desenvolvimento dos alunos pois aproxima os mesmos da importância da “ciência antiga” e da “ciência atual” proporcionando o desenvolvimento do conhecimento científico. Na qual o conhecimento científico é evidenciado e apresentado nas escolas como:

[...] dogmático, imutável e desprovido de suas determinações históricas, político-econômicas, ideológico e socioculturais. Realçam sempre um único processo de produção científica – o método empírico-indutivo –, em detrimento da apresentação da diversidade de métodos e ocorrências na construção histórica do conhecimento científico (NETO; FRACALANZA, 2003, p.154)

Essa ausência proporcionada nos livros didáticos que remetem ao ensino das ciências, é vista como algo que interfere no desenvolvimento do conhecimento dos alunos, dificultando assim a compreensão ao fazer a relação da teoria com a fórmula (equação) expressa. Assim fazendo o livro ser insuficiente para o ensino.

Outro problema identificado é a numerosa quantidade de exercícios nos livros didáticos, nos quais estão voltados para serem realizados pelos alunos, sabemos que a realização de exercícios tem sua importância para o desenvolvimento do discente, mas quando o ensino passa a ser algo memorístico e mecânico a aprendizagem passa a tomar rumos contrários do ensino-aprendizagem.

Logo não devemos deixar de ressaltar que esses exercícios se encontram em assuntos com embasamentos teóricos suprimido, levando o discente pensar que não houve um desenvolvimento do pensamento pra chegar a tal conclusão ou se houve um desenvolvimento foi algo que pouco se pensou e se desenvolveu.

Pimentel (2006, p. 318) evidencia, que o professor “deve estar preparado para fazer uma análise crítica e julgar os méritos do livro que utiliza ou pretende utilizar, assim como para introduzir as devidas correções e/ou adaptações”. Por tanto, o

docente tem o direito de escolher o livro que melhor se adéqua para o desenvolvimento cognitivo dos alunos.

Em uma situação que é vista como ensino tradicional, é apresentados livros com conteúdo que trazem um forte apego a situações, que envolvam cálculos matemáticos e figuras coloridas que não remetem a realidade que o aluno está inserido. Proporcionando uma aula que está ligada ao livro e quadro, isso quando falamos do professor tradicional.

Sabemos que a utilização desse recurso didático, tem sua importância para garante o ensino, pois é uma peça fundamental no desenvolvimento do conhecimento, logo é fundamental para as escolas de redes públicas e privadas por ser um recurso básico e importância.

Segundo Lajolo (1996, p. 4), a importância do livro didático:

[...] aumenta ainda mais em países como o Brasil, onde uma precaríssima situação educacional faz com que ele acabe determinando conteúdos e condicionando estratégias de ensino, marcando, pois, de forma decisiva, o que se ensina e como se ensina o que se ensina.

No sentido que os livros didáticos, possibilitam aos professores a capacidade de poder transformar o ensino/conhecimento científico da realidade do aluno, tornando possível a conciliação dos conteúdos selecionados adequadamente com a prática pedagógica.

2.2 SEQUÊNCIA DIDÁTICA NO ENSINO DE FÍSICA

A escolha da aplicação de uma sequência didática partiu de uma visão mais ampla para o ensino de Física no que diz respeito ao conteúdo de Gravitação, tento em vista que muitos dos professores fazem pouco ou quase nenhum uso de ferramentas didáticas no ensino desse conteúdo.

Para Zabala (1998), a Sequência Didática (SD) é “um conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais, que têm um princípio e um fim conhecidos tanto pelo professor como pelos alunos” (Zabala, 1998, p. 18). Compreendemos pela fala o autor que a SD é um meio utilizado para identificar a atividade, que permite caracterizar a forma de como ensinar, separando de uma ideia de ser uma simples atividade. Zabala (1998),

ainda enfatiza a respeito da prática educacional:

[...] pôr sobre a mesa os instrumentos que nos permitam introduzir nas diferentes formas de intervenção aquelas atividades que possibilitam uma melhora de nossa atuação nas aulas, como resultado de um conhecimento mais profundo das variáveis que intervêm e do papel que cada uma delas tem no processo de aprendizagem dos meninos e meninas [...]. (ZABALA, 1998, p. 54).

Entende-se que os conteúdos a serem trabalhados pelos docentes dentro de sala de aula tem que se manter em volta do processo de ensino-aprendizagem, que estejam relacionados ao objetivo educacional.

Em virtude disso, para um melhor desempenho do profissional é necessário que o mesmo possa estar analisando sua atuação, criando paralelos com práticas educativas não só para o seu aperfeiçoamento, mas como também dos discentes. Ao se levar em conta a utilização de prática educacionais é essencial que possa se estabelecer o uso da reflexão sobre a temática utilizada. Assim, a atuação profissional e os métodos a serem utilizados devem fazer o uso da reflexão, logo Zabala defende “... uma atuação profissional baseada no pensamento prático, mas com capacidade reflexiva” (ZABALA, 1998, p. 15).

Na construção de uma SD é essencial que se leve em consideração fatores que são importantes como: distribuição do tempo de forma adequada, organização dos conteúdos, socialização e integração dos alunos e organização das ferramentas a serem utilizadas. É importante que o professor saiba organizar suas ideias junto com os instrumentos metodológicos, para assim chegar nos objetivos educacionais propostos. Carvalho e Perez (2001) retratam:

É preciso que os professores saibam construir atividades inovadoras que levam os alunos a evoluírem, nos seus conceitos, habilidades e atitudes, mas é necessário também que eles saibam dirigir os trabalhos dos alunos para que estes realmente alcancem os objetivos propostos. (Carvalho e Perez, 2001).

Coloca-se em questão todo processo a ser alcançado pelos professores e alunos que irão fazer parte da aplicação da SD. Com o propósito de atingir todos os objetivos em questão fundamentados na metodologia utilizada.

Sabemos que o processo de ensinar não se tratar de uma prática fácil para o docente, mas algo que é difícil e que podemos encontrar várias barreiras no

caminho e vemos a SD como uma estratégia pertinente para facilitar o desenvolvimento do ensino-aprendizagem.

De acordo com Brasil (2012):

As sequências são uma ferramenta muito importante para a construção do conhecimento: Ao organizar a sequência didática, o professor poderá incluir atividades diversas como leitura, pesquisa individual ou coletiva, aula dialogada, produções textuais, aulas práticas, etc., pois a sequência de atividades visa trabalhar um conteúdo específico, um tema ou um gênero textual da exploração inicial até a formação de um conceito, uma ideia, uma elaboração prática, uma produção escrita (BRASIL, 2012, p-21).

Nesse sentido as sequências passam a ser muito importante para o processo de construção do conhecimento, através de ferramentas que a maior não é usada pelos professores, e quando utilizadas de maneira correta podem trazer uma visão diferente do ensino principalmente do Ensino de Física, ao fazermos a ligação dessas ferramentas com o cotidiano desses alunos.

Logo acreditamos que o processo de aplicação da SD no ensino passa-se de uma ferramenta que proporciona aprendizado, através de novas ferramentas, como textos científicos, simuladores voltados para o ensino das ciências, jogos científicos, contos de ficção científica e atividades voltadas para pesquisa.

É colocado em destaque a importância de se está utilizando os recursos de aprendizado para implementar o ensino de Física. Assim vemos o Conto de Ficção Científica e o uso de Simuladores como duas ferramentas que podem ser úteis para a construção do conhecimento. Quando fazemos o uso de materiais voltados para ficção científica colocamos em prática a relação entre, o que é ficção científica e o que é científico/real na visão de cientistas/físicos, passando assim a incentivar aos alunos a pensar sobre a relação entre ambas.

MARTIN-DIAZ destaca:

[...] Acreditamos fortemente que a ficção científica pode ser uma ferramenta muito útil para nos ajudar a atingir alguns objetivos na educação científica como aumentar a motivação e o interesse dos estudantes, desenvolver atitudes positivas em relação a ciências, promover a criatividade dos estudantes e uma mudança crítica de mentalidade, etc. (MARTIN-DIAZ et al, 1992, p. 22)

Por tanto ao trazermos a ficção científica por meio da leitura de textos ou

contos, propomos aos alunos uma visão cultural do ensino de Física, e usando dessa ferramenta uma maneira para que os objetivos educacionais sejam concluídos, através da discussão entre os pontos ficção e ciências que podem ser abordados pelos professores.

Nesta visão, a ficção científica ela passa a ser um elemento de grande potencial para abordagem científica e uma ferramenta metodológica estimulante para reflexão científica. A reflexão entre os termos ficção e ciência é discutido por André Carneiro (1967):

[...] Torna-se difícil conciliar os termos ciências e ficção. Ciência é a forma de pesquisa e conhecimento que exige raciocínio preciso, dados exatos, onde a especulação sem base é praticamente impossível. Ficção é criada pela imaginação, suas fontes reais são elásticas, a coerência que dela se exige não é de ordem objetiva, diz mais respeito ao estilo, ao poder de emocionar o leitor, transmitir-lhe alguma coisa (CARNEIRO, 1967, p. 6).

Logo acreditamos na importância de trabalhar texto/conto de ficção científica em uma SD, pois ao entrarmos em discussão o que é ficção e o que é ciência estaremos incentivando a reflexão e a imaginação dos alunos dentro da sala de aula, e a correção científica dos temas a serem tratados.

Tendo em vista o processo de reflexão dos conteúdos com o uso da ficção científica, é levando em consideração a importância de associar os conteúdos com a experiência virtual, logo entendemos que ao passarmos adotar a ficção científica e o uso de simuladores chegaremos aos objetivos educacionais. O uso de simuladores em sala de aula faz com que os professores reconstruam o conhecimento, uma vez que ao utilizar as TICs nas suas aulas assumem o papel de mediador para que o discente transforme o conhecimento, abandonando assim a ideia tradicional da simples transmissão (ANDRADE, 2013).

É de suma importância oferecer ao aluno uma experiência que esteja fora do que é abordado no seu cotidiano levando em consideração o ensino tradicional (Livro didático-quadro e questões a serem resolvidas) e acreditamos que o uso de simuladores é de grande enriquecimento educacional pois facilitam a compreensão dos conceitos, e facilita ainda associação do fenômeno físico posto teoricamente com ele posto em uma experiência virtual tornando eficientes no processo de ensino-aprendizagem.

De acordo com Costa (2017):

[...] A simulação computacional proporciona ao aluno um ambiente interativo e construtor do conhecimento e assume um papel relevante ao ensino da Física, com a possibilidade de experimentações em laboratórios virtuais. Essa interação pode estimular uma infinidade de possibilidades de construção de conceitos sobre fenômenos físicos que seriam mais difíceis de serem entendidos pelo uso do modelo tradicional, no qual o livro didático e o professor são colocados com os principais atores no processo de ensino-aprendizagem (COSTA, 2017).

Então é pensando nestes pontos levantados por esses e muitos outros autores, que acreditamos que ao se fazer uso de simuladores virtuais em SD, podemos proporcionar ao aluno uma visão da Física que não está ligada diretamente aos cálculos matemáticos a memorização de formular, mas mostrando a eles uma visão aprimorada da Física. Logo destacamos que para ocorrer o ensino-aprendizagem é essencial que os professores possam fazer o uso adequado de cada ferramenta na aplicação de uma SD.

2.3 APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA NO ENSINO DE FÍSICA

A Teoria da Aprendizagem Significativa pertence a construção construtivista, na qual a pessoa irá atribuir um significado real para sua realidade logo faz parte do processo cognitivo. Por tanto é envolvido nesse processo a transformação da informação no desenvolvimento cognitivo e na sua compreensão.

David Ausubel distingui dois diferentes caso de aprendizagem, no qual deu-se origem nos diversos tipos de valores e diferentes classes.

- Aprendizagem significativa
- Aprendizagem memorística ou mecânica

O primeiro eixo diz respeito a aprendizagem significativa que está ligada ao processo de interação entre uma nova informação adquirida com um conhecimento/informação que já existe no indivíduo, nessa interação acontece a modificação do conhecimento dando um significado para a informação. A qual Ausubel chama de “conceito subsuor” ou, apenas “subsuor”, que é uma informação, ideia ou conhecimento que já está presente na estrutura cognitiva do aluno.

Para que aconteça aprendizagem significativa é essencial que o professor

faça uso adequado dos conteúdos escolares, na qual os mesmos sejam potencialmente significativos, lógicos e psicologicamente, mas tendo como principal importância a disposição dos alunos para que aconteça essa aprendizagem.

O significado lógico tem relação à natureza do conteúdo, já o psicológico está relacionado a experiência que cada pessoa possui. Sabemos que o processo de adquirir informação acontece individualmente de maneira particular, logo os indivíduos fazem a seleção das informações que possuem e não possuem significados para si. Esse processo possibilita a transformação da estrutura cognitiva do indivíduo. A aprendizagem significativa requer uma atribuição significativa, com componentes pessoais.

O segundo eixo que se refere a aprendizagem memorística ou mecânica, está relacionada a um novo conhecimento que está armazenado de maneira arbitrária e literal assim não fazendo contato com a estrutura cognitiva já existente no indivíduo, por tanto, não adquirindo significados. Quando mais se estabelece relação entre um aspecto novo ou conceito novo com algo que já está presente na estrutura cognitiva do indivíduo mais próximo estará do processo de aprendizagem significativa, caso aconteça o contrário mais próximo chegara de aprendizagem mecânica ou repetitiva.

Segundo teoria de Ausubel, a aprendizagem é dita significativa “quando uma nova informação (conceito, ideia, proposição) adquire significados para o aprendiz através de uma espécie de âncora em aspectos relevantes da estrutura cognitiva preexistente do indivíduo, em conceitos, ideias, proposições já existentes em sua estrutura de conhecimento (ou de significados) com determinado grau de clareza, estabilidade e diferentes” (MOREIRA, 1988, p. 5).

Nesse sentido, destacamos como dever principal do professor o levantamento do que já está presente na estrutura cognitiva do aluno, pois assim o docente chegar em uma aprendizagem com significados. É de fundamental importância a interação “entre o novo conhecimento e o já existente, no qual ambos se modificam. À medida que o conhecimento prévio serve de base para a atribuição de significados à nova informação, ele também se modifica, adquirindo novos significados, se tornando mais diferenciados, mais estáveis” (MOREIRA, 1988, p. 5). É um processo no qual a estrutura cognitiva está em constante transformação quando está acontecendo a aprendizagem significativa.

No processo da aprendizagem significativa, as informações adquiridas vão sendo sempre construídas e reconstruídas tornando-se assim um desenvolvimento

dinâmico. É importante que na aprendizagem significativa que, professor e aluno tenham um bom convívio/interação.

Logo é de grande importância o docente está disponível para implementar novas tecnologias e materiais pedagógicos para que aprendizagem não se torne uma aprendizagem mecânica. Destacamos que “... o fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aluno já sabe; descubra isso e ensine-o de acordo.” (Ausubel, 1968, 1978, 1980, 2000)

Portanto enfatizamos a importância da relação entre o professor e os alunos, pois assim o professor será capaz de ensinar com base no que é preexistente na estrutura cognitiva do aluno, logo sendo capaz de organizar as informações de forma adequada.

3. METODOLOGIA

O desenvolvimento desse trabalho está organizado com base na aplicação de uma Sequência Didática, na qual a mesma propõe duas visões para o Ensino de Física no Ensino Médio. A primeira utiliza a literatura por meio de um conto de ficção científica, promovendo o questionamento entre o que é ficção e o que é ciência.

A segunda trata de um ensino utilizando o simulador PhET, com o objetivo de tornar dinâmico a visualização de fenômenos utilizando tecnologia. Ambas as visões foram aplicadas de forma conjunta através de uma Sequência Didática que foi aplicada na turma de 3ª ano A com a participação de 18 alunos, na Unidade Escolar José Marques localizada na cidade de Várzea Branca – Piauí, durante o ano de 2021.

No que diz respeito a visão da física literária e ficcional propomos o conto “O Vento Solar” de Arthur Clarke (1984), no conto podemos está encontrando uma ciência que estar voltada para a ficção científica. Foi proposto o conto de ficção científica na tentativa de desviar-se da física tratada nos livros didáticos, uma vez que é uma física que se mostra em forma padrão com formulas e com conceitos básicos/simples.

E para a física voltada para uma visão tecnológica, foi proposto o simulador PhET com o objetivo de estar saindo da linha padrão da física encontrada nas escolas. Linha essa que busca mostrar uma física ligada a quadro, livro e explicações desprovidas de relações conceituais, sem o uso de referências que seja voltada para o seu cotidiano ou sem o uso de ferramentas tecnológicas aplicadas no ensino.

A partir dessas duas visões foi criado uma SD que propõem atividades de reflexão sobre o conto e o simulador junto com os temas da física para serem trabalhados em sala de aula. Temas esses voltados para o ensino da gravitação como: Apanhado Histórico; Lei da Gravitação Universal; A Constante G da Gravitação Universal; Velocidade de Escape; Marés; Campos Gravitacionais; Leis de Kepler.

Para identificar os problemas que se mostram presentes no ensino e os efeitos positivos da aplicação da SD, foram utilizados questionários do tipo investigativo e um outro voltada para o conhecimento que os alunos possuem sobre os conteúdos já falados anteriormente, questionário esse que foi aplicado antes do

início das aulas e logo após a finalização dos conteúdos destacados.

Para aplicação da SD foram contabilizadas 9 (nove) aulas, com objetivo de atender todos os alunos e todas as dificuldades encontradas.

Tabela 01: Plano da Sequência Didática aplicada

Sequência Didática: Conto Vento Solar / Simulador			
Conteúdos		Unidade	
Apanhado Histórico		Unidade: outubro Objetivos: Fazer uma breve revisão de conteúdos contemplados nos anos anteriores, afim de reforçar o conteúdo de forma prática e aplicada, utilizando para isso recursos que os alunos tenham a mão.	
Lei da Gravitação Universal			
A Constante G da Gravitação Universal			
Velocidade de escape			
Marés			
Campo Gravitacional			
Lei de Kepler			
Aula	Etapas	Descrição da atividade	Atividade para o aluno
1 e 2	Introdução: Leitura do conto	Apresentação da sequência; Aplicação de questionários investigativo e diagnóstico;	• Leitura do conto científico; • Atividade 1: Fazer um registro sobre suas impressões do conto (Física).
3	Socialização da atividade	Recontagem, reconstrução e resumo do conto (15 minutos); Discutir sobre os temas levantados pelo aluno	• Atividade 2: À bordo do Diana e simulação! • Atendimento de orientação via

		enquanto sua percepção de Física extraída do conto (10 min); Apanhado histórico sobre a gravitação;	grupo de WhatsApp
4 e 5	Socialização da atividade	Introdução à lei da Gravitação Universal	• Atividade 3: Pondo o Diana em movimento
6	Simulação Gravitação	Conteúdo trabalhado utilizando simulações do PhET.	• Atividade 4: discursão da atividade 02 e simulador.
7	Leis de Kepler	Aula expositiva: Discussão, ideias, princípios baseados no conto	• Atividade 5: discursão da atividade 03.
Atividades Práticas			
Aula	Atividade	Descrição da atividade	Material utilizado nas práticas
8	Prática I – Primeira Lei de Kepler	Desenho das órbitas dos planetas utilizando material de baixo custo. Esta atividade está proposta numa apostila on-line (site da OBA) destinada a Formação continuada para professores.	Cartolina, alfinetes, papelão, cordão e lápis. Uso de tabelas de excentricidades dos planetas.

9	Discursão em grupo dos temas trabalhados	Questionamentos a respeito das ferramentas que foram utilizadas, seus pontos positivos e negativos.	• Aplicação do questionário
---	--	---	---

A sessão de discursão e reconstrução do conto são vista como uma forma de interação e aprofundamento do conhecimento adquirido pelos discentes, mas não só a sessão de discursão do conto, mas como também a aplicação dos dois questionários que. Visto a importância que este tem para verificar se houve avanço com a utilização das ferramentas que foram aplicadas.

Acreditamos que tanto a abordagem da ficção científica em forma de conto ou em qualquer outra forma e a utilização de simuladores, geram um canal de oportunidades e questionamentos dentro da sala de aula e que podem ser utilizados para fins pedagógicos visando estabelecer o limite entre a ficção e o científico através da correta conceituação em física, e o simulador tem a finalidade de mostra aos alunos a física de forma interativa.

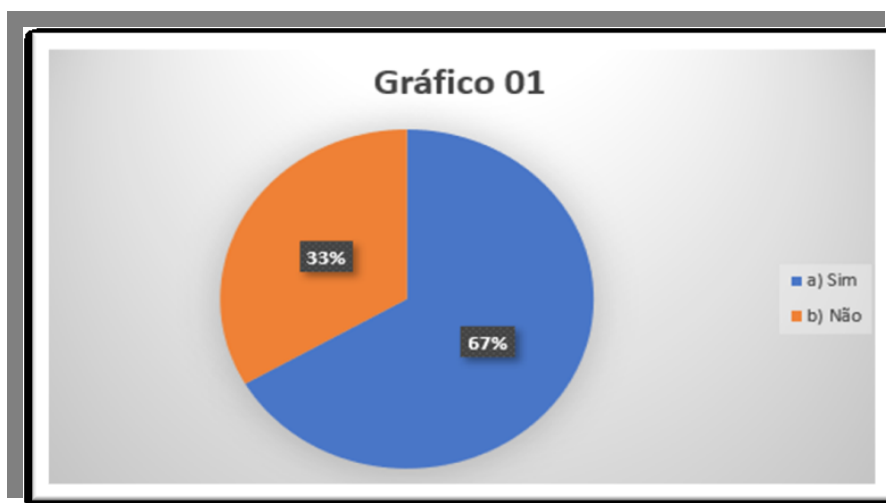
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Apresentaremos nessa sessão, uma discussão sobre os resultados obtidos a partir da aplicação do material utilizado como instrumento de pesquisa no decorrer das 9 (nove) aulas.

Em primeiro momento houve aplicação de um questionário investigativo com um total de 5 (cinco) perguntas, o mesmo apresentava como objetivo compreender o gosto do aluno sobre a matéria de Física, sobre o conteúdo trabalhado e se em algum momento esses alunos já tiveram contato com matérias de ficção científica.

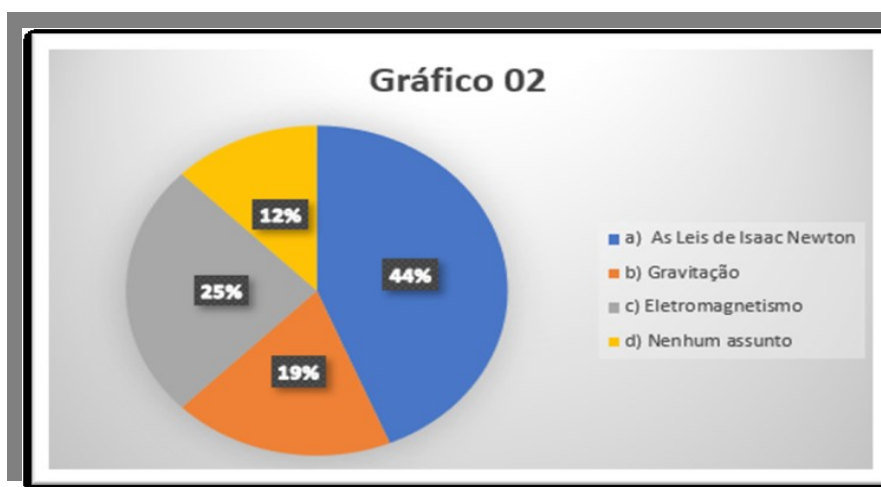
Q1- Você gosta de estudar física? Se não, por quê?

Figura 1- Percentual relacionado a pergunta de número 1



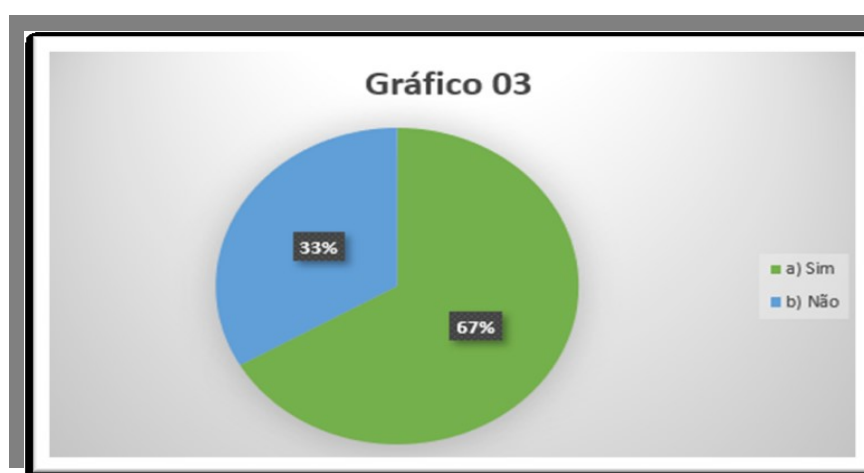
Esta questão foi elaborada com o intuito de identificar a porcentagem dos discentes que gostam de estudar física e os que não gostam. De acordo com o nosso gráfico 67% dos alunos gosta de estudar física, pois os mesmos falam que é uma matéria que chama atenção quando é feita suas demonstrações em forma prática. Já os 33% não gostam e discursão sobre suas dificuldades de entender os conteúdos e suas fórmulas matemáticas.

Q2- Qual conteúdo em física te chama mais atenção?

Figura 2- Percentual relacionado a pergunta de número 2

Esta pergunta é feita com o intuito de entender em quais conteúdos os alunos mais se identificam. Logo podemos notar que 44% dos alunos gostam do conteúdo relacionado as Leis de Isaac Newton, e infelizmente podemos ver também que o conteúdo de estudo desse trabalho tem apenas 19% dos alunos que gostam do conteúdo de Gravitação. Alguns dos discentes se espalham com apreço em Eletromagnetismo com um total de 25% e outros que não gostam de nenhum dos assuntos com 12%.

Q3- Você gosta do conteúdo de Gravitação? Se sim, por quê?

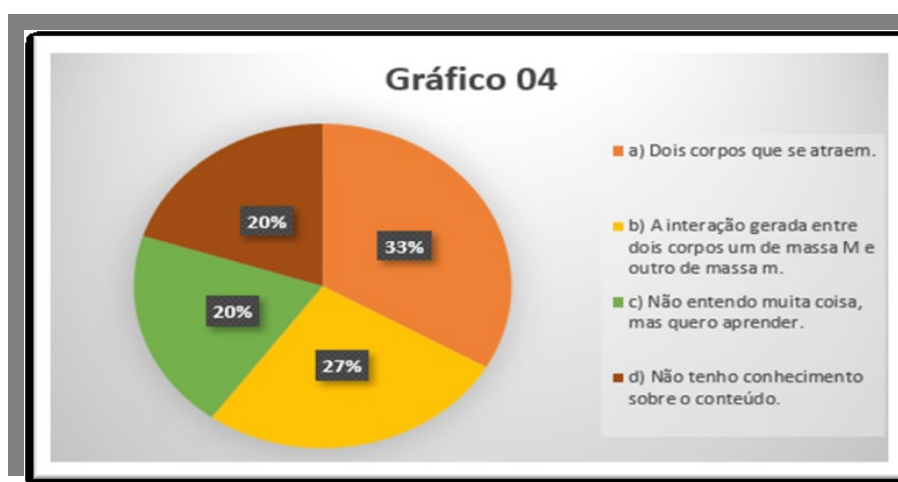
Figura 3- Percentual relacionado a pergunta de número 3

Esta questão é elaborada com o propósito de apontar qual é a porcentagem de discentes que gostam do conteúdo de Gravitação. Logo podemos verificar que

67% dos alunos falaram que gostam desse assunto pois de acordo com os mesmos é um conteúdo atrativo, e destacam a importância de estar estudando a influência dos corpos celestes. Já os outros 33% dos alunos destacam que é um conteúdo difícil e as formas que já estudaram não facilitou a compreensão.

Q4- O que você entende por Campo Gravitacional?

Figura 4- Percentual relacionado a pergunta de número 4

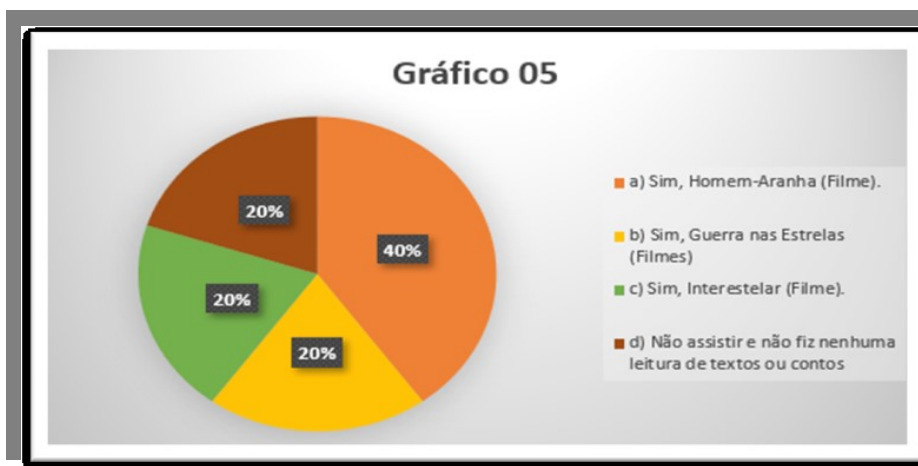


Esta pergunta tem como objetivo identificar o que os discentes compreendem sobre Campo Gravitacional. Logo verificamos que 33% dos alunos apontam que o Campo Gravitacional acontece a partir do momento que “dois corpos se atraem” ou “dois corpos que se atraem”, e 27% dos alunos acredita que o Campo Gravitacional é “A interação gerada entre dois corpos um de massa M e outro de massa m ”.

É verificado no gráfico que a um número significativos de alunos que não entende, mas querem aprender, com uma porcentagem de 20% e alunos que não tem conhecimento sobre o conteúdo que chega à porcentagem de 20%.

Q5 - Você já leu ou assistiu algum conto ou filme voltado para ficção científica? Se sim qual?

Figura 5- Percentual relacionado a pergunta de número 5



Esta questão foi elaborada com o propósito de verificar qual é o número de alunos, que já tiveram contato com materiais voltados para ficção científica seja a partir de textos ou conteúdos cinematográficos. Logo o gráfico aponta que os alunos se dividiram em materiais cinematográficos, com 40% dos alunos que já assistiram o Homem-Aranha, 20% já assistiram Guerra nas Estrelas e 20% que já assistiram interestelar e outros 20% dos discentes que não assistiram e não tiveram contato com textos sobre ficção científica.

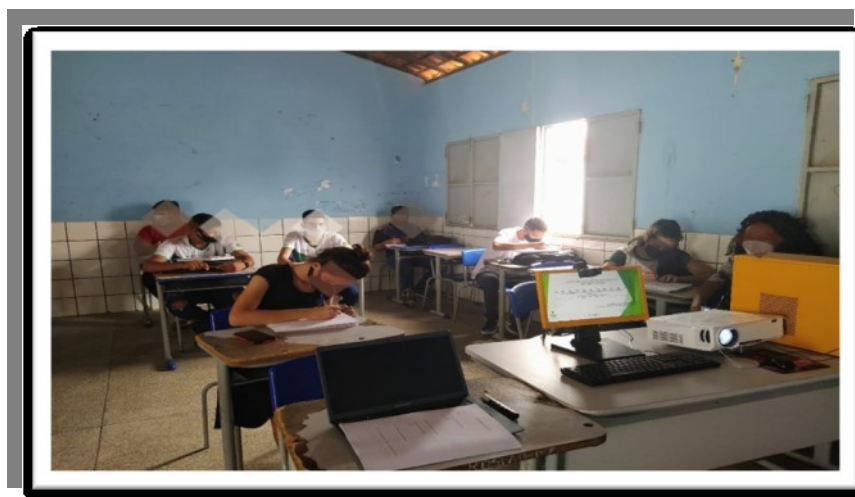


Figura 6 – Aplicação do questionário investigativo

Fonte: própria

Por tanto a aplicação do questionário nos possibilito entendermos a realidade de cada aluno, e a partir desses resultados escolhermos a melhor forma de estar abordando adequadamente as ferramentas.

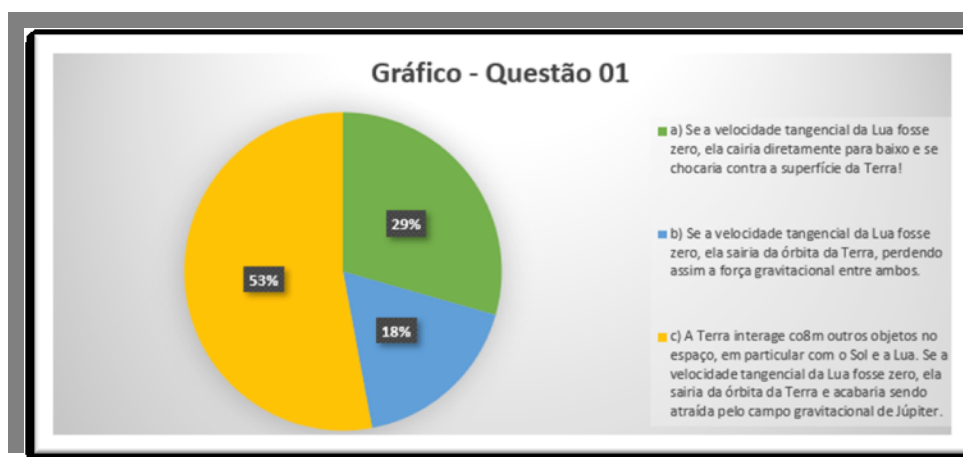
É feito aplicação de um segundo questionário, o mesmo tem como objetivo

nos notificar onde se encontra maior dificuldade dos alunos a respeito do conteúdo de Gravitação. Questionário esse que contém um total de 8 (oito) questões objetivas, com perguntas voltadas para Lei da Gravitação Universal, Marés, Modelos Cosmológicos, Campo Gravitacional e as Lei de Kepler.

Aplicação do segundo questionário (ensino de gravitação), que contou com a participação de 17 alunos, esse mesmo questionário foi aplicado em uma segunda vez para que fosse verificado se houve uma aprendizagem significativa, a respeito dos conteúdos com o auxílio das ferramentas (conto de ficção científica e o simulador).

Q1- “A velocidade tangencial da Lua em torno da Terra permite-lhe cair em volta da Terra ao invés de cair diretamente sobre ela”. Se a velocidade tangencial fosse zero, como a Lua se moveria?

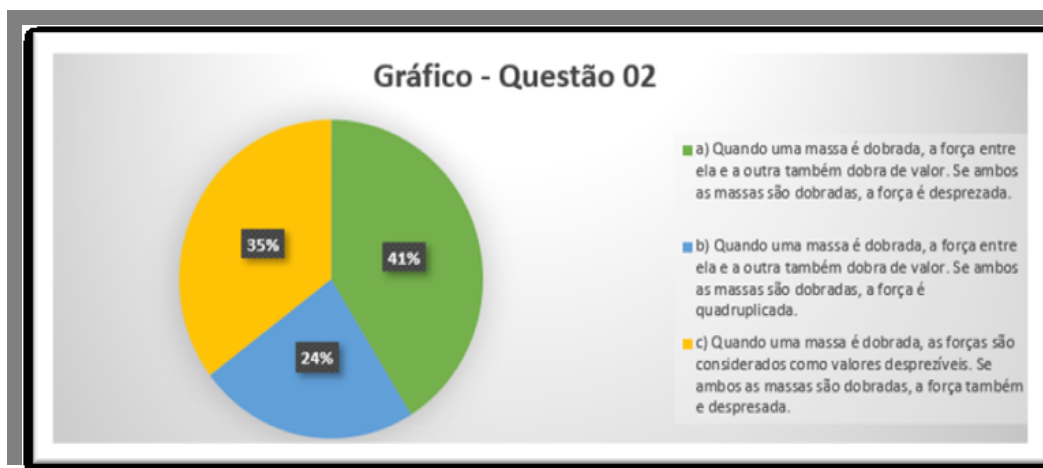
Figura 7 – Percentual a respeito do questionário voltado para o ensino de gravitação



De acordo com a porcentagem apresentada no gráfico verificamos que a maior parte dos alunos acredita que a resposta correta é a letra c), com um total de 53%. É apontado no gráfico um número de 29% das respostas na letra a) e 18% na alternativa b). Com esses percentuais notamos que há dificuldade dos alunos a respeito da questão tratada.

Q2 - De acordo com a equação da força gravitacional, o que acontece à força entre dois corpos se a massa de um deles for dobrada? E se ambos as massas forem dobradas?

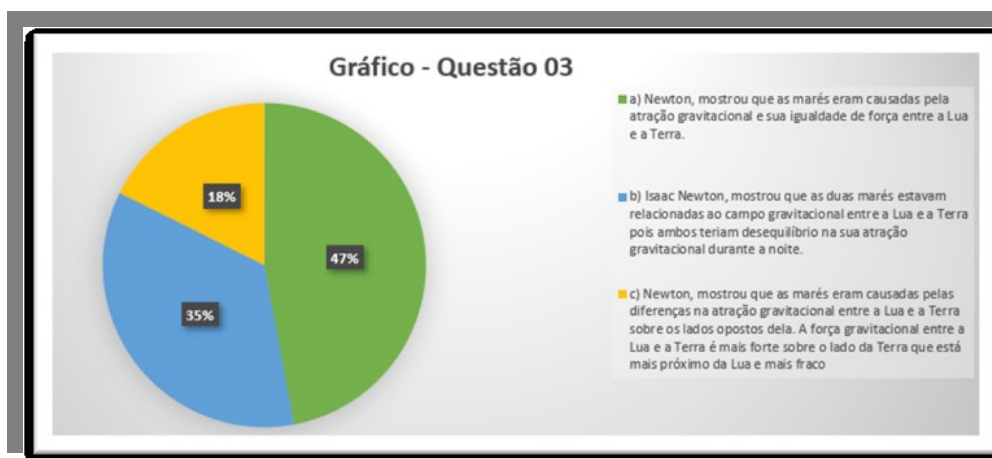
Figura 8– Percentual a respeito do questionário voltado para o ensino de gravitação



No gráfico acima verificamos que a maior parte dos discentes apontam como resposta correta a alternativa de letra a) com 41%, mas verificamos ainda que houve um número significativo de alunos na qual marcaram como alternativa correta a letra b) com uma porcentagem de 24% e a letra c) com 35%. É importante destacar que no momento da aplicação do questionário, os discentes encontram dificuldades para compreender a relação entre força e massa.

Q3 - Os navegadores sempre souberam que houve conexão entre as marés e a Lua, mas nenhum deles foi capaz de formular uma teoria satisfatória para explicar as duas marés altas que ocorrem diariamente. Marque a alternativa na qual está relacionada com a teoria de Isaac Newton, sobre as formações das duas marés.

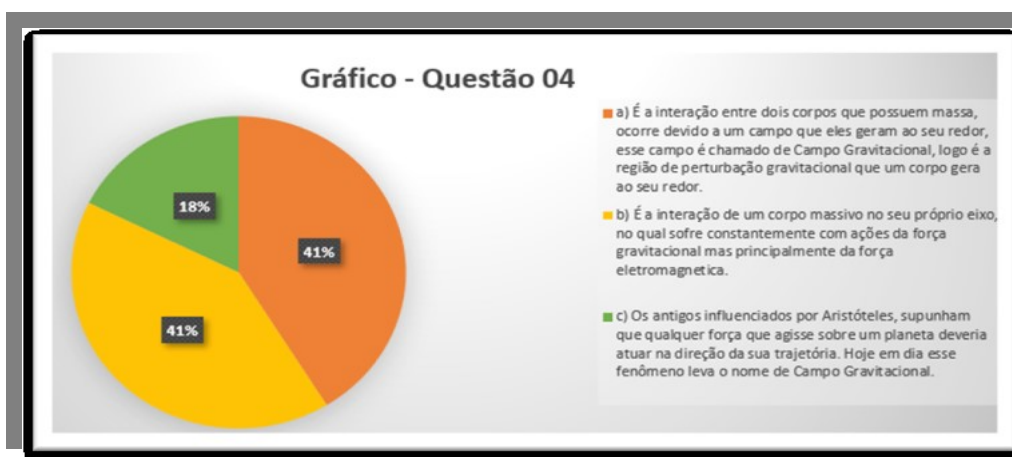
Figura 9 – Percentual a respeito do questionário voltado para o ensino de gravitação



É verificado a partir do gráfico acima, a respeito da questão de número 03, que houve apenas 18% dos discentes que marcaram como alternativa correta a letra c), e cerca de 47% acreditam que o efeito das duas marés está ligado a igualdade de força entre a lua e a Terra, colocando como alternativa correta a letra a). E assim temos que cerca de 35% marcam como certa a letra b), na qual apontam que está ligada ao desequilíbrio na sua atração gravitacional durante a noite.

Q4 - O que é um Campo Gravitacional?

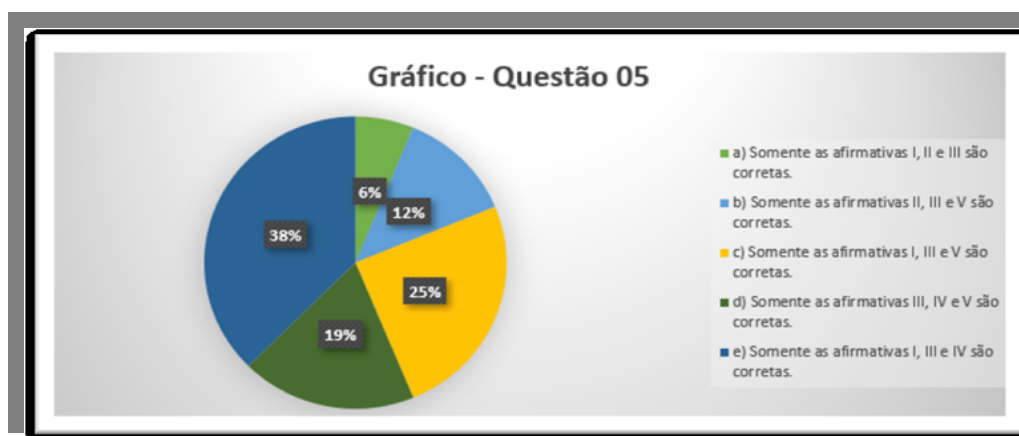
Figura 10 – Percentual a respeito do questionário voltado para o ensino de gravitação



É verificado no gráfico que houve percentuais com números correspondentes, apontando as alternativas de letra a) e b) com cerca de 41%. É importante destacar que houve um diálogo entre os alunos a respeito da letra b), quando é falado sobre a questão da principal influência ser a força eletromagnética. Um outro percentual é indicado no gráfico, que nos mostra 18%, número esse que condiz com a alternativa de letra c).

Q5 - Analise as proposições com relação às leis de Kepler, sobre o movimento planetário. I. A velocidade de um planeta é maior no periélio. II. Os planetas movem-se em órbita circulares, estando o Sol no centro da órbita. III. O período orbital de um planeta aumenta com o raio médio de sua órbita. IV. A velocidade de um planeta é maior no afélio. V. Os planetas movem-se em órbitas elípticas, estando o Sol em um dos focos. Assinale a alternativa CORRETA.

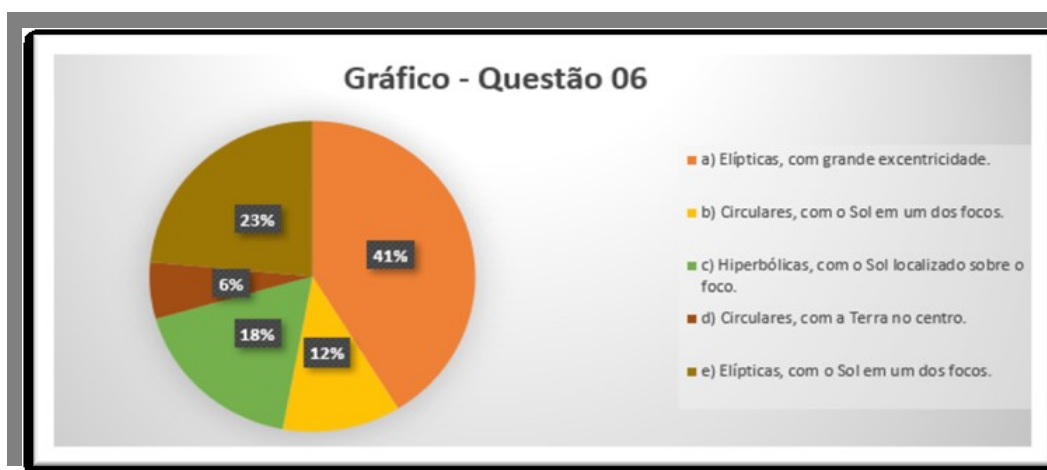
Figura 11 – Percentual a respeito do questionário voltado para o ensino de gravitação



Verificamos a partir do gráfico acima que houve um percentual de apenas 6% que representa a alternativa de letra a), e com o número significativo de 38% na alternativa de letra e). Logo como algumas das questões apresentadas até aqui, essa questão também levou alguns alunos a dialogar sobre ela, levantando suas dúvidas a respeito da mesma. Uma outra alternativa que teve seu percentual significativo foi a letra c) com 25%, logo temos d) com 19% e b) com apenas 12%.

Q6- De acordo com a primeira lei de Kepler, as órbitas dos planetas que se movem ao redor do Sol são:

Figura 12 – Percentual a respeito do questionário voltado para o ensino de gravitação



O gráfico acima aponta que o percentual da alternativa que os discentes acreditam está correta, é a alternativa de letra a) com um percentual de 41%. Essa alternativa levou os alunos uma troca de diálogo a respeito da “excentricidade” destacada na alternativa. Verificamos também no gráfico o percentual da alternativa

d) com apenas 6%, logo ressaltamos que apenas alguns alunos destacam essa questão como certa. Ao passarmos a olhar o gráfico como um todo levantamos em questão a importância do estudo da gravitação em todos os seus aspectos. O gráfico configura-se em alternativa b) com 12%, c) com 18% e alternativa e) com 23%.

Q7. A primeira lei de Kepler, demonstrou que os planetas se movem em órbitas elípticas e não circulares. A segunda lei mostrou que os planetas não se movem a uma velocidade constante. É correto afirmar que as leis de Kepler.

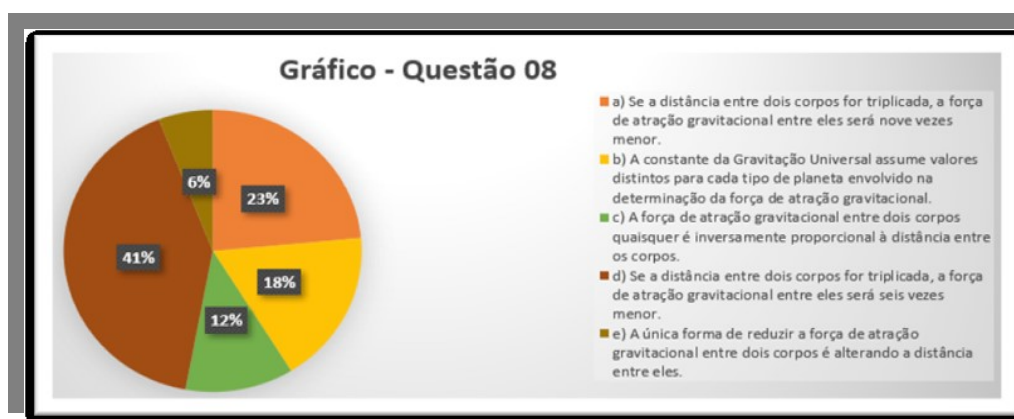
Figura 13 – Percentual a respeito do questionário voltado para o ensino de gravitação



O gráfico apresenta o percentual correspondente a questão de número 7 (sete), o mesmo aponta a alternativa com o maior número de porcentagem, sendo ela a alternativa b) que corresponde 53%. Verificamos no gráfico a alternativa que corresponde a uma porcentagem de 0% representada pela alternativa de letra a), também verificamos um percentual de 41% na alternativa c), número esse que é significativo para o nosso trabalho. Em seguida com um percentual baixo temos a alternativa de letra d) com apenas 6%.

Q8 - Marque alternativa correta a respeito da Lei da Gravitação Universal de Isaac Newton.

Figura 14 – Percentual a respeito do questionário voltado para o ensino de gravitação



O gráfico acima nos aponta como alternativa com maior número de percentual a letra d) com 41%, logo em seguida a alternativa a) com 23%. É importante destacar que a questão acima, provocou nos alunos a dúvida e levou os mesmos ao diálogo em grupo acerca das suas dúvidas. É verificada a porcentagem das alternativas seguintes b) com 18%, c) com 12% e a alternativa e) com apenas 6%.

Na aplicação do questionário foi utilizada a ferramenta Formulário (online) do Google. Como foi discutido anteriormente o desenvolvimento do trabalho foi concluído com um total de 9 (nove) aulas, sendo elas elaboradas de acordo com a realidade da escola e dos alunos. No decorrer das aulas foram desenvolvidas atividades voltadas ao material paradidática (conto de ficção científica) como também simulador e os conteúdos destacados.

É de grande importância destacar aqui a recontagem do conto, pois o mesmo nos possibilitou a discussão do que é ficção científica e o que se apresenta como ciência/científico.

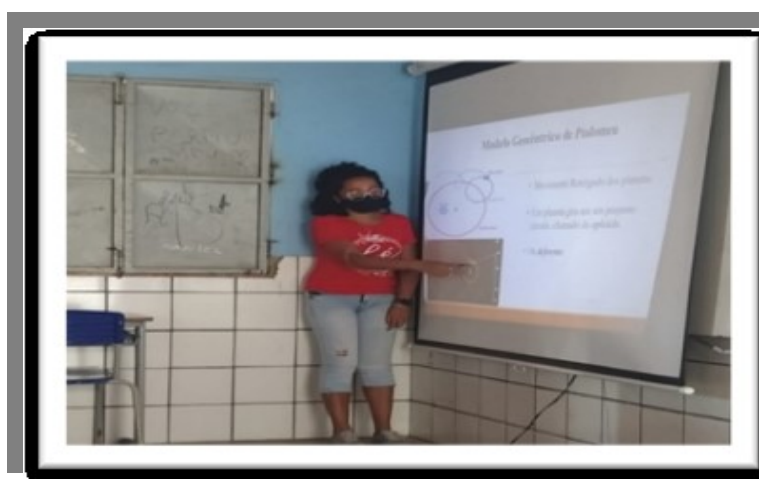


Figura 15 – Aula expositiva (Apanhado Histórico)

Fonte: própria



Figura 16 – Aula expositiva (Leis de Kepler)

Fonte: própria

As atividades elaboradas apresentam uma discussão dos conteúdos com o envolvimento das relações que se passam no conto, é apresentado também situações que requerem a utilização do simulador.

Levantamos em questão as dificuldades que foram passadas na utilização do simulador, na aplicação do mesmo na Unidade Escolar. O problema que se mostrou pertinente foi a oscilação da internet, que dificultou no desenvolvimento das demonstrações trabalhadas.



Figura 17 – Interface do simulador PhET

Fonte: <https://phet.colorado.edu>

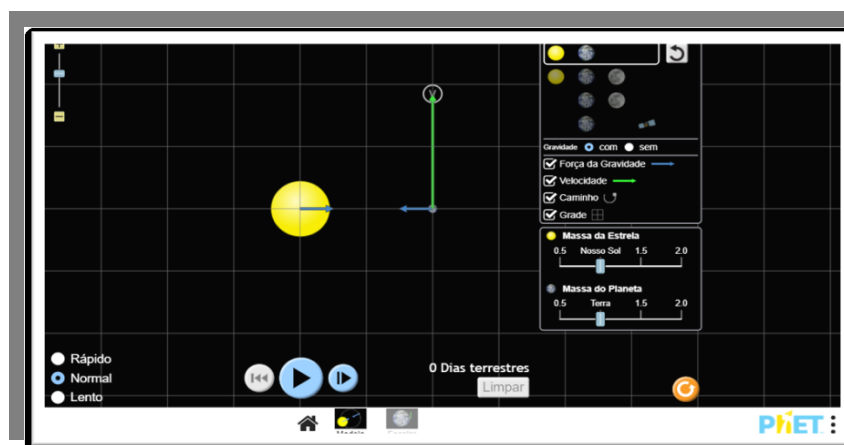


Figura 18 – Interface do simulador PhET (desenvolvimento da simulação)

Fonte: <https://phet.colorado.edu>

Mesmo com os problemas que foram apresentados na aplicação do simulador, ele mostra-se eficiente para aprendizagem dos alunos. Visto que a coordenação escolar buscou meios para reverter a problemática encontrada dentro da escola logo no início da aplicação do projeto, e o interesse dos alunos foi fundamental para que ocorresse de forma adequada o desenvolvimento do simulador.

Logo destacamos as dificuldades que podem ser encontradas nas Unidades Escolares públicas/estaduais, quando é pensando em fazer o uso das TICs no ensino: baixo nível de internet; poucos ou quase nenhum projetor LED e ect.



Figura 19 – Aplicação da Atividade

Fonte: própria

As atividades 02 (Abordo do Diana) e 03 (Colocando o Diana em Movimento) trazem uma relação clara e objetiva que buscam incentivar a interpretação e a leitura, e fazem a relação específica entre os conteúdos e o conto.



Figura 20 – Aplicação da atividade

Fonte: própria

Além da realização das atividades, houve aplicação de trabalho em grupo. Na qual é proposto questões a respeito da 1ª (primeira) Lei de Kepler (Lei das órbitas), trabalho esse que foi feito em grupo.



Figura 21 – Desenvolvimento do trabalho

Fonte: própria



Figura 22 – Desenvolvimento do trabalho

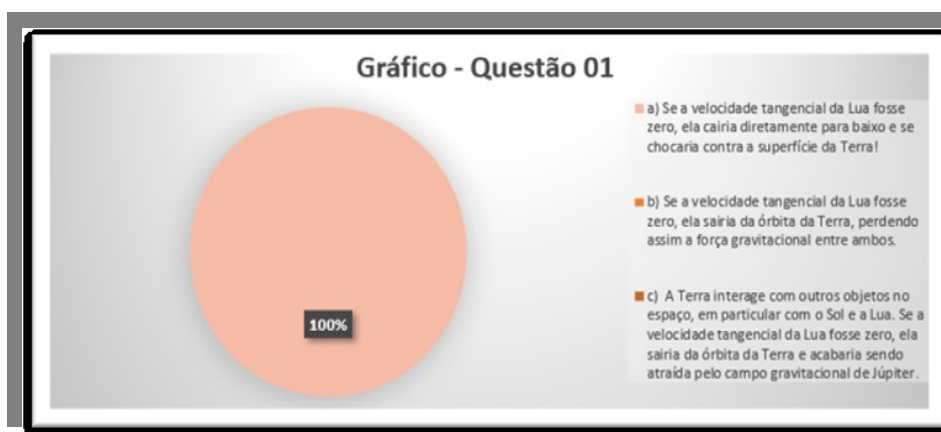
Fonte: própria

Assim no decorrer das aulas e no andamento das atividades até a sua finalização, houve o momento de diálogo sobre as questões trabalhadas, os alunos puderam destacar os momentos mais brilhantes e curiosos encontrados no conto (O Vento Solar), e assim fizeram uma avaliação dos pontos positivos e negativos encontrado.

Logo em seguida houve aplicação do questionário (ensino de gravitação), obtemos por aplicar o mesmo questionário duas vezes, para verificação do desenvolvimento da aprendizagem. Destacamos que todos os alunos que fizeram pela primeira vez o questionário participaram da segunda aplicação.

Q1 – “A velocidade tangencial da Lua em torno da Terra permite-lhe cair em volta da Terra ao invés de cair diretamente sobre ela”. Se a velocidade tangencial fosse zero, como a Lua se moveria?

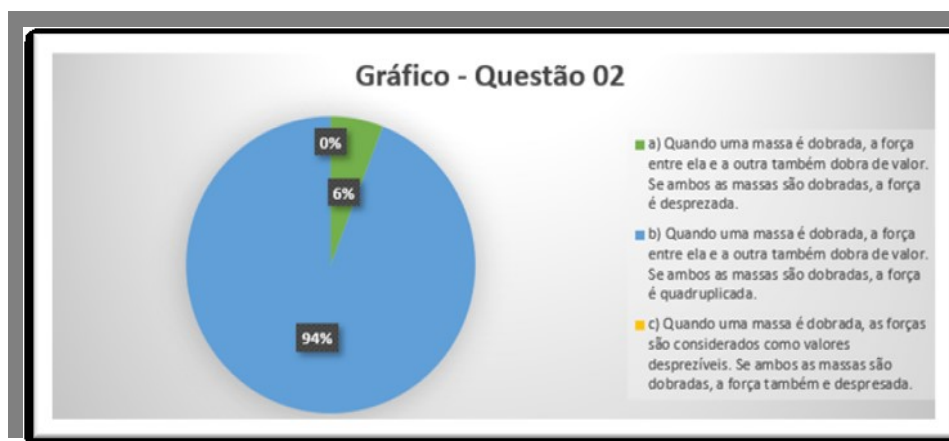
Figura 23 – Percentual a respeito da aplicação do questionário pela segunda vez (ensino de gravitação)



Ao fazermos o comparativo entre o gráfico da primeira aplicação e o gráfico da segunda, verificamos o avanço expressivo e significativo depois da aplicação da nossa SD. Percentual que expressa um total de 100% na segunda aplicação ao número de 29% na primeira aplicação, referente a quantidade de acertos, aonde encontramos um maior número de erros acerca da 1ª (primeira) questão.

Q2 - De acordo com a equação da força gravitacional, o que acontece à força entre dois corpos se a massa de um deles for dobrada? E se ambos as massas forem dobradas?

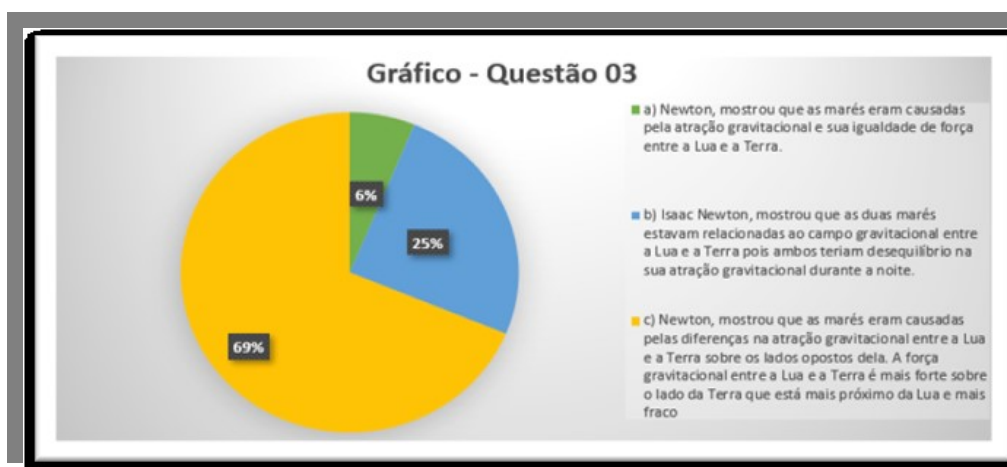
Figura 24 – Percentual a respeito da aplicação do questionário pela segunda vez (ensino de gravitação)



Ao fazermos o comparativo entre os gráficos relacionados a questão 02, verificamos o avanço dos alunos, pois o gráfico nos aponta uma porcentagem de 94% na alternativa de letra b), quando comparado ao gráfico da primeira aplicação temos uma porcentagem de apenas 24% na alternativa correta. É notável o avanço dos alunos.

Q3 - Os navegadores sempre souberam que houve conexão entre as marés e a Lua, mas nenhum deles foi capaz de formular uma teoria satisfatória para explicar as duas marés altas que ocorrem diariamente. Marque a alternativa na qual está relacionada com a teoria de Isaac Newton, sobre as formações das duas marés.

Figura 25 – Percentual a respeito da aplicação do questionário pela segunda vez (ensino de gravitação)

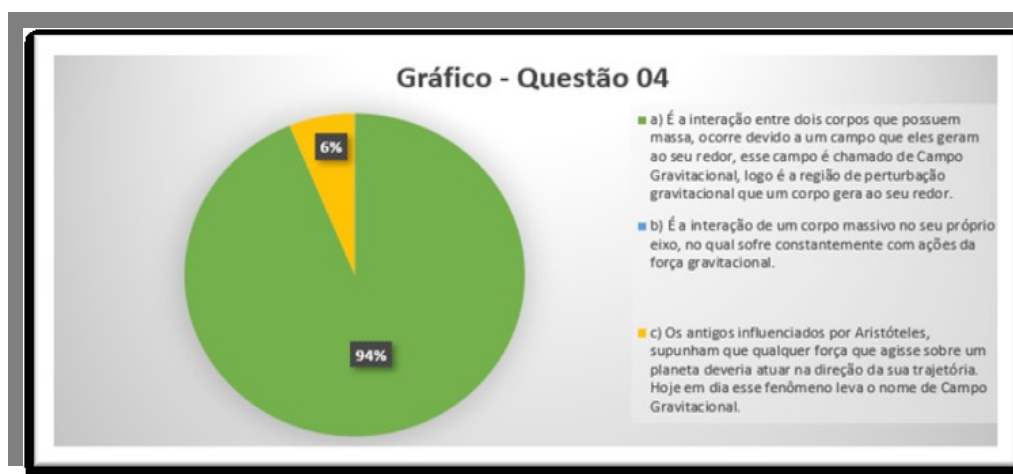


O gráfico nos aponta uma porcentagem expressiva. É verificado um

percentual de 69% na alternativa correta, mas nos aponta também um número de 25% na alternativa que não condiz com a pergunta, logo nos notifica a dificuldades que os alunos tiveram para compreender. Mas quando comparado ao gráfico da primeira aplicação temos um percentual favorável.

Q4 - O que é um Campo Gravitacional?

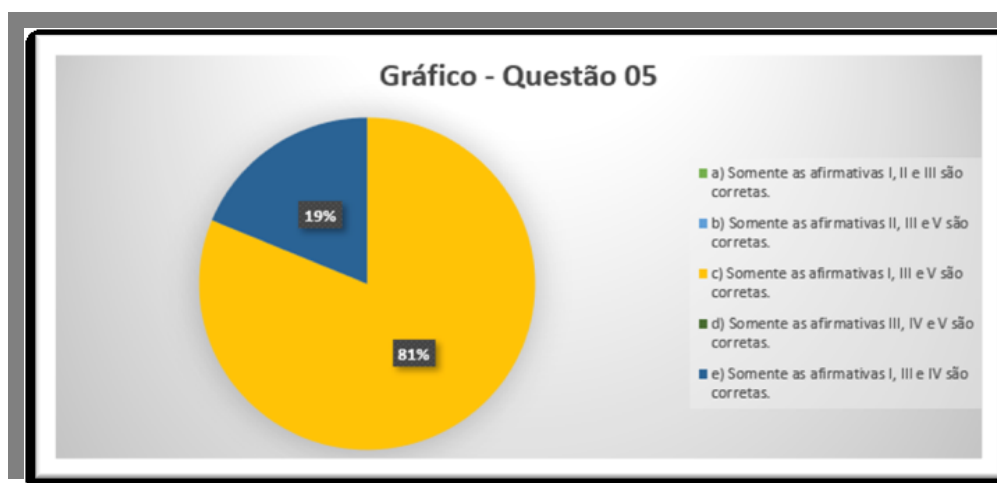
Figura 26 – Percentual a respeito da aplicação do questionário pela segunda vez (ensino de gravitação)



A partir do gráfico acima é verificado um percentual significativo para o nosso trabalho. O gráfico nos aponta uma porcentagem de 94% na alternativa que condiz com questão, ao fazermos o comparativo com o gráfico da primeira aplicação podemos notar expressivamente o avanço dos discentes. O gráfico da primeira aplicação nos apresenta uma porcentagem de 41% na alternativa correta, logo destacamos que nessa primeira aplicação do questionário ocorreu a igualdade das porcentagens entre a alternativa a) e b) com 41%.

Q5 - Analise as proposições com relação às leis de Kepler, sobre o movimento planetário. I. A velocidade de um planeta é maior no periélio. II. Os planetas movem-se em órbita circulares, estando o Sol no centro da órbita. III. O período orbital de um planeta aumenta com o raio médio de sua órbita. IV. A velocidade de um planeta é maior no afélio. V. Os planetas movem-se em órbitas elípticas, estando o Sol em um dos focos. Assinale a alternativa CORRETA.

Figura 27 – Percentual a respeito da aplicação do questionário pela segunda vez (ensino de gravitação)



O gráfico acima nos aponta um percentual significativo quando comparada ao gráfico antes do desenvolvimento das aulas. Ao fazermos o comparativo das porcentagens correspondente a alternativa correta temos um valor de 24% antes e 81% depois, esse resultado mostra que o processo de desenvolvimento foi eficiente para uma boa parte dos alunos, mas também nos aponta um número negativo de 19%, logo destacamos a importância de estar fazendo melhorias para que aprendizagem chegue a todos.

Q6 - De acordo com a primeira lei de Kepler, as órbitas dos planetas que se movem ao redor do Sol são:

Figura 28 – Percentual a respeito da aplicação do questionário pela segunda vez (ensino de gravitação)

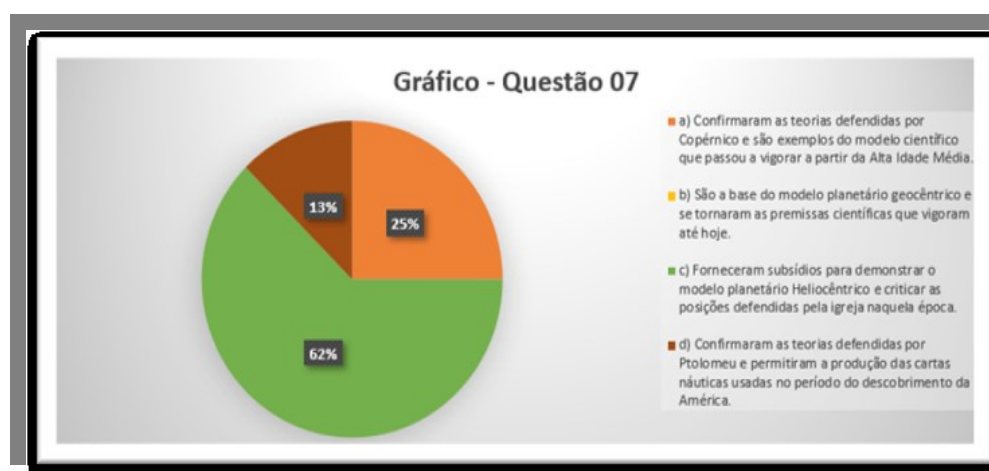


O gráfico acima nos aponta um percentual de grande evolução,

principalmente quando comparamos o gráfico das duas aplicações. Notamos um desenvolvimento maior no aprendizado dos nossos alunos, visto que as ferramentas que utilizamos foram de grande importância para que acontecesse esse avanço, logo ressaltamos que a participação dos nossos alunos nas atividades como um todo, foram de grande importância para que acontecesse um melhor desenvolvimento dos mesmos em relação as conteúdos trabalhados.

Q7 - A primeira lei de Kepler, demonstrou que os planetas se movem em órbitas elípticas e não circulares. A segunda lei mostrou que os planetas não se movem a uma velocidade constante. É correto afirmar que as leis de Kepler:

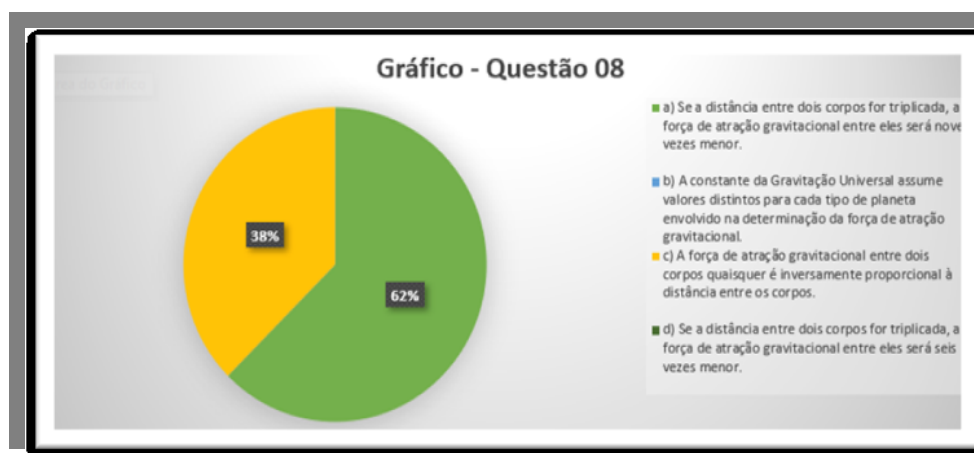
Figura 29 – Percentual a respeito da aplicação do questionário pela segunda vez (ensino de gravitação)



Quando comparado os gráficos da questão 07, é verificado uma porcentagem de 41%, no gráfico antes do desenvolvimento das aulas e das atividades planejadas e 62% logo após todo o desenvolvimento. Logo é visto como um resultado que pode ser melhorado, e que esse conteúdo futuramente possa ser desenvolvido com maior precisão, para que possamos obter um resultado que seja uma porcentagem favorável.

Q8- Marque alternativa correta a respeito da Lei da Gravitação Universal de Isaac Newton.

Figura 30 – Percentual a respeito da aplicação do questionário pela segunda vez (ensino de gravitação)



Ao compararmos os resultados obtidos nos dois gráficos relacionado a questão de número 08, é apontado um número significativo pois no primeiro gráfico temos um resultado de apenas 23% na alternativa correta, logo após o desenvolvimento das atividades e das aulas temos uma porcentagem de 62%, mesmo com esse resultado destacamos a importância de estar sendo mais precisa ao trabalhar esse conteúdo, assim como utilizar as ferramentas de forma clara para que a informação possa chegar em todos os alunos.

Quando olhamos para os resultados logo após todo desenvolvimento da Sequência Didática, verificamos que foi possível obter um resultado positivo com o uso do Conto (O Vento Solar) e o Simulador (PhET), mesmo com todos os problemas que encontramos na Unidade Escolar, problemas esses que já foram listados.

Destacamos aqui algumas falas dos alunos a respeito da aplicação da Sequência Didática, falas essas que levam que consideração toda metodologia utilizada no desenvolvimento.

“Pergunta comentada - Descreva em poucas palavras sobre a sua expectativa e satisfação usando como metodologia o conto de ficção científica e o uso de simulador na aprendizagem de Física. Tais ferramentas se mostraram eficazes?! Comente”

Aluno 01 - o método da utilização do conto de ficção foi bem legal, pois facilitou bastante aprendizagem do conteúdo e gostei quando fizemos a discussão entre o que é ficção e o que é ciências. Já o simulador foi bastante legal mesmo com

os imprevistos, como falha na internet tanto em casa como na escola, que de certa forma prejudicou as aulas, mas as aulas como um todo foram boas para nossa aprendizagem.

Aluno 02 - *Nunca tivemos acesso ao conto como ferramenta no ensino de física só em aulas de português, gostei bastante e aproveitei para entender o que é ficção e ciências no ponto de vista científico. Em relação ao simulador só conseguimos acessar no colégio mesmo com a péssima qualidade da internet, não conseguimos acessar em casa por faltas de meios, tirando isso foi show de bola.*

Aluno 03 - *Eu particularmente achei o conto muito interessante e engraçado, nunca tive contato com contos na matéria de física pois os meus professores fazem mais o uso de livro e vídeos dinâmicos. Mas tive dificuldade em diferenciar no conto o que é ficção do que é ciências (física). Em relação ao simulador, não foi possível ter um acesso adequado em casa e na escola por ter uma internet ruim em casa.*

A partir dos comentários feitos pelos alunos ressaltamos o desafio que é trabalhar em uma escola Estadual, além de encontramos poucas ferramentas que auxiliam no ensino de Física, encontramos falas de alunos que destacam a falta de métodos para o desenvolvimento da aprendizagem dos mesmos.

Com os comentários feitos pelos discentes, vemos a utilização de materiais com apego a ficção científica importante para aprendizagem, pois a partir desses meios podemos mostrar aos alunos até que ponto certos acontecimentos é ciência e até aonde é ficção científica. Logo é um material que possibilita ver a Física com um olhar diferente do que aponta os alunos.

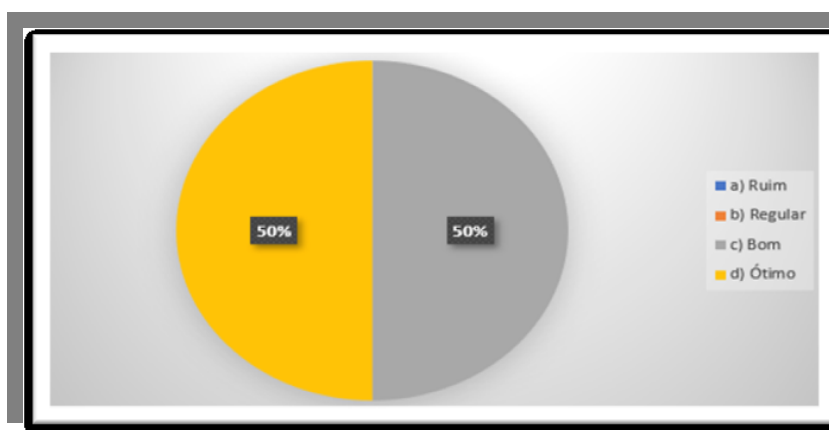
Levantamos aqui um outro ponto destacado pelos próprios discentes, que é a baixa qualidade da internet na unidade escolar, que de certa forma nos prejudicou e prejudicou mais ainda os discentes, que a parti desse motivo houve problemas no manuseio do simulador, mas no decorrer da aplicação esse problema foi de certa forma amenizado e foram buscadas estratégias para suprir as necessidades. Uma outra questão apontada pelos alunos é a faltas de meios para acessar o simulador em suas casas, na qual é uma visão mais social sobre a cidade que foi desenvolvido o trabalho.

Para entendermos se a metodologia utilizada foi aprovada pelos alunos, foi pensado na aplicação de um questionário com perguntas objetivas, com fins de estar

fazendo melhoras na metodologia e entender a visão dos alunos sobre as ferramentas que foram utilizadas. Por tanto foram criadas 5 perguntas objetivas, para que os nossos alunos respondam.

Pergunta 01 - Qual o seu nível de satisfação do conto utilizado na metodologia?

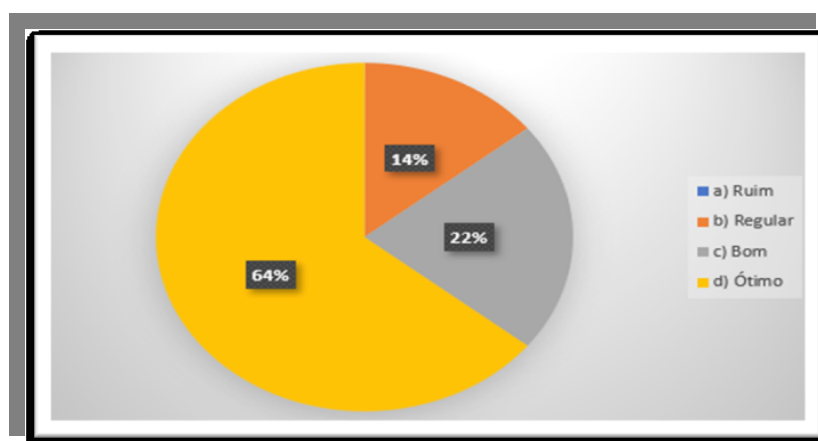
Figura 31 – Percentual a respeito da avaliação da metodologia (questão 01)



O gráfico acima nos aponta o nível de satisfação dos alunos a respeito do conto utilizado na metodologia, o percentual mostrado acima nos revela que os alunos ficaram divididos entre as classificações Ótimo 50% e Bom 50%, número esse que nos dá a entender um efeito positivo na utilização do conto no ensino de Física. Mesmo com resultados positivos vemos esses percentuais como algo que devemos fazer melhorias como também a ser seguido.

Pergunta 02 - O conto (O Vento Solar) ajudou na compreensão e na reflexão dos conteúdos trabalhados?

Figura 32 – Percentual a respeito da avaliação da metodologia (questão 02)

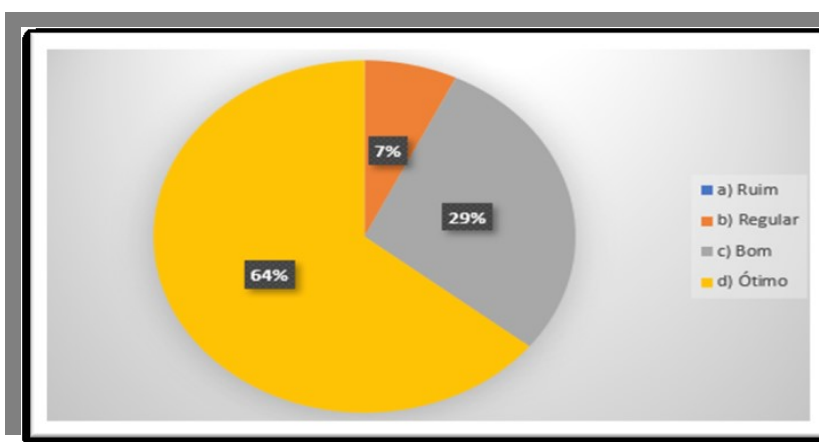


É verificado no gráfico o percentual de satisfação dos alunos, levando em consideração o auxílio do conto (O vento solar) nos conteúdos programados. Observa-se que os percentuais no gráfico variam entre 64% Ótimo, 22% Bom e apenas uma porcentagem de 14% Regular.

Logo essas porcentagens apresentadas nos notificam que o conto auxílio uma boa parte dos nossos alunos, mas decorrente da dificuldade na interpretação da leitura desse material paradidático, dificuldade essa que foi apresentada no decorrer das nossas aulas, impossibilitou uma melhor experiência com o conto.

Pergunta 03 - O Simulador utilizado auxiliou na demonstração dos conteúdos trabalhados em sala de aula?

Figura 33 – Percentual a respeito da avaliação da metodologia (questão 03)



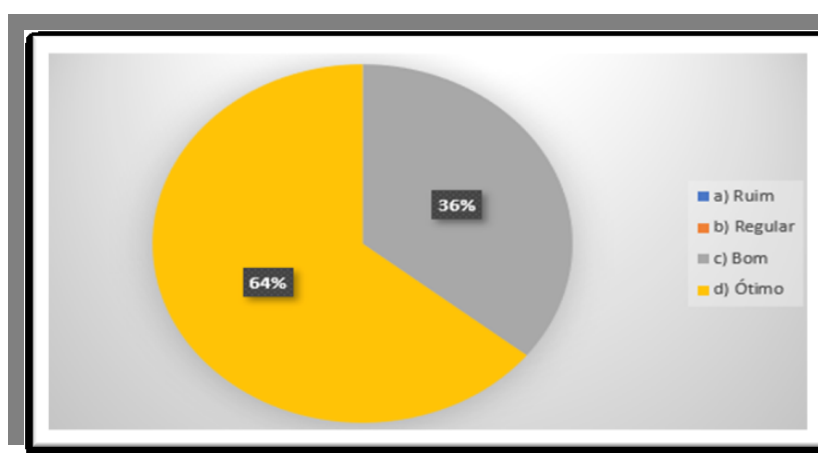
Ao analisarmos os resultados obtidos a partir do gráfico acima, resultados esses que nos mostra a porcentagem de satisfação dos alunos a respeito do uso do

Simulador, nas demonstrações de forma prática dos conteúdos, verificamos uma porcentagem de 64% na classificação Ótimo e uma porcentagem mínima de 7% na classificação Regular.

Vemos que mesmo com os problemas que encontramos nas demonstrações com o Simulador (PhET), é obtido um resultado positivo no que diz respeito a esse material didático, logo temos apenas 7% referente ao nível de satisfação Regular. Portanto acreditamos que ao fazermos uso de materiais interativos só temos o que acrescentar nas nossas aulas e aos nossos alunos.

Pergunta 04 - A metodologia utilizada na turma ajudou na compreensão dos conteúdos?

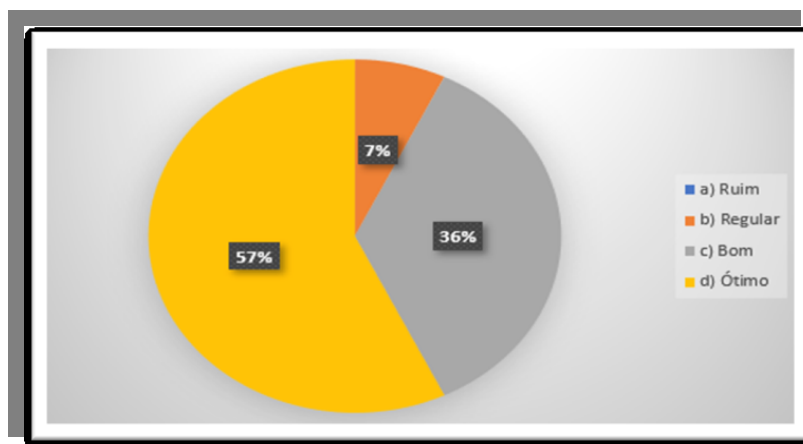
Figura 34 – Percentual a respeito da avaliação da metodologia (questão 04)



O gráfico nos aponta uma porcentagem satisfatória a respeito da metodologia utilizada, o resultado obtido referente ao compromisso da nossa metodologia teve efeitos positivos. Logo obtivemos uma porcentagem de 64% na classificação Ótimo e 36% na classificação Bom, vemos esses percentuais significativos para o nosso trabalho, mas destacamos a importância de estar sempre buscando novos métodos de ensino, para que aprendizagem possa chegar em todos os nossos discentes.

Pergunta 05 - Qual o seu nível de satisfação das ferramentas utilizadas na turma?

Figura 35 – Percentual a respeito da avaliação da metodologia (questão 05)



Ao verificamos o gráfico acima a respeito do nível de satisfação das ferramentas que foram utilizadas, obtivemos um resultado positivo. O gráfico nos aponta uma porcentagem de 57% na classificação Ótima, 35% Bom e 7% Regular, esses percentuais nos mostra os resultados que ocasionamos aos nossos alunos, ao desenvolvermos a nossa Sequência Didática, uma vez que houve um percentual que é visto como algo a ser modificado futuramente, porcentagem correspondente a 7% referente a classificação Regular.

Ao olharmos com uma visão ampla para o nosso trabalho e os resultados obtidos com ele, verificamos efeitos positivos no desenvolvimento do mesmo, logo foi possível concluir os nossos objetivos.

Destacamos a importância que as ferramentas nos trouxeram com a sua utilização, logo foram fundamentais para que acontecesse aprendizagem. Através da aplicação foi possível que os alunos desenvolvessem seus conhecimentos com a emprego do conto, aula didática, simulador e atividades complementares. Tendo em vista que as aulas buscaram mostrar uma visão da Física, que vai além dos livros didáticos e conceitos simplificados.

5. CONCLUSÃO

O desenvolvimento do presente trabalho possibilitou uma análise a partir do uso de uma Sequência Didática, na qual fez-se a utilização de um conto de ficção científica (O Vento Solar) e simulador (PhET), ferramentas que foram implementadas no estudo de Gravitação, trazendo assim contribuições importantes para o ensino de física, uma vez que é um conteúdo que é visto pelos alunos de forma resumida e simplificada.

Logo foi possível verificar o desenvolvimento dos alunos, antes da aplicação e ao seu final, essa verificação foi feita a partir da utilização de um questionário na qual apresentava questões objetivas, referentes aos conteúdos que foram trabalhados.

Possibilitou os discentes fazerem a distinção entre a ficção e o que a ciência aponta do campo teórico – estabelecendo assim os limites entre que é ficção e o que é real, a partir do conto e a experiência feita com o simulador virtual.

E assim desfazer as distorções causadas no campo conceitual, que estejam atreladas às concepções alternativas presente na sua estrutura cognitiva.

Os gráficos apresentados na seção Resultados, nos mostra os feitos positivos que tivemos com a utilização das ferramentas, nos mostraram assim, que os objetivos propostos foram alcançados.

Logo destacamos a importância que as atividades complementares tiveram para o desenvolvimento dos alunos. Na qual apresentam questões contextualizadas retirada do conto, tendo um embasamento ficcional e questões voltadas para demonstrações feitas pelo simulador, motivando assim os educandos a questionar sobre tal fenômeno apresentado.

A questão aberta nos permitiu conhecer os alunos e assim entender a sua realidade, e principalmente entender como os conteúdos são trabalhados pelos professores da unidade escolar aplicado. Essa questão fez contribuições importantes para o trabalho, dada a importância das falas dos alunos.

Nesse sentido, a utilização dos recursos permitiu que os alunos desenvolvessem a capacidade de estar relacionando a experiência vista como ficcional tratada no conto, com a realidade expressa no decorrer das aulas. Traçando uma experiência para esses alunos que esteja fora do tradicionalismo (quadro, aulas simplificadas com imagens ilustrativas e livros didáticos) e que estejam atrelados a expressões do real com questionamentos da ficção científica com demonstrações

apresentadas com a utilização do simulador.

REFERÊNCIAS

- AUSUBEL, D. P. The Acquisition and retention of knowledge: A cognitive view. Dordrecht: Kluwer Academic Publisher, 2000. 210 p.
- ANDRADE, E. M. B. **Tecnologia, educação e meio ambiente**: o uso de simuladores como recurso didático nas aulas de químicas para estudantes do proeja. P. 1-10, 2013.
- ANASTASIOU, L. G. C.; ALVES, L. P. **Estratégias de ensinagem**. In: ANASTASIOU, L. G. C.; ALVES, L. P. (Orgs). Processos de ensinagem na universidade. Pressupostos para as estratégias de trabalho em aula. 5. ed. Joinville, SC: UNIVILLE, 2005. p. 67- 100.
- BACHELARD, G. **A Formação do Espírito Científico**. E. ed. Rio de Janeiro: Contraponto, 2005.
- BRASIL. Secretaria da Educação Básica. Diretoria de Apoio à Gestão Educacional. **Pacto nacional pela alfabetização na idade certa: alfabetização em foco: projetos didáticos e sequências didáticas em diálogo com os diferentes componentes curriculares**: ano 03, unidade 06/ Ministério da Educação, Secretaria da Educação Básica, Diretoria de Apoio à Gestão Educacional. – Brasília: MEC, SEB, 2012. 47 p.
- BRASIL. Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional. Brasília, 1996.
- _____. Ministério da Educação e do Desporto. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros Curriculares Nacionais+. Ciências da Natureza, Matemática e Suas Tecnologias – Física**, 4 ed, Brasília: 2002.
- CACHAPUZ, A; GIL-PÉREZ, D’PRAIA, J; VILCHS, A. **A necessária renovação no ensino de ciências**. 3. ed. São Paulo: Cartez, 2011.
- CANALLE, João Batista; MATSUURA, Oscar Toshiaki. **Manual de Astronomia**. Rio de Janeiro. ed. Sinergia. 2012. Pág. 102 – 106.
- CARNEIRO, André. **Introdução ao estudo da “Science-fiction”**. São Paulo, Conselho Estadual de Cultura: Comissão de Literatura, 1967.
- CARVALHO, A. M. P. D. C.; PEREZ, D. G. **Ensinar a ensinar**: didática para a escola

fundamental e média. In: AMÉLIA DOMINGUES DE CASTRO, A. M. P.D. C. O saber e o saber fazer dos professores. São Paulo: Pioneira, 2001. p. 107-124.

CAVALCANTE, K. **A Importância da Matemática do Ensino Fundamental na Física do Ensino Médio**. Canal do Educador, Estratégia de Ensino, Física.

COSTA, M. **Simulações computacionais no ensino de física**: revisão sistemática de publicações da área de ensino. Comunicação. In: Anais do XIV Congresso Nacional de Educação. Pontifícia Universidade Católica do Paraná – PUCPR, Curitiba, Paraná. 2017. Curso completo de pedagogia.

Curso Completo de Pedagogia: Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel (1918 – 2008). Disponível em <https://cursocompletodepedagogia.com/tag/o-que-e-aprendizagem-memoristica/>. Acessado em: 2 de dezembro de 2021.

CLARKE, Arthur. *O vento solar*. São Paulo, Círculo do Livro, [1972]

CLARKE, Arthur. Conto O vento solar. Coleção O Vento Solar: José Saenz. 1972.

FREIRE, P. **Pedagogia do Oprimido**. 12^a. Ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1983.

LAJOLO, M. **Livro didático**: um (quase) manual de usuário. Em Aberto, Brasília, ano 16, nº 69, jan/mar, 1996.

LANGHI, R.; NARDI, R. Ensino de astronomia: erros conceituais mais presentes em livros didáticos de ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 24, n. 1, p. 87-111, abr. 2007.

LIBÂNEO, J. C. Didática. Velhos e novos temas. Edição do Autor. Maio de 2002.

MANTOVANI, S. R. **Sequência didática como instrumento para a aprendizagem significativa do efeito fotoelétrico**. 2015.

MARTIN-DIAZ, M. J. et al, **Science Fiction comes into the Classroom**; Maelstrom II. Phys. Educ. 27, 1992. 18-23.

MEDEIROS, A.; MEDEIROS, C. F. Questões epistemológicas nas iconicidades de representações visuais em livros didáticos de física. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Porto Alegre: ABRAPEC. v. 1, n. 1, p. 103-117, 2001.

MEDEIROS, A.; MONTEIRO, M. A. A invisibilidade dos pressupostos e das limitações da teoria de Copérnico nos livros didáticos de física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 19, n. 1, p. 29-52, abr. 2002.

MOREIRA, Marco A. **Mapas Conceituais e Aprendizagem Significativa**. Revista Galáico Portuguesa de Sócio-Pedagogia e Sócio-Linguística, Pontevedra/Galícia/Espanha e Braga/Portugal, n. 23 a 28, 87-95, 1988. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/~moreira/mapasport.pdf>

MOREIRA, M. A. (1995), Monografias nº 11 da série Enfoques Teóricos. Porto Alegre. Instituto de Física UFRGS.

NETO, M. J; FRACALANZA, H. **O livro didático de ciências**: problemas e soluções. Ciências & Educação, v. 9, n. 2, p. 147-157, 2003.

PARÂMETROS Curriculares Nacionais: adaptações curriculares – estratégias para a educação de alunos com necessidades educacionais especiais.

Secretaria de Educação Especial. Brasília, 1998. Disponível em:

<http://200.156.28.7/Nucleus/media/common/Downloads/PCN.PDF>. Acesso em: 29 de dezembro de 2021.

PEREIRA, Nádia Vilela et al. **História da física**: uma proposta de ensino a partir da evolução de suas ideias. Research, Society and Development, v. 4, n 4, pp. 251 – 269, 2017.

PIMENTEL, J. R. **Livros didáticos de ciências**: a física e alguns problemas. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 15, n. 3, p. 308-118, ago. 2006. ISSN 2175- 7941. Disponível em: <https://periodicos.ufsc./index.php/física/article/view/6889>. Acesso em: dia 10 de novembro de 2021.

PIOVESAN, J. OTTONELLI, J. C. BORDIN, J. B. PIOVESAN, L. **Psicologia do desenvolvimento e da aprendizagem**. p, 93- 95. ed, Santa Maria, RS: UFSM, NTE, 2018.

SANTOS, R. L. D. **Gravitação**: história, análise de livros didáticos e uma proposta de abordagem histórica em sala de aula. 2018.

ZABALA, A. **A Prática Educativa**: Como ensinar. Tradução: Ernani F. da F. Rosa. Porto Alegre: Artmed, 1998.

APÊNDICES

APÊNDICE A - QUESTIONÁRIO DIAGNÓSTICO

1. "A velocidade tangencial da Lua em torno da Terra permite-lhe cair em volta da Terra ao invés de cair diretamente sobre ela". Se a velocidade tangencial fosse zero, como a Lua se moveria?
 - A) Se a velocidade tangencial da Lua fosse zero, ela cairia diretamente para baixo e se chocaria contra a superfície da Terra!
 - B) Se a velocidade tangencial da Lua fosse zero, ela sairia da órbita da Terra, perdendo assim a força gravitacional entre ambos.
 - C) A Terra interage com outros objetos no espaço, em particular com o Sol e a Lua. Se a velocidade tangencial da Lua fosse zero, ela sairia da órbita da Terra e acabaria sendo atraída pelo campo gravitacional de Júpiter.
2. De acordo com a equação da força gravitacional, o que acontece à força entre dois corpos se a massa de um deles for dobrada? E se ambos as massas forem dobradas?
 - A) Quando uma massa é dobrada, a força entre ela e a outra também dobra de valor. Se ambos as massas são dobradas, a força é desprezada.
 - B) Quando uma massa é dobrada, a força entre ela e a outra também dobra de valor. Se ambos as massas são dobradas, a força é quadruplicada.
 - C) Quando uma massa é dobrada, as forças são consideradas como valores desprezíveis. Se ambos as massas são dobradas, a força também é desprezada.
3. Os navegadores sempre souberam que houve conexão entre as marés e a Lua, mas nenhum deles foi capaz de formular uma teoria satisfatória para explicar as duas marés altas que ocorrem diariamente. Marque a alternativa na qual está relacionada com a teoria de Isaac Newton, sobre as formações das duas marés.
 - A) Newton, mostrou que as marés eram causadas pela atração gravitacional e sua igualdade de força entre a Lua e a Terra.
 - B) Isaac Newton, mostrou que as duas marés estavam relacionadas ao campo gravitacional entre a Lua e a Terra pois ambos teriam desequilíbrio na sua atração gravitacional durante a noite.
 - C) Newton, mostrou que as marés eram causadas pelas diferenças na atração gravitacional entre a Lua e a Terra sobre os lados opostos dela. A força gravitacional entre a Lua e a Terra é mais forte sobre o lado da Terra

que está mais próximo da Lua e mais fraco sobre o lado oposto, que está mais afastado da Lua.

4. O que é um Campo Gravitacional?

- A)** É a interação entre dois corpos que possuem massa, ocorre devido a um campo que eles geram ao seu redor, esse campo é chamado de Campo Gravitacional, logo é a região de perturbação gravitacional que um corpo gera ao seu redor.
- B)** É a interação de um corpo massivo no seu próprio eixo, no qual sofre constantemente com ações da força gravitacional.
- C)** Os antigos influenciados por Aristóteles, supunham que qualquer força que agisse sobre um planeta deveria atuar na direção da sua trajetória. Hoje em dia esse fenômeno leva o nome de Campo Gravitacional.

5. Analise as proposições com relação às leis de Kepler, sobre o movimento planetário.

- I. A velocidade de um planeta é maior no periélio.
- II. Os planetas movem-se em órbita circulares, estando o Sol no centro da órbita.
- III. O período orbital de um planeta aumenta com o raio médio de sua órbita.
- IV. A velocidade de um planeta é maior no afélio.
- V. Os planetas movem-se em órbitas elípticas, estando o Sol em um dos focos.

- Analise a alternativa CORRETA.

- A)** Somente as afirmativas I, II e III são corretas.
- B)** Somente as afirmativas II, III e V são corretas.
- C)** Somente as afirmativas I, III e V são corretas.
- D)** Somente as afirmativas III, IV e V são corretas.
- E)** Somente as afirmativas I, III e IV são corretas.

6. De acordo com a primeira lei de Kepler, as órbitas dos planetas que se movem ao redor do Sol são:

- A)** Elípticas, com grande excentricidade.
- B)** Circulares, com o Sol em um dos focos.
- C)** Hiperbólicas, com o Sol localizado sobre o foco.
- D)** Circulares, com a Terra no centro.
- E)** Elípticas, com o Sol em um dos focos.

7. A primeira lei de Kepler, demonstrou que os planetas se movem em órbitas elípticas e não circulares. A segunda lei mostrou que os planetas não se movem a uma velocidade constante. É correto afirmar que as leis de Kepler:
- A)** Confirmaram as teorias defendidas por Copérnico e são exemplos do modelo científico que passou a vigorar a partir da Alta Idade Média.
 - B)** São a base do modelo planetário geocêntrico e se tornaram as premissas científicas que vigoram até hoje.
 - C)** Forneceram subsídios para demonstrar o modelo planetário Heliocêntrico e criticar as posições defendidas pela igreja naquela época.
 - D)** Confirmaram as teorias defendidas por Ptolomeu e permitiram a produção das cartas náuticas usadas no período do descobrimento da América.
8. Marque alternativa correta a respeito da Lei da Gravitação Universal de Isaac Newton.
- A)** Se a distância entre dois corpos for triplicada, a força de atração gravitacional entre eles será nove vezes menor.
 - B)** A constante da Gravitação Universal assume valores distintos para cada tipo de planeta envolvido na determinação da força de atração gravitacional.
 - C)** A força de atração gravitacional entre dois corpos quaisquer é inversamente proporcional à distância entre os corpos.
 - D)** Se a distância entre dois corpos for triplicada, a força de atração gravitacional entre eles será seis vezes menor.
 - E)** A única forma de reduzir a força de atração gravitacional entre dois corpos é alterando a distância entre eles.

APÊNDICE B - QUESTIONÁRIO INVESTIGATIVO

1. Você gosta de estudar física? Porque?

() Sim

() Não

2. Qual assunto em física te chama mais atenção?

3. Você gosta do assunto de Gravitação?

() Sim

() Não

4. O que você entende por Campo Gravitacional?

5. Você já leu ou assistiu algum conto ou filme de ficção científica? Se sim qual?

APÊNDICE C - AVALIAÇÃO DA METODOLOGIA

1. Descreva em poucas palavras sobre a sua expectativa e satisfação usando como metodologia o conto de ficção científica e o uso de simulador na aprendizagem de Física. Tais ferramentas se mostraram eficazes?! Comente.
-
2. Qual o seu nível de satisfação do conto utilizado na metodologia?
 - a. Ruim.
 - b. Regular.
 - c. Bom.
 - d. Ótimo.
 3. O conto (O Vento Solar) ajudou na compreensão e na reflexão dos conteúdos trabalhados?
 - a. Ruim.
 - b. Regular.
 - c. Bom.
 - d. Ótimo.
 4. O Simulador utilizado auxiliou na demonstração dos conteúdos trabalhados em sala de aula?
 - a. Ruim.
 - b. Regular.
 - c. Bom.
 - d. Ótimo.
 5. A metodologia utilizada na turma ajudou na compreensão dos conteúdos?
 - a. Ruim.
 - b. Regular.
 - c. Bom.
 - d. Ótimo.
 6. Qual o seu nível de satisfação das ferramentas utilizadas na turma?
 - a. Ruim.
 - b. Regular.
 - c. Bom.
 - d. Ótimo.

APÊNDICE D: ATIVIDADE – A BORDO DO DIANA

Retomando o conto

1. Temos abaixo duas citações extraídas da obra O Vento Solar, escrita por Arthur Clarke.

Citação 01

“[...] A bordo do Diana, nada parecia estar acontecendo. Merton, porém, não se deixava enganar pelas aparências. Embora o seu corpo não sentisse nenhum impulso, o painel de instrumentos lhe dizia que estava agora acelerando à razão de quase um milésimo de gravidade. Para um foguete, essa cifra teria sido ridícula, mas era a primeira vez que um iate solar a alcançava. O desenho do Diana era perfeito; a vasta vela não desmentia os seus cálculos[...]”

Citação 02

“[...] Lembrem-se, por favor, de que no espaço não há atrito, de modo que, quando se põe uma coisa em movimento, ela continuará a mover-se eternamente. Os senhores e as senhoras ficarão surpreendidos quando eu lhes disser a velocidade que terá adquirido o nosso barco de um milésimo de gravidade no fim de um dia de corrida: quase três mil e duzentos quilômetros por hora! [...]”

1.1. De acordo com a citação 01 tirada do conto, analise o seguinte trecho:

“...A bordo do Diana, nada parecia estar acontecendo. Merton, porém, não se deixava enganar pelas aparências. Embora o seu corpo não sentisse nenhum impulso, o painel de instrumentos lhe dizia que estava agora acelerando à razão de quase um milésimo de gravidade.”

1.1.1. A qual Princípio da Mecânica esta passagem se refere?

1.1.2. Ainda na citação 01, podemos dizer que o corpo do tripulante não sentira o impulso devido a aceleração que tem como “razão de quase um milésimo de gravidade”? Esta afirma estar correta? Justifique sua resposta.

1.2. De acordo com a citação 02 tirada do conto, responda:

1.2.1. Qual a Lei da Mecânica que esta citação se refere?

1.2.2. Numa situação em que o movimento que o corpo executa em torno de um planeta ou uma estrela, podemos estabelecer uma relação entre a

velocidade e a aceleração da gravidade, utilizando uma lei de forças. Você seria capaz de dizer qual a relação matemática entre elas, quando os corpos orbitam em torno de um campo gravitacional? Explique.

Prática: usando o simulador PhET

2. Explore o simulador e responda as perguntas a partir de suas observações. Escreva as respostas em uma folha separada. Use o link abaixo para acessar o simulador:

Link: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/gravity-and-orbits

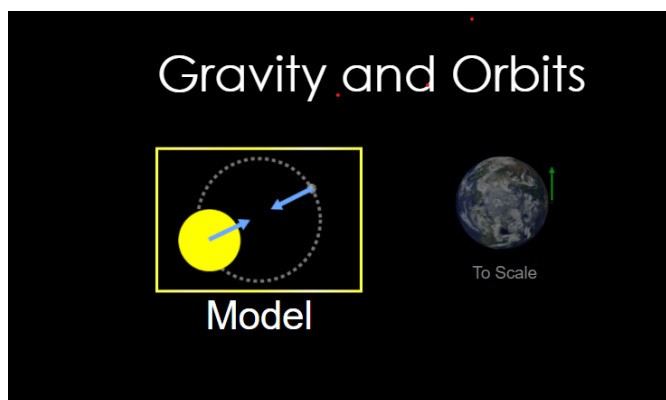


Figura 28: PASSO 1: ESCOLHA O CAMPO EM DESTAQUE - MODEL

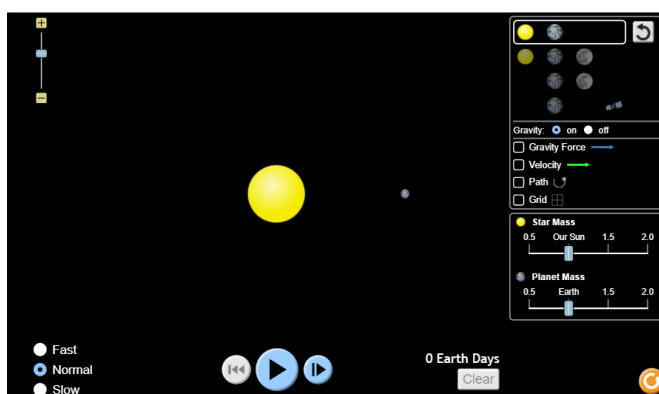


Figura 29: ESTA É A ABA QUE APARECERÁ EM SUA TELA

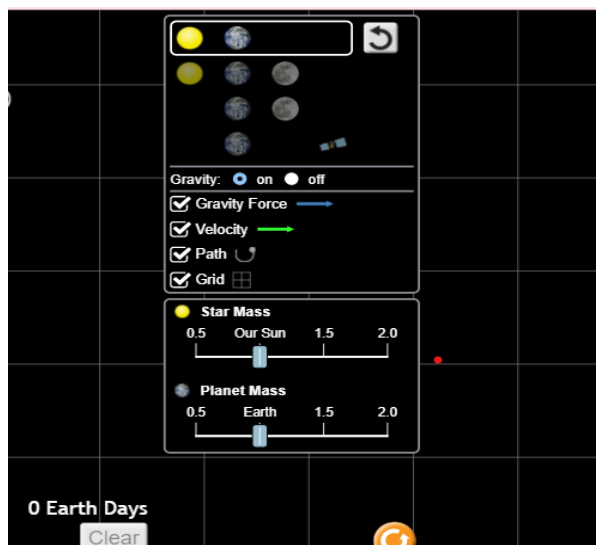


Figura 30: MARQUE OS PONTOS DE ACORDO COM A IMAGEM

Questões do simulador

- 2.1. Note que a flecha de força azul na Terra é do mesmo tamanho que a flecha de força azul no Sol. Por que isso acontece? Quais leis estão sendo ilustradas?
- 2.2. Você já deve ter percebido que deslizando o seletor “Planet”, para a esquerda ou para a direita, você estará mantendo a distância até o Sol, mas substituindo a Terra por um planeta com massa menor ou maior, respectivamente. Que mudanças você percebe quando se trata de um planeta menor? Por que as coisas mudaram? E para um planeta maior?
- 2.3. Observe atentamente a velocidade (o comprimento da seta de velocidade). Descreva o que você observa sobre a velocidade em diferentes locais da órbita.
- 2.4. Observe atentamente o vetor de força. Descreva o que você observa sobre a força em diferentes locais da órbita. Por que você acha que a força muda?

APÊNDICE E: ATIVIDADE – PONDO O DIANA EM MOVIMENTO

Retomando o conto

1. Na introdução do conto, presente na primeira página, o autor faz uma descrição minuciosa sobre o arranjo de largada dos iates solares. Faça uma representação através de um desenho/esquema de como você compreendeu esta largada e apresente as forças que estão atuando nos iates antes “das sete lâminas de faca atorarem os setes cabos finos que amarravam os iates.”
2. Temos abaixo duas citações extraídas da obra O Vento Solar, escrita por Arthur Clarke.

Citação 01

“[...] Com esse ritmo de aceleração, duas voltas à Terra bastariam para fazer subir a sua velocidade ao ponto de escape, e então poderia rumar para a Lua com toda a força do Sol a sustentá-lo.[...]”

Citação 02

“[...] – Estendam suas mãos para o Sol – dizia ele. – Que é que os senhores sentem? Calor, é claro. Mas também há pressão, embora nunca a tenham sentido, por ser tão diminuta. Sobre a superfície das suas mãos, ela não é maior do que vinte e oito milésimos de miligrama [...]”

- 2.1. De acordo com a citação 01 tirada do conto, explique:
 - 2.1.1. Como o Diana poderá ser lançado da Terra? Justifique sua resposta.
 - 2.1.2. Com base na velocidade de escape qual a chance real disso acontecer? Ficção ou ciência? Justifique sua resposta.
 - 2.1.3. O que significa em termos físicos a expressão “poderia rumar para a Lua com toda a força do Sol a sustentá-lo”.
- 2.2. De acordo com a citação 02 tirada do conto, responda:
 - 2.2.1 Considerando que em partes do texto, o autor descreve a vela do Diana como uma imensa vela com a superfície espelhada, como podemos entender como essa pressão age para que a força do Sol exerça uma aceleração sobre o Diana?
 - 2.2.2 Qual o motivo principal para que a vela seja espelhada?

- 2.2.3 Com base no que foi discutido até aqui, o que ocorreria se caso um iate fizesse sombra sobre a superfície espelhada do Diana? Justifique sua resposta.

ANEXOS

O vento solar

A vela, enorme disco já enfunado pelo vento que soprava entre os mundos, retesava o seu cordame. Dentro de três minutos a corrida iria começar, e contudo, nesse momento, John Merton sentia-se mais tranquilo, mais em paz do que durante o ano que se passara. O que quer que acontecesse quando o comodoro desse o sinal da partida, quer o *Diana* o levasse à vitória, quer à derrota, ele havia realizado a sua ambição. Após uma vida inteira passada a desenhar barcos para os outros, ia finalmente pilotar o seu.

— H menos dois minutos — disse o rádio da cabina. — Façam o favor de confirmar que estão prontos.

Um a um, os outros comandantes responderam. Merton reconheceu todas as vozes — umas tensas, outras calmas —, pois eram as vozes de seus amigos e rivais. Nos quatro mundos habitados havia apenas vinte homens capazes de pilotar um iate solar; e todos se encontravam ali na linha de partida ou em barcos de escolta, em órbita, trinta e cinco mil quilômetros acima do equador.

— Número 1, *Gossamer*, pronto para partir.

— Número 2, *Santa Maria*, tudo OK.

— Número 3, *Sunbeam*, OK.

— Número 4, *Woomera*, todos os sistemas em ordem. Merton sorriu a este derradeiro eco dos primeiros tempos da astronáutica. Mas isso fazia parte da tradição espacial, e havia ocasiões em que um homem precisava evocar as sombras daqueles que haviam partido antes dele para as estrelas.

— Número 5, *Lebedev*, estamos prontos.

— Número 6, *Arachne*, OK.

Agora chegara a sua vez, no fim do rol de chamada; era estranho pensar que as palavras pronunciadas por ele nesta minúscula cabina estavam sendo escutadas por cinco bilhões de pessoas, pelo menos.

— Número 7, *Diana*, pronto para partir.

— Recebidos de 1 a 7 — respondeu a voz impessoal na lancha do juiz. — H menos um minuto, agora.

Merton mal o ouviu. Pela última vez estava verificando a tensão do cordame. As agulhas de todos os dinamômetros se mantinham firmes, a imensa vela estava tensa, com a superfície espelhada relampejando e cintilando gloriosamente ao sol.

A Merton, que flutuava sem peso junto ao periscópio, ela parecia encher o céu inteiro. Se todas as lonas de todos os clipers de chá que outrora haviam singrado os mares da China, velozes como nuvens, fossem costuradas umas às outras numa única vela gigantesca, não poderiam igualar esta vela solitária que o *Diana* desfraldara ao sol.

E no entanto, ela era pouco mais substancial do que uma bolha de sabão; as duas milhas quadradas de plástico aluminizado mediam poucos milionésimos de polegada de espessura.

— H menos dez segundos. Todas as câmaras registradoras ligadas.

Uma coisa tão enorme, e contudo tão delicada, era difícil de conceber; e mais difícil ainda imaginar que esse frágil espelho podia levá-lo para fora da Terra pela simples força da luz solar que captaria.

— ... cinco, quatro, três, dois, CORTAR!

Sete lâminas de faca atoraram os sete cabos finos que amarravam os iates às sete naus-mães que os tinham montado e que os assistiam. Até esse momento, todos tinham dado voltas à Terra em rígida formação, mas agora os iates começariam a dispersar-se, como sementes de paina levadas pela brisa. E o vencedor seria aquele que primeiro passasse pela Lua.

A bordo do *Diana*, nada parecia estar acontecendo. Merton, porém, não se deixava enganar pelas aparências.

Embora o seu corpo não sentisse nenhum impulso, o painel de instrumentos lhe dizia que estava agora acelerando à razão de quase um milésimo de gravidade. Para um foguete, essa cifra teria sido ridícula, mas era a primeira vez que um iate solar a alcançava. O desenho do *Diana* era perfeito; a vasta vela não desmentia os seus cálculos.

Com esse ritmo de aceleração, duas voltas à Terra bastariam para fazer subir a sua velocidade ao ponto de escape, e então poderia rumar para a Lua com toda a força do Sol a sustentá-lo.

Toda a força do Sol... Merton sorriu de viés, recordando suas tentativas de explicar a navegação solar ao público que lhe ouvia as conferências lá na Terra. Esse fora o único meio de levantar dinheiro naqueles tempos iniciais. Embora fosse o projetista-chefe da Cosmodyne Corporation, com uma série de espaçonaves bem-sucedidas a seu crédito, não se podia dizer que a companhia olhasse com muito entusiasmo esse passatempo.

— Estendam as mãos para o Sol — dizia ele. — Que é que os senhores sentem? Calor, é claro. Mas também há pressão, embora nunca a tenham sentido, por ser tão diminuta. Sobre a superfície das suas mãos, ela não é maior do que vinte e oito milésimos de miligrama.

"Mas lá fora, no espaço, até uma pressão tão pequena como essa pode ser importante, porque atua ininterruptamente, hora após hora e dia após dia. Ao contrário do combustível que move os foguetes, ela é gratuita e ilimitada. Se quisermos, poderemos utilizá-la. Poderemos construir velas para captar as radiações emitidas pelo Sol."

Neste ponto Merton sacava do bolso alguns metros quadrados de material para vela e arremessava-o na direção do público. A película prateada enroscava-se e torcia-se como fumaça, depois subia lentamente para o teto nas correntes de ar

quente.

— Estão vendo como é leve? — continuava ele. — Uma milha quadrada pesa apenas uma tonelada e pode captar dois quilos e meio de pressão de irradiação. Portanto, começará a mover-se... e podemos fazer com que nos leve a reboque, se a provirmos de cordame.

"Naturalmente, a sua aceleração seria diminuta, cerca de um milésimo de gravidade. Isso não parece ser grande coisa, mas vejamos o que significa.

"Significa que no primeiro segundo nos deslocaremos cerca de meio centímetro. Suponho que um caracol sadio possa fazer melhor do que isso. Mas ao cabo de um minuto teremos percorrido dezoito metros e estaremos fazendo uma milha e pouco por hora. Já não é nada mau, para uma coisa impelida unicamente pela luz do Sol!

Depois de uma hora nos acharemos a sessenta e quatro quilômetros do nosso ponto de partida e estaremos nos movendo a cento e vinte e oito quilômetros por hora. Lembrem-se, por favor, de que no espaço não há atrito, de modo que, quando se põe uma coisa em movimento, ela continuará a mover-se eternamente. Os senhores e as senhoras ficarão surpreendidos quando eu lhes disser a velocidade que terá adquirido o nosso barco de um milésimo de gravidade no fim de um dia de corrida: *quase três mil e duzentos quilômetros por hora!* Se ele partir de órbita — como terá de fazer, é claro — atingirá a velocidade de escape em dois dias. E tudo isso sem ter queimado uma só gota de combustível!" Pois tinha-os convencido, e no fim acabara por convencer a própria Cosmodyne. Nos últimos vinte anos, um novo esporte havia surgido. Fora chamado o esporte dos bilionários, e isso era verdade. Mas começava a ser compensador em termos de publicidade e cobertura pela TV. O prestígio de quatro continentes e de dois mundos estava empenhado nessa corrida, que tinha o maior público da história.

O *Diana* fizera uma boa largada e era tempo de dar uma olhadela aos adversários. Movendo-se com muita suavidade — embora houvesse amortecedores de choques entre a cápsula de controle e o delicado cordame, ele não queria expor-se a nenhum risco —, Merton foi colocar-se diante do periscópio.

Lá estavam eles, como estranhas flores de prata plantadas nos campos negros do espaço. O mais próximo, o *Santa Maria*, da América do Sul, distante apenas oitenta quilômetros, tinha grande semelhança com um papagaio, mas um papagaio que media mais de uma milha num de seus lados. Mais afastado, o *Lebedev*, da Universidade de Astrogrado, tinha a forma de uma cruz-de-malta; pelo jeito, as velas que formavam os quatro braços podiam ser inclinadas para fins de direção. Em contraste, o *Woomera*, da Federação da Australásia, era um simples pára-quedas com seis quilômetros e meio de circunferência. O *Arachne*, da General Spacecraft, como sugeria o seu nome, tinha o ar de uma teia de aranha e fora construído dentro dos mesmos princípios por lançadeiras-robôs movendo-se em espiral a partir do centro. O *Gossamer*, da Eurospace Corporation, tinha um desenho idêntico, só que em escala um pouquinho menor. E o *Sunbeam*, da República de Marte, era um anel chato, com um buraco de oitocentos metros de diâmetro no meio, rodando lentamente, de modo que a força centrífuga lhe dava rigidez. Era uma velha ideia, mas ninguém jamais conseguira fazê-la funcionar; e Merton estava quase certo de que os coloniais lutariam com dificuldades quando comessem a girar.

Isso só iria acontecer daí a seis horas, quando os iates houvessem vencido o primeiro quarto da sua vagarosa e imponente órbita de vinte e quatro horas. Agora, no início da corrida, todos eles se moviam na direção diretamente oposta à do Sol — velejando, por assim dizer, com o vento solar pela popa. Era preciso aproveitar ao máximo esse trecho, antes que os barcos fizessem a curva que os levaria ao outro lado da Terra e comessem a voltar de frente para o Sol.

Estava na hora, disse Merton a si mesmo, de fazer a primeira inspeção, enquanto não tinha problemas de navegação com que se preocupar. Com o auxílio do periscópio, examinou cuidadosamente a vela, concentrando-se nos pontos em que agarrava o cordame. Os tirantes — estreitas fitas de película plástica não prateada — teriam ficado completamente invisíveis se não tivessem sido pintados com tinta fluorescente. Nesse momento, eram fios tensos de luz colorida, alongando-se por centenas de metros até a vela gigantesca. Cada um tinha o seu molinete elétrico próprio, pouco maior do que um carretei de linha de pescar. Os pequenos molinetes trabalhavam constantemente, largando ou recolhendo fio, enquanto o piloto automático mantinha a vela mareada no ângulo correto em relação ao Sol.

O jogo da luz solar sobre o grande espelho flexível era lindo de se ver. A vela ondulava em lentas, majestosas oscilações, enviando múltiplas imagens do Sol que a percorriam de lado a lado até se dissiparem nas orlas. Tão calmas oscilações eram de esperar nessa vasta e frágil estrutura. Em geral eram perfeitamente inofensivas, mas Merton observava-as com atenção. Às vezes podiam acumular-se nas catastróficas ondulações conhecidas como "rabanadas", capazes de rasgar uma vela em frangalhos.

Quando se convenceu de que tudo estava em perfeita ordem, fez girar o periscópio para o outro lado do céu, verificando de novo as posições dos seus rivais. Era como ele esperava: o processo de seleção tinha começado e os barcos menos eficientes iam caindo para a retaguarda. Mas o verdadeiro teste seria quando entrassem na sombra da Terra. Então a facilidade de manobra teria tanta importância quanto a velocidade.

Parecia estranho fazer isso com a corrida apenas iniciada, mas pensou que talvez fosse uma boa ideia dormir um pouco. As tripulações de dois homens dos outros barcos podiam revezar-se, mas Merton não tinha ninguém para substituí-lo. Tinha de fiar-se nos seus próprios recursos físicos, como aquele outro navegador solitário, Joshua Slocum, no seu pequenino *Spray*. O comandante norte-americano tinha velejado sozinho no *Spray* ao redor do mundo; jamais poderia sonhar que, dois séculos

mais tarde, um homem velejaria sozinho da Terra à Lua — inspirando-se, pelo menos em parte, no seu exemplo.

Depois de afivelar as cintas elásticas do assento da cabina em volta da cintura e das pernas, Merton colocou na testa os eletrodos do indutor de sono. Regulou o controlador de tempo para três horas e relaxou os músculos.

Muito suavemente, hipnoticamente, as pulsações eletrônicas comunicaram-se ao lobo frontal do seu cérebro.

Espiraís de luz colorida expandiram-se debaixo das suas pálpebras cerradas, alargando-se em direção ao infinito.

Depois, nada... O clamor brônzeo do alarma arrancou-o ao sono sem sonhos. Acordou imediatamente, os olhos estudando o painel de instrumentos. Apenas duas horas tinham passado, mas em cima do acelerômetro piscava uma luz vermelha. A propulsão estava caindo; o *Diana* perdia força.

O primeiro pensamento de Merton foi que tivesse acontecido alguma coisa à vela; talvez o dispositivo antigiro houvesse falhado e o cordame estivesse enrolado. Rapidamente, consultou os medidores que indicavam a tensão dos tirantes. Coisa estranha: num dos lados da vela as indicações eram normais, mas no outro a propulsão baixava lentamente, mesmo sob os seus olhos.

Num súbito lampejo de compreensão, Merton agarrou o periscópio, graduou-o para visão ampla e começou a estudar a orla da vela. Sim, lá estava o mal, e só podia ter uma causa.

Uma enorme sombra de nítidos contornos tinha começado a deslizar sobre a prata cintilante da vela. A escuridão ia envolvendo o *Diana*, como se um corpo se tivesse interposto entre ele e o Sol. E nessa escuridão, despojado dos raios que o impeliam, ele perderia toda a força propulsora e derivaria inerte espaço afora.

Mas naturalmente não havia nuvens ali, a mais de trinta mil quilômetros acima da Terra. Se havia sombra, era criada pelo homem.

Merton sorriu enquanto girava o periscópio na direção do Sol e introduzia os filtros que lhe permitiriam olhar diretamente o círculo chamejante sem que este o cegasse.

— Manobra 4-A — murmurou de si para si. — Vamos ver quem é melhor nesse jogo.

Dir-se-ia que um planeta gigantesco estava atravessando a face do Sol; um grande disco negro penetrara fundo na sua orla. Trinta quilômetros atrás dele, o *Gossamer* tentava criar um eclipse artificial em prejuízo do *Diana*.

A manobra era perfeitamente lícita. Nos velhos tempos das corridas oceânicas, os capitães de clíperes pro-curavam muitas vezes roubar o vento uns aos outros. Com um pouco de sorte, podia-se colocar o rival "à sombra", com as velas panejando — e ganhar-lhe uma boa dianteira antes que ele pudesse compensar o dano.

Merton não tinha nenhuma intenção de se deixar apanhar tão facilmente. Havia tempo de sobra para escapar; as coisas aconteciam com muita lentidão quando se manobrava um veleiro solar. O *Gossamer* levaria pelo menos vinte minutos a cobrir totalmente o disco do Sol, deixando-o numa escuridão completa.

O minúsculo computador do *Diana* — do tamanho de uma caixa de fósforos, mas equivalente a mil matemáticos humanos — considerou o problema durante um segundo inteiro antes de emitir a resposta. Era preciso abrir os painéis de controle 3 e 4 até que a vela adquirisse mais

vinte graus de inclinação; e, graças à radiação propulsora, isso a faria voltar à plena luz do Sol, livrando-a da ameaçadora sombra do *Gossamer*. Era uma pena mexer no piloto automático, que fora cuidadosamente programado para dar ao barco a maior velocidade possível... Mas, afinal de contas, era para isso que Merton estava ali. Isso era o que fazia do iatismo solar um esporte, em vez de uma batalha entre computadores.

Deu folga aos cabos de controle 1 e 6, que ondularam vagarosos como cobras sonolentas ao perderem momentaneamente a tensão. Duas milhas além, os painéis triangulares começaram a abrir-se preguiçosamente, derramando a luz do Sol pelos buracos da vela. Todavia, durante muito tempo nada pareceu acontecer. Era difícil acostumar-se a esse mundo em câmara lenta, onde os efeitos de qualquer ação levavam minutos para tornar-se visíveis. Finalmente Merton viu que a vela estava de fato se inclinando na direção do Sol — e que a sombra do *Gossamer* se esgueirava inofensiva, perdendo-se o seu cone de escuridão na noite mais profunda do espaço.

Muito antes de haver desaparecido a sombra e de ficar o disco do Sol novamente desimpedido, ele inverteu a inclinação e fez o *Diana* retornar à sua rota. O novo ímpeto adquirido o livraria do perigo; não havia necessidade de exagerar e de transtornar os seus cálculos afastando-se demais. Eis aí outra regra que era difícil de aprender: no próprio momento em que se fazia alguma coisa acontecer no espaço, já era tempo de pensar em detê-la.

Tornou a engatilhar o alarma, pronto para a próxima emergência natural ou criada pelo homem. Talvez o *Gossamer* ou algum dos outros competidores tentasse novamente o mesmo ardil. Enquanto isso, era hora de comer, embora não sentisse muita fome. No espaço gastava-se pouca energia física e era fácil esquecer a alimentação.

Fácil e perigoso, pois quando surgia uma emergência podia-se carecer das reservas necessárias para enfrentá-la.

Abriu o primeiro pacote e inspecionou-o sem entusiasmo. O nome na etiqueta, *Petiscos espaciais*, bastava para tirar-lhe a vontade. E tinha sérias dúvidas quanto à declaração impressa embaixo: *Garantido sem migalhas*.

Alguém já tinha dito que as migalhas de comida eram mais perigosas para os veículos espaciais do que os meteoritos; podiam introduzir-se nos lugares mais inesperados, provocando curtos-circuitos, bloqueando jatos vitais e penetrando em instrumentos que passavam por estar hermeticamente vedados. Apesar disso, o patê de fígado não lhe caiu mal; nem o

chocolate, nem o purê de abacaxi.

O café esquentava no fogareiro elétrico, dentro do seu recipiente de plástico, quando o mundo exterior invadiu a sua solidão: era o rádio-operador da lancha do comodoro que encaminhava um chamado para ele.

— Dr. Merton? Se o senhor dispõe de um pouco de tempo, Jeremy Blair deseja dizer-lhe algumas palavras.

Blair era um dos mais sensatos comentaristas de notícias e Merton tinha figurado muitas vezes nos seus programas. Podia, naturalmente, recusar-se à entrevista, mas gostava de Blair e naquele momento não podia alegar justificadamente que estava muito ocupado.

— Pode ligá-lo comigo — respondeu.

— Alô, dr. Merton — disse imediatamente o comentarista. — Ainda bem que pode dispor de alguns minutos. E aceite os meus parabéns: o senhor parece estar na frente de todos.

— Ainda é muito cedo para se ter certeza disso — respondeu Merton cautelosamente.

— Diga-me, doutor: por que resolveu pilotar o *Diana* sozinho? Só porque ninguém tinha feito isso antes?

— Pois essa não é uma boa razão? Mas não foi a única, é claro. — Fez uma pausa, escolhendo as palavras cuidadosamente. — Você sabe quanto a *performance* de um iate solar depende da sua massa. Um segundo homem, com todos os seus suprimentos, significaria um peso adicional de duzentos e trinta quilos. Isso poderia facilmente ser decisivo para o resultado da corrida.

— E está certo de que pode dirigir o *Diana* sozinho?

— Razoavelmente certo, graças aos controles automáticos que eu mesmo projetei. O meu trabalho principal é supervisionar e tomar decisões.

— Mas... duas milhas quadradas de vela! Simplesmente não é crível que um único homem seja capaz de manejar tudo isso! Merton riu.

— Por que não? Essas duas milhas quadradas produzem uma tração máxima de cinco quilos. Eu posso exercer mais força com o meu dedo mindinho.

— Bem, muito obrigado, doutor. E boa sorte. Tornarei a chamá-lo mais tarde.

Quando o comentarista desligou, Merton sentiu-se um pouco envergonhado, pois a sua resposta enunciara apenas uma parte da verdade e ele sabia que Blair era bastante astuto para sabê-lo.

Havia uma única razão para ele estar ali, sozinho no espaço. Durante perto de quarenta anos tinha trabalhado com equipes de centenas e até milhares de homens em projetos de veículos os mais complexos que o mundo já tinha visto. Nos últimos vinte anos dirigira uma dessas equipes e vira as suas produções partir rumo às estrelas. (Às vezes... Tinha havido fracassos que ele nunca poderia esquecer, se bem que a culpa não tivesse sido sua.) Era famoso, com uma carreira brilhante no passado. Entretanto, nunca fizera nada sozinho; sempre formara parte de um exército.

Esta era a sua última chance de tentar uma façanha pessoal e não queria compartilhá-la com ninguém. Não haveria mais iatismo solar durante cinco anos, pelo menos, pois o período de tranquilidade estava próximo do seu fim e o ciclo de mau tempo ia começar, com as tempestades de radiação desencadeando-se através do sistema solar. Quando as condições se tornassem novamente favoráveis para que essas embarcações frágeis e desprotegidas se aventurassem no espaço, ele estaria muito velho. Se, em verdade, já não o estava agora...

Largou no lixo os recipientes de comida vazios e voltou mais uma vez ao periscópio. A princípio só pôde divisar cinco dos outros iates; não havia sinal do *Woomera*. Levou alguns minutos para localizá-lo — fantasma quase invisível, mas que eclipsava as estrelas, totalmente apanhado na sombra do *Lebedev*. Podia imaginar os esforços desesperados que os australásios estariam fazendo para safar-se e perguntava-se como eles se tinham deixado apanhar na armadilha. O fato sugeria que o *Lebedev* tinha uma facilidade excepcional de manobra.

Convinha trazê-lo de olho, embora estivesse muito longe para ameaçar o *Diana* no momento.

Já então a Terra havia desaparecido quase por completo, reduzida a um estreito e brilhante arco de luz que se aproximava pouco a pouco do Sol. Encaixado nesse arco ardente, vagamente visível, estava o lado noturno do planeta, com o brilho fosforescente das grandes cidades mostrando-se nas aberturas das nuvens. O disco de escuridão já havia apagado um trecho enorme da via-láctea. Dentro de poucos minutos, começaria a invadir o Sol.

A luz ia desmaiando; um matiz violáceo, crepuscular — arrebol de muitos ocasos, a milhares de quilômetros de distância — tingia a vela do *Diana*, que penetrava silenciosamente na sombra da Terra. O Sol mergulhou naquele horizonte invisível e poucos minutos depois era noite.

Merton olhou para trás, ao longo da órbita que havia percorrido e da qual uma quarta parte já se achava no outro lado do mundo. Uma a uma, viu apagar-se as estrelas brilhantes dos outros iates que vinham ter com ele na breve noite. Somente uma hora depois o Sol emergiria de trás daquele enorme escudo preto, e durante todo esse tempo eles ficariam completamente indefesos, movendo-se apenas pelo impulso adquirido.

Merton acendeu o projetor externo e começou a examinar com seu feixe de luz a vela agora escurecida. Já as centenas de hectares da finíssima película começavam a enrugar-se e a ficar flácidas. Os tirantes estavam frouxos e era preciso rondá-los para que não se enredassem uns nos outros. Mas tudo isso era esperado, tudo estava dentro dos planos.

O *Arachne* e o *Santa Maria*, oitenta quilômetros à retaguarda, tinham tido menos sorte. Merton teve conhecimento das suas dificuldades quando o rádio se fez ouvir no circuito de emergência.

— Número 2 e número 6, aqui fala o controle. Os senhores estão em vias de colidir: suas órbitas se interceptarão dentro de sessenta e cinco minutos! Precisam de auxílio?

Houve uma longa pausa, enquanto os dois capitães digeriam a má notícia. Merton perguntava-se de quem seria a culpa. Talvez um dos iates estivesse tentando pôr o outro na sombra e não houvesse completado a manobra quando foram ambos apanhados pela escuridão. Agora, nenhum dos dois podia fazer nada. Iam convergindo lenta mas inexoravelmente, incapazes de mudar de rumo por uma fração de grau que fosse.

E contudo... sessenta e cinco minutos! Já então teriam voltado à luz do Sol, emergindo da sombra da Terra.

Tinham uma escassa possibilidade de escapar, se suas velas pudessem captar bastante força para evitar um choque.

A bordo do *Arachne* e do *Santa Maria* deviam-se estar fazendo cálculos frenéticos.

O *Arachne* foi o primeiro a responder e sua resposta foi exatamente o que Merton esperava.

— Número 6 chamando controle. Não necessitamos de auxílio, obrigado. Nós mesmos daremos um jeito nisto.

Será que dão? pensou Merton; em todo caso, seria interessante assistir a isso. O primeiro drama verdadeiro da corrida estava se aproximando, exatamente acima da linha da meia-noite na Terra adormecida.

Durante a hora que se seguiu, Merton andou muito ocupado com a sua própria vela para inquietar-se com o *Arachne* e o *Santa Maria*. Era difícil vigiar devidamente aqueles cinquenta milhões de pés quadrados de plástico mal e mal visíveis na escuridão, alumados apenas pelo estreito feixe do seu projetor e pelos raios da Lua ainda longínqua. De agora em diante, pelo espaço de quase metade da sua órbita em redor da Terra, ele teria que manter toda essa imensa área de quina para o Sol. Durante as próximas doze ou catorze horas a vela seria um trambolho inútil, pois ele estaria se dirigindo para o Sol, cujos raios só podiam fazê-lo recuar na sua órbita. Era pena que não pudesse ferrar completamente a vela até que estivesse em condições de utilizá-la novamente; mas ninguém tinha descoberto ainda um meio prático de fazer isso.

Muito longe, lá embaixo, o primeiro sinal do amanhecer despontou ao longo da orla da Terra. Dentro de dez minutos o Sol emergiria do seu eclipse. Os iates tornariam a ganhar vida quando a lufada de radiação lhes colhesse as velas. Esse seria o momento de crise para o *Arachne* e o *Santa Maria* — e, em verdade, para todos eles.

Merton fez girar o periscópio até encontrar as duas sombras escuras que iam à deriva contra o fundo das estrelas. Estavam agora muito próximas uma da outra — talvez menos de cinco quilômetros. Havia, pensou ele, uma tênue possibilidade de escaparem...

A aurora acendeu-se como uma explosão sobre a orla da Terra enquanto o Sol subia no Pacífico. A vela e os tirantes refletiram um breve carmesim, depois cor de ouro, depois o branco puro da luz do dia. Os ponteiros dos dinamômetros começaram a afastar-se dos seus zeros — mas apenas um pouco. O *Diana* quase não tinha ainda peso nenhum; pois, com a vela apontando para o Sol, a sua aceleração era agora de apenas uns poucos milionésimos de gravidade.

Mas o *Arachne* e o *Santa Maria* desfraldavam tudo que tinham de vela, na desesperada tentativa de manter-se afastados um do outro. Já com menos de três quilômetros entre os dois, suas brilhantes nuvens de plástico se desdobravam e expandiam com aflitiva lentidão, sentindo o primeiro e débil impulso dos raios solares. Quase todas as telas de televisão na Terra deviam estar refletindo o prolongado drama; e mesmo agora, no último minuto, era impossível dizer qual seria o desfecho.

Os dois capitães eram homens obstinados. Cada um deles poderia ter cortado a sua vela e caído à retaguarda para dar uma chance ao outro; mas nenhum dos dois quis fazê-lo. Demasiado prestígio, demasiados milhões, demasiada reputação estavam em jogo. E assim, silenciosos e suaves como flocos de neve numa noite de inverno, o *Arachne* e o *Santa Maria* colidiram.

O papagaio quadrado penetrou quase imperceptivelmente na teia de aranha circular. As longas fitas dos tirantes se torceram e enredaram umas nas outras com uma lentidão de sonho.

Merton, atarefado com o seu próprio cordame a bordo do *Diana*, mal podia despegar os olhos daquele desastre paulatino e silencioso.

Durante mais de dez minutos, as nuvens brilhantes e encapeladas continuaram a fundir-se uma com a outra numa massa inextricável. Depois as cápsulas que abrigavam as tripulações cortaram os cabos e seguiram cada uma o seu caminho, escapando de chocar-se por uma questão de centenas de metros. Com um lampejo de foguetes, as lanchas de salvamento correram a apanhá-las.

Com esta restamos cinco, pensou Merton. Lamentava os capitães que se haviam eliminado tão completamente poucas horas depois da partida; mas eram moços e teriam outra oportunidade.

Mal haviam passado alguns minutos quando os cinco ficaram reduzidos a quatro. Desde o começo Merton tinha nutrido suas dúvidas sobre o *Sunbeam*, com a sua lenta rotação; agora via-as justificadas.

O barco marciano não conseguira bordejar adequadamente. Sua rotação lhe dava uma estabilidade excessiva.

'Aquele imenso anel que era a sua vela teimava em voltar a face para o Sol em vez de obliquar-se. O *Sunbeam* estava sendo impelido para trás na sua rota, quase com o máximo de aceleração.

Essa era uma das coisas mais exasperantes que podiam acontecer a um comandante — pior ainda do que uma colisão, pois ele só podia culpar a si mesmo. Más ninguém sentiria muita simpatia pelos frustrados coloniais que iam caindo lentamente

para a retaguarda. Tinham-se vangloriado demais antes da corrida e o que agora lhes acontecia era simples justiça.

Não seria sensato, porém, excluir completamente o *Sunbeam*; com mais de meio milhão de quilômetros ainda por percorrer, podia muito bem recuperar o terreno perdido. E se houvesse outras defecções, podia ser o único a terminar a corrida. Não seria a primeira vez que isso acontecia.

As doze horas seguintes, com a Terra crescendo de nova a cheia no céu, foram vazias de acontecimentos.

Pouco havia que fazer enquanto a frota derivava na seção morta da sua órbita, mas o tempo não foi muito pesado a Merton. Aproveitou para dormir algumas horas, tomou duas refeições, fez apontamentos no seu diário e envolveu-se em várias outras entrevistas de rádio. Às vezes, se bem que raramente, falava com os outros capitães, trocando saudações e motejos amistosos. Mas em geral contentava-se em flutuar, relaxado e sem peso, livre de todos os cuidados da Terra, feliz como não se sentia havia muitos anos. Era — tanto quanto um homem pode sê-lo no espaço — senhor do seu destino, navegando o barco em que prodigalizara tanto saber, tanto amor, que se tornara parte da sua pessoa.

A defecção seguinte ocorreu quando iam atravessando a linha entre a Terra e o Sol e entrando, por conseguinte, na metade viva da órbita. A bordo do *Diana*, Merton viu a grande vela retesar-se quando voltou a face para os raios que a impeliam. A aceleração começou a subir das micro-gravidades, se bem que ainda devesse levar horas para atingir o valor máximo.

A do *Gossamer* é que nunca o atingiria. O momento em que voltava a força propulsora era sempre crítico, e a nave da Eurospace não sobreviveu a ele.

O comentário de Blair no rádio, que Merton deixara sintonizado com pouco volume, alertou-o com a notícia:

"Alô, o *Gossamer* está dando rabanadas!" Dirigiu-se às pressas para o periscópio, mas a princípio não viu nada diferente na grande vela circular do *Gossamer*. Era difícil observá-la porque estava de quina para ele, aparecendo na objetiva como uma delgada elipse; mas depois de algum tempo notou que ela se retorcia, jogando-se ora para a frente, ora para trás em lentas, irresistíveis oscilações. A menos que a tripulação conseguisse anular essas ondas mediante puxões suaves e bem calculados nos cabos, a vela se rasgaria em frangalhos.

Eles fizeram o que podiam, e ao cabo de vinte minutos pareceu que tinham logrado o seu intento. Foi então que a película de plástico se abriu no centro e foi lentamente empurrada para fora pela pressão de radiação, como as volutas de fumaça que se elevam de uma fogueira. Ao cabo de um quarto de hora, nada mais restava senão a delicada renda de antenas radiais que sustentavam a grande teia de aranha. Mais uma vez um lampejar de foguetes anunciou que uma das lanchas correra a recuperar a cápsula do *Gossamer* e a sua desolada tripulação.

— Estamos ficando um pouco sozinhos cá em cima, hem? — disse uma voz afável no rádio internaves.

— Não pela parte que lhe toca, Dmitri — retrucou Merton. — Você ainda tem companhia aí na retaguarda. Eu é que estou sozinho aqui na frente.

Esta não era uma gabolice sem valor, pois já então o *Diana* ia quinhentos quilômetros adiante do segundo colocado, e essa distância iria crescer com mais rapidez ainda nas horas que se seguiriam.

A bordo do *Lebedev*, Dmitri Markov soltou uma risada bonachona. Essa voz não soava em absoluto como a de um homem que se resignara à derrota, pensou Merton.

— Não esqueça a fábula da lebre e da tartaruga — respondeu o russo. — Muita coisa poderá acontecer no próximo quarto milhão de milhas.

A coisa aconteceu muito mais cedo, quando haviam completado a primeira órbita em redor da Terra e estavam passando novamente pelo ponto de partida — embora milhares de quilômetros mais acima, graças à energia extra que os raios do Sol lhes tinham imprimido. Merton fizera observações cuidadosas dos outros iates e fornecera as cifras ao computador. A resposta que este deu no tocante ao *Woomera* foi tão absurda que ele procedeu imediatamente a uma reverificação.

Não havia a menor dúvida: os australásios o vinham alcançando a uma velocidade fantástica. Nenhum iate solar podia ter semelhante aceleração, a menos...

Um rápido olhar pelo periscópio deu-lhe a resposta. O cordame do *Woomera*, reduzido a um mínimo de massa, tinha cedido. Era só a vela que, mantendo intata a sua forma, corria atrás dele como um lenço soprado pelo vento. Duas horas mais tarde ela passou pelo *Diana*, a menos de trinta quilômetros de distância; muito antes disso, porém, os australásios tinham ido juntar-se à multidão que crescia a bordo da lancha do comodoro.

De modo que agora era uma corrida de parelha entre o *Diana* e o *Lebedev* — pois, embora os marcianos não tivessem desistido, estavam mil e quinhentos quilômetros atrás e já não contavam como uma ameaça séria. Por falar nisso, era difícil perceber o que poderia fazer o *Lebedev* para vencer a dianteira que o *Diana* lhe levava; mas durante toda essa segunda etapa, com o novo eclipse e a longa, lenta deriva em direção ao Sol, Merton foi presa de uma crescente inquietação.

Conhecia os pilotos e os projetistas russos. Havia vinte anos que tentavam ganhar essa corrida — e, afinal de contas, seria justo que ganhassem, pois não fora Piotr Nikolaievitch Lebedev o primeiro homem a detectar a pressão da luz solar, bem no começo do século XX? Mas nunca o tinham conseguido.

E nunca deixariam de tentar. Dmitri tinha algum trunfo na manga — e seria qualquer coisa de espetacular.

A bordo da lancha oficial, mil e quinhentos quilômetros atrás dos iates competidores, o comodoro Van Stratten olhava o radiograma com raiva e consternação. Este viajara mais de cento e cinquenta milhões de quilômetros, procedente da cadeia de

observatórios solares que giravam muito acima da superfície incandescente do Sol; e trazia as piores notícias possíveis.

O comodoro — este título era puramente honorário, já se vê; na Terra, ele era professor de astrofísica de Har-vard — estivera, de certo modo, esperando por isso. Nunca, até então, se escolhera para a corrida uma data tão tardia na temporada. Houvera uma porção de delongas, eles confiaram na sorte — e agora estava parecendo que poderiam todos perder.

Muito abaixo da superfície do Sol, forças enormes se estavam acumulando. A qualquer momento a energia de um milhão de bombas de hidrogênio poderia libertar-se na medonha explosão conhecida como "chama solar".

Elevando-se a milhões de quilômetros por hora, uma bola de fogo invisível, com muitas vezes o tamanho da Terra, saltaria do Sol e se arremessaria espaço afora.

Era provável que a nuvem de gás eletrificado passasse muito longe da Terra. Se não o fizesse, contudo, chegaria em pouco mais de um dia. As espaçonaves podiam proteger-se com a sua blindagem e os seus poderosos anteparos magnéticos; mas os leves iates solares, com as suas paredes finas como papel, não tinham defesas contra semelhante ameaça. As tripulações teriam de ser salvas e a corrida abandonada.

John Merton ignorava tudo isso ao concluir sua segunda volta à Terra. Se tudo corresse bem, esse seria o último circuito, tanto para ele como para os russos. Havia subido milhares de quilômetros em espiral, recebendo energia dos raios solares. Desta vez escapariam totalmente à Terra e se lançariam no espaço, na longa corrida para a Lua. Era, agora, uma corrida a dois, pois a tripulação do *Sunbeam* se retirara finalmente, exausta, após ter batalhado valentemente com a sua vela rotativa por mais de cento e cinquenta mil quilômetros.

Merton não se sentia fatigado, tinha comido e dormido bem, e o *Diana* comportava-se admiravelmente. O piloto automático, controlando a tensão do cordame como uma pequena aranha atarefada, mantinha a grande vela orientada em relação ao Sol com mais precisão do que poderia fazê-lo qualquer navegador humano. Se bem que a "essa altura as duas milhas quadradas de folha plástica deviam ter sido crivadas por centenas de micrometeoritos, as perfurações minúsculas como pontas de alfinetes não haviam causado nenhuma queda de força propulsora.

Merton só tinha duas preocupações. A primeira era o tirante número 8, que ele não podia regular adequadamente. Sem dar nenhum aviso, o molinete emperrara; mesmo após tantos anos de engenharia astronáutica, os mancais às vezes enjambravam no vácuo. Ele não podia tesar nem brandear o cabo, e teria que navegar da melhor maneira possível com os outros. Por sorte, as manobras mais difíceis já tinham sido feitas; daí em diante o *Diana* teria o Sol pela ré até o fim do percurso. E, como diziam os marinheiros de outrora, é fácil governar um barco quando o vento sopra nas costas do timoneiro.

Sua outra preocupação era o *Lebedev*, que ainda lhe vinha nos calcanhares quinhentos quilômetros atrás. O iate russo tinha mostrado uma notável facilidade de manobra, graças aos quatro grandes painéis que podiam ser inclinados como aletas em torno da vela central. A sua manobra ao dar volta à Terra tinha sido feita com uma precisão magnífica. Mas o que ganhava em facilidade de manobra, devia perdê-lo em velocidade. Não se podia pôr dois proveitos num saco só. Na longa reta que tinham pela frente, Merton deveria levar-lhe vantagem. Contudo, não poderia ter certeza da vitória senão daí a três ou quatro dias, quando o *Diana* contornasse o outro lado da Lua com a rapidez do relâmpago.

Foi então, na quinquagésima hora da corrida, logo depois de haver terminado a segunda órbita em volta da Terra, que Markov fez a sua pequena surpresa.

— Alô, John — disse ele tranquilamente no circuito internaves. — Eu gostaria que você visse isto. Deve achar interessante.

Merton foi até o periscópio e pôs a ampliação no máximo. Ali, no campo de visão, formando um espetáculo dos mais improváveis contra o fundo de estrelas, estava a cruz-de-malta do *Lebedev*, pequenina mas muito clara.

Enquanto ele olhava, os quatro braços da cruz desprenderam-se lentamente do quadrado central e partiram à deriva, com todas as suas vergônteas e cordames, espaço afora.

Markov tinha alijado toda massa desnecessária ao alcançar a velocidade de escape, quando já não precisava trilhar pacientemente a órbita em volta da Terra, ganhando impulso a cada circuito. Daí em diante o *Lebedev* seria quase ingovernável — mas isso não tinha importância; havia deixado para trás todas as complexidades de navegação. Era como se um velejador dos velhos tempos tivesse lançado fora deliberadamente o seu leme e a sua pesada quilha, sabendo que o resto da corrida seria em linha reta, com vento pela popa e em mar calmo.

— Parabéns, Dmitri — falou Merton pelo rádio. — Bonito truque. Mas não é suficientemente bom. Agora você não me alcançará mais.

— Ainda não acabei — respondeu o russo. — No meu país há um velho conto de inverno sobre um trenó que está sendo perseguido pelos lobos. Para salvar-se, o cocheiro tem de jogar fora os passageiros um a um. Percebe a analogia?

Merton percebia, até demais. Nessa reta final, Dmitri já não necessitava do seu co-piloto. O *Lebedev* podia realmente ser reduzido ao essencial para a ação.

— Aleksei é que não vai ficar muito contente com isso — disse Merton. — Acresce que isso é contra as regras.

— Aleksei pode não estar contente, mas eu sou o capitão. Tudo que ele terá de fazer é esperar durante dez minutos até que o comodoro venha apanhá-lo. E os regulamentos não dizem nada sobre o tamanho da tripulação.

Você o sabe melhor do que eu.

Merton não respondeu; estava muito ocupado em fazer, às pressas, certos cálculos baseados no que sabia sobre o desenho do *Lebedev*. Quando terminou, sabia que o resultado da corrida era ainda duvidoso. O *Lebedev* o alcançaria mais ou menos na hora em que ele esperava passar pela Lua.

Mas o desfecho da corrida já fora decidido a cento e quarenta e oito milhões de quilômetros dali.

No Observatório Solar 3, bastante para dentro da órbita, de Mercúrio, os instrumentos automáticos registraram toda a história da erupção. Cento e cinquenta milhões de quilômetros quadrados da superfície do Sol explodiram com tamanha fúria aquecida ao branco-azulado que, em comparação, o resto do disco parecia de um vermelho fosco e apagado. Desse inferno borbulhante, torcendo-se e dando voltas como uma criatura viva nos campos magnéticos de sua própria criação, elevou-se o plasma eletrificado da grande fogueira. À sua frente, movendo-se com a velocidade da luz, corria o relâmpago prenunciador formado de raios ultravioleta e raios X.

Esse relâmpago alcançaria a Terra em oito minutos e era relativamente inofensivo — ao contrário dos átomos carregados que seguiam atrás, nos seus compassados seis milhões de quilômetros por hora, e que, em pouco mais de um dia, envolveriam o *Diana*, o *Lebedev* e a pequena frota que os acompanhava numa nuvem de radiação letal.

O comodoro adiou a sua decisão até o último momento possível. Mesmo quando o jato de plasma foi rastreado ao transpor a órbita de Vênus, havia uma chance de ele passar longe da Terra. Mas quando chegou a menos de quatro horas de distância e já fora detectado pela rede de radar com base na Lua, se convenceu de que não havia mais esperança. Qualquer tipo de iatismo solar estava suspenso por cinco ou seis anos, até que o Sol tornasse a acalmar-se. Um grande suspiro de desapontamento percorreu o sistema solar. O *Diana* e o *Lebedev* iam a meio caminho entre a Terra e a Lua, peito a peito — e agora ninguém saberia qual dos dois barcos era o melhor.

Os entusiastas discutiriam as *performances* durante anos; a história se limitaria a registrar: "Corrida cancelada por motivos de tempestade solar.

Quando John Merton recebeu a ordem, sentiu uma amargura que não conhecia desde a meninice. Lá do passado distante, viva e nítida, lhe veio a recordação do seu décimo aniversário. Tinham-lhe prometido um modelo da famosa espaçonave *Morning Star* em escala exata, e ele passara semanas planejando como havia de montá-la, em que lugar do seu quarto de dormir a colocaria. E, no último momento, seu pai viera com a notícia: — Sinto muito, John... sai muito caro. Talvez no ano que vem...

Meio século e uma vida de sucesso mais tarde, ele voltava a ser um menino desolado.

Por um instante, pensou em desobedecer ao comodoro. E se continuasse a velejar, desprezando o aviso?

Mesmo abandonando a corrida, podia realizar uma travessia à Lua que ficaria nas crônicas durante gerações.

Mas isso seria pior do que estupidez; seria suicídio — e uma forma de suicídio muito desagradável. Ele tinha visto homens morrer envenenados pelas radiações, quando a blindagem magnética de suas naves falhara em pleno espaço. Não... não havia nada que valesse isso...

Sentia tanta pena de Dmitri Markov como de si mesmo. Ambos tinham merecido ganhar, e agora a vitória não seria de nenhum deles. Ninguém podia argumentar com o Sol numa de suas fúrias, ainda que pudesse cavalgar os seus raios até as fronteiras do espaço.

Apenas oitenta quilômetros à sua retaguarda, a lancha do comodoro estava agora encostando ao *Lebedev* e preparando-se para receber o capitão. Lá se foi a vela de prata, com o cordame cortado por Dmitri — cujos sentimentos' ele poderia compartilhar. A pequenina cápsula seria levada de volta à Terra, talvez para ser usada de novo; mas as velas só serviam para uma viagem.

Podia apertar agora o botão de alijamento, poupando alguns minutos aos seus salvadores. Mas não teve ânimo de fazê-lo; queria ficar a bordo até o fim, no pequeno barco que por tanto tempo fizera parte dos seus sonhos e da sua vida. A imensa vela estava mareada em ângulo reto com o Sol, dando o máximo de propulsão. Fazia muitas horas que ela o libertara da Terra, e o *Diana* continuava a ganhar velocidade.

Foi nesse momento que, numa iluminação repentina, sem qualquer dúvida ou hesitação, ele compreendeu o que devia fazer. Pela última vez sentou-se diante do computador que tinha navegado o barco até meio caminho da Lua.

Após terminar, enfardou o diário de bordo e os seus poucos objetos pessoais. Desajeitadamente, pois lhe faltava prática e aquilo não era nada fácil a um homem sozinho, enfiou o traje espacial de emergência. Estava vedando o capacete quando a voz do comodoro chamou no rádio.

— Estaremos aí em cinco minutos, capitão. Faça o favor de cortar a sua vela, para que não nos enredemos nela.

John Merton, primeiro e último comandante do iate solar *Diana*, hesitou um momento. Correu um derradeiro olhar pela diminuta cabina em redor dele, com os seus instrumentos brilhantes, os controles dispostos em perfeita ordem e agora travados em suas posições definitivas. Finalmente, disse ao microfone: — Estou abandonando o barco. Não precisam apressar-se em vir me apanhar. O *Diana* pode cuidar de si mesmo.

Não houve resposta do comodoro, e ele se sentiu grato por isso. O professor Van Stratten devia ter adivinhado o que estava acontecendo — e devia saber que nesses momentos finais ele queria que o deixassem a sós consigo mesmo.

Não se deu ao trabalho de esvaziar a eclusa de ar, e o ímpeto do gás que escapava lançou-o suavemente no espaço. A

força propulsora que ele deu então ao *Diana* foi o último presente que fez ao seu barco. E lá se foi distanciando a esplêndida vela, rebrilhando ao Sol, que lhe pertenceria durante séculos. Daí a dois dias o *Diana* passaria pela Lua; mas a Lua, como a Terra, jamais poderia capturá-lo. Sem a sua massa para retardar-lhe o movimento, ganharia três mil quilômetros por hora em cada dia de navegação. Dentro de um mês, estaria viajando mais depressa do que qualquer veículo já construído pelo homem.

Quando os raios do Sol enfraquecessem com a distância, a sua aceleração diminuiria proporcionalmente.

Mesmo, porém, na órbita de Marte, estaria ainda ganhando mais de mil quilômetros por hora cada dia. Muito antes disso, sua velocidade seria tão alta que o próprio Sol já não poderia retê-lo. Mais rápido que um cometa vindo das estrelas, estaria rumando para o abismo.

Um lampejo de foguetes a poucas milhas de distância chamou a atenção de Merton. A lancha aproximava-se para apanhá-lo, com uma aceleração milhares de vezes maior do que a que poderia ser alcançada pelo *Diana*. Mas os seus motores só podiam trabalhar durante alguns minutos, até que se esgotasse o combustível — ao passo que o *Diana* ainda estaria ganhando velocidade daí a séculos, impelido pelo fogo eterno do Sol.

— Adeus, barquinho — disse John Merton. — Que olhos serão os primeiros a te ver, daqui a milhares de anos?

E finalmente sentiu-se em paz, com o rombudo torpedo da lancha acercando-se dele. Jamais venceria a corrida à Lua, mas o seu seria o primeiro barco feito pelo homem a partir na longa viagem rumo às estrelas.

Maio de 1963

PRIMEIRA LEI DE KEPLER - LEI DAS ÓRBITAS

João Batista Garcia Canalle
Instituto de Física –UERJ

Resumo

Nesta atividade vamos desenhar as órbitas dos planetas e de alguns cometas, usando as excentricidades conhecidas das respectivas órbitas. Observaremos que as órbitas dos cometas periódicos são, em geral, muito excêntricas enquanto a dos planetas são pouco excêntricas. Objetivamos também, mostrar que, aqueles que conhecem esta lei, fazem uma idéia completamente errada da excentricidade das órbitas dos planetas, pois as consideram muito mais excêntricas do que realmente o são, isto devido, principalmente, aos desenhos destas órbitas que se vê nos livros didáticos.

Introdução

O enunciado da primeira lei de Kepler, ou lei das órbitas, diz que:

“Todo planeta descreve uma órbita elíptica ao redor do Sol, estando este num dos focos da elipse.”

Define-se uma elipse como o conjunto dos pontos cuja soma das distâncias (d_1 e d_2) destes pontos a dois pontos fixos (F_1 e F_2), chamados **focos**, é uma constante (k), isto é:

$$d_1 + d_2 = k$$

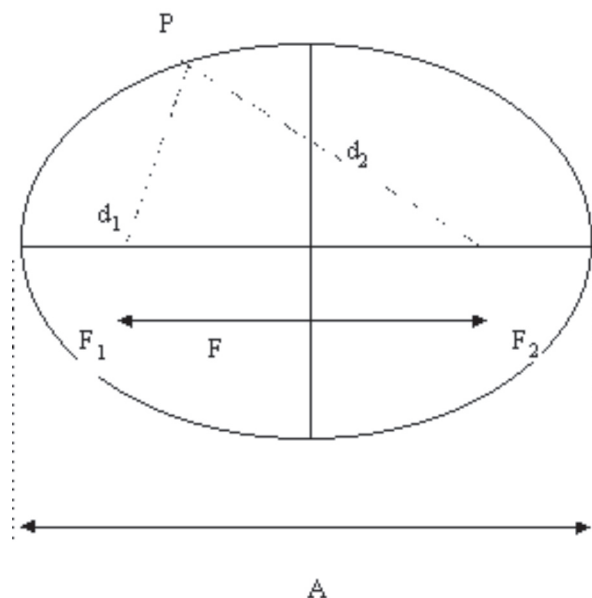


Figura 4.32

Definimos a excentricidade (“achatamento”) da elipse como sendo a razão entre a distância entre os focos ($F = F_1 F_2$) (ou distância interfocal) e o

comprimento do eixo maior (A). Representamos a excentricidade da elipse pela letra “e”, assim sendo:

$$E = \frac{F}{A}$$

Um círculo é um caso particular de uma elipse, isto é, o círculo é uma elipse sem “achatamento” algum, ou como chamamos, de excentricidade nula, pois os focos são coincidentes com o centro do círculo e assim sendo, $F = 0$, e, portanto, $e = 0$

EXCENTRICIDADE DAS ÓRBITAS DOS PLANETAS

PLANETA	EXCENTRICIDADE
Mercúrio	0,2
Vênus	0,007
Terra	0,02
Marte	0,09
Júpiter	0,05
Saturno	0,06
Urano	0,05
Netuno	0,009
Plutão	0,25

Procedimento

Para desenharmos as órbitas precisamos executar dois passos:

1. Descobrir qual é a distância entre os focos. Mas conhecida a excentricidade “e” e escolhido o comprimento do eixo maior “A”, arbitrariamente, como sendo, por exemplo 20 cm, obtemos a distância interfocal F, pelo produto:

$$F = e \cdot A$$

Por exemplo, para a excentricidade de Mercúrio ($e = 0,2$) e $A = 20$ cm, temos que $F = 0,2 \times 20 = 4,0$ cm

2. Descobrir qual é o comprimento “L” do barbante a ser usado para desenhar a elipse. Vamos usar o método do jardineiro. Esse comprimento é dado pela soma de F mais A, ou seja:

$$L = F + A$$

Em nosso exemplo, $A = 20$ cm e $F = 4,0$ cm, logo $L = 24$ cm, assim sendo, é só cortar um pedaço de barbante com pouco mais de 24 cm, por exemplo, 28 cm, para que possamos amarrar as pontas (CD) do barbante, que definem o comprimento $L = 24$ cm, como mostra a figura abaixo:

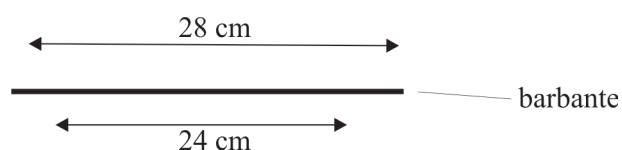


Figura 4.33

Em seguida é só abrir um compasso com a separação F (ou fincar dois pregos separados pela distância F), envolver as pontas do compasso com o barbante do item 2 acima e, com um lápis sempre na vertical, e o barbante sempre esticado, traçar a elipse, como ilustra a figura abaixo.

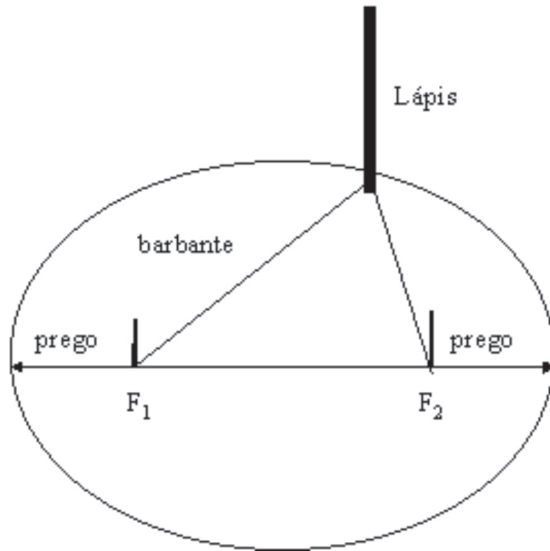


Figura 4.34. Esquema do método do jardineiro para desenhar uma elipse

Exemplo de elipses com 10 diferentes excentricidades

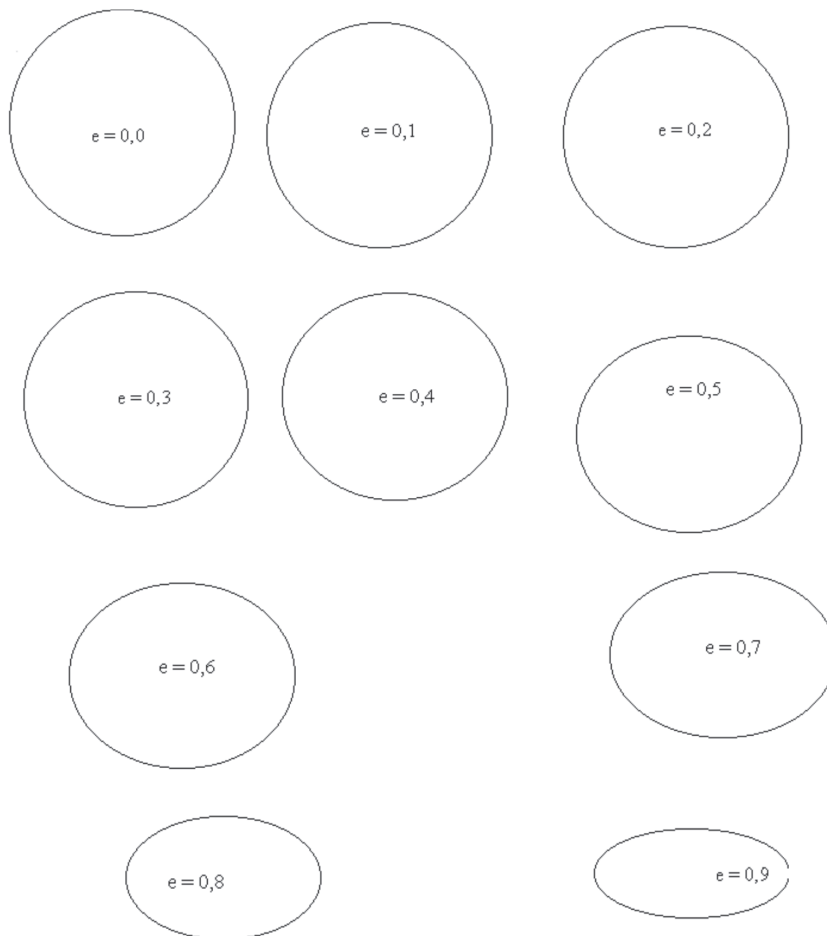


Figura 4.35a. Esquema do método do jardineiro para desenhar uma elipse

Conclusão

Conhecendo-se a definição de excentricidade, conhecendo-se as excentricidades das órbitas dos planetas e desenhando-se as mesma vemos que estas órbitas são muito aproximadamente circulares, ao contrário do que comumente se pensa. A órbita dos cometas, por outro lado, são muito mais excêntricas que as dos planetas e se assemelham mais à figura referente a $e = 0,9$. A órbita de Plutão, o planeta cuja órbita tem a maior excentricidade entre todos os planetas dos sistema solar está desenhada, em escala, na página seguinte. A posição do Sol na *figura 4.35b*. está no local correto também.

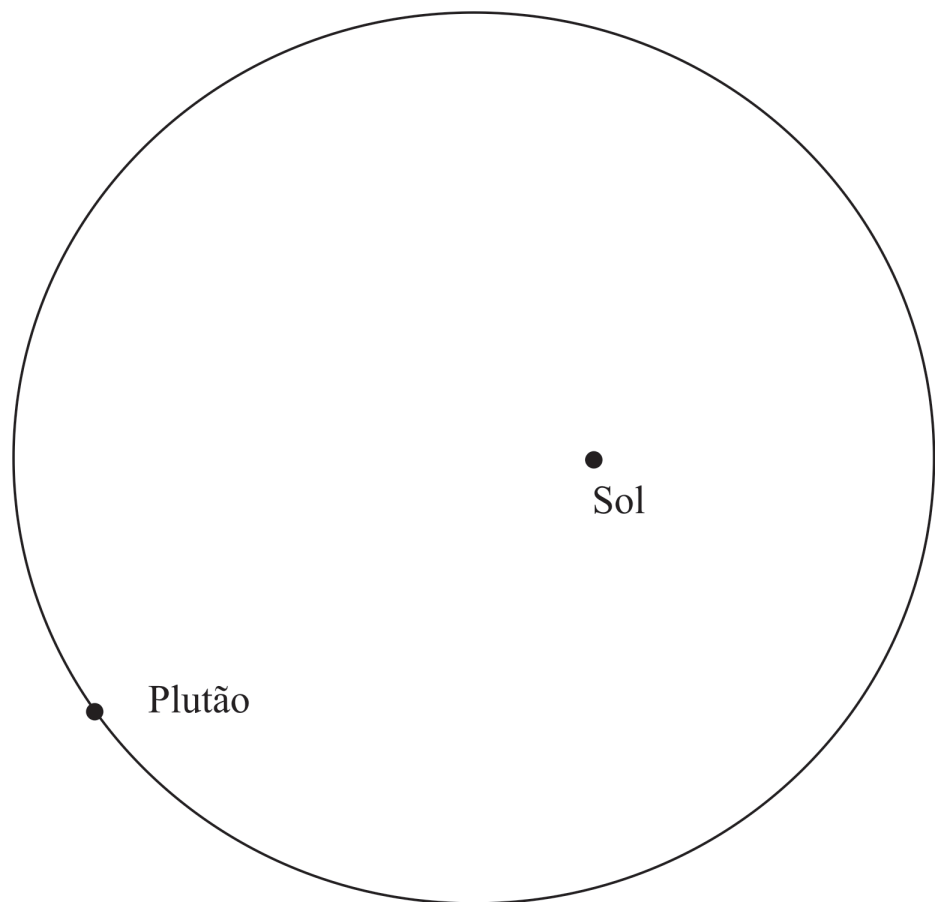


Figura 4.35b. Órbita de Plutão. Excentricidade: 0,25

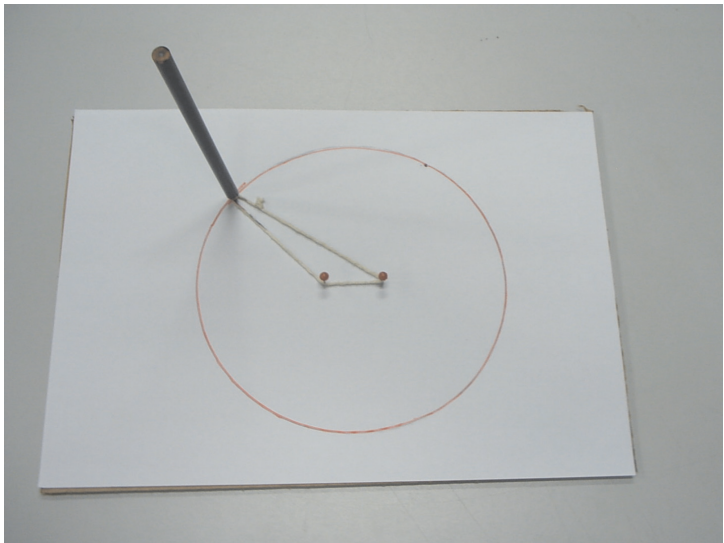


Figura 4.36

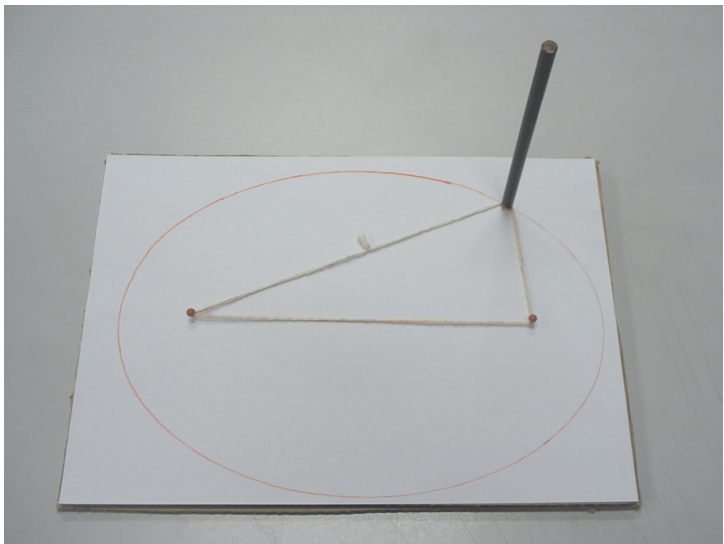


Figura 4.37

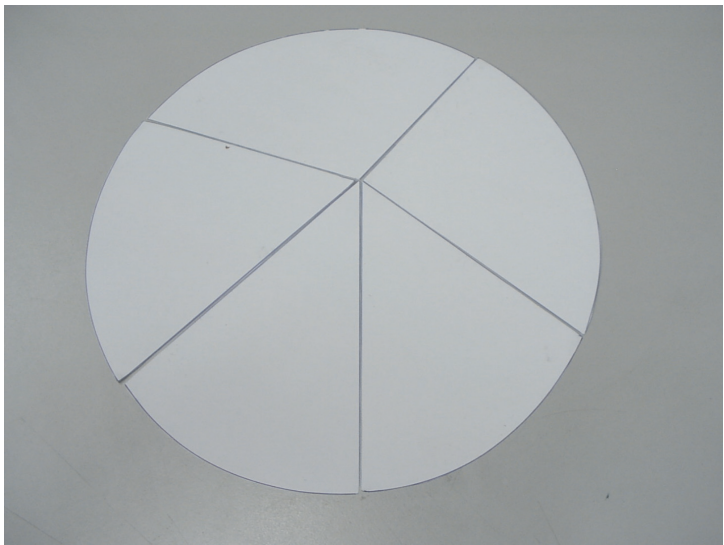


Figura 4.38