

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
CAMPUS NATAL -CENTRAL / DIRETORIA ACADÊMICA DE CIÊNCIAS
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA
POLO 10

TÚLLIO LEANDRO ÂNGELO DE MOURA

**DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÃO DE UM SIMULADOR EM HTML:
ANÁLISE E OBSERVAÇÃO DO MOVIMENTO PLANETÁRIO ORBITAL**

NATAL
2023

TÚLLIO LEANDRO ÂNGELO DE MOURA

**DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÃO DE UM SIMULADOR EM HTML:
ANÁLISE E OBSERVAÇÃO DO MOVIMENTO PLANETÁRIO ORBITAL**

Dissertação apresentada ao Polo 10 do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte - IFRN como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. Área de concentração: Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Calistrato Soares da Câmara Neto.

Coorientadora: Profa. Dra. Andrezza Maria Batista do Nascimento Tavares.

NATAL

2023

Moura, Túlio Leandro Ângelo de.

M929d Desenvolvimento e aplicação de um simulador em HTML : análise e observação do movimento planetário orbital / Túlio Leandro Ângelo de Moura. – 2023.
64 f. : il. color.

Dissertação (mestrado) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, Natal, 2023.

Orientador: Calistrato Soares da Câmara Neto.

Coorientadora: Andreza Maria Batista do Nascimento Tavares.

1. Física – Ensino. 2. Simulador em HTML. 3. Movimento planetário orbital. 4. Leis de Kepler. 5. Ensino de astronomia. I. Título.

CDU 53:37

TÚLLIO LEANDRO ÂNGELO DE MOURA

**DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÃO DE UM SIMULADOR EM HTML:
ANÁLISE E OBSERVAÇÃO DO MOVIMENTO PLANETÁRIO ORBITAL**

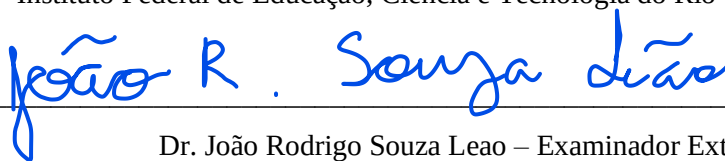
Dissertação apresentada ao Polo 10 do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte - IFRN como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. Área de concentração: Ensino de Física.

Dissertação aprovada em ____/____/____ pela seguinte Banca Examinadora:



Dr. Calistrato Soares da Câmara Neto – Orientador

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte



Dr. João Rodrigo Souza Leão – Examinador Externo

Univ



Documento assinado digitalmente

ANTONIO MARQUES DOS SANTOS

Data: 17/10/2023 13:58:11-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

orte

Dr. Antonio Marques dos Santos –Examinador Interno

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de expressar minha profunda gratidão aos meus orientadores Calistrato Câmara e Andrezza Batista, pelo incansável apoio e orientação que me proporcionaram durante todo o processo de elaboração desta dissertação. Seus conhecimentos e experiências foram inestimáveis e fundamentais para a conclusão deste trabalho.

Gostaria de agradecer também a todos os professores do MNPEF, polo 10, por fornecerem um ambiente acadêmico tão inspirador e estimulante, que me permitiu crescer academicamente e pessoalmente. Um agradecimento especial ao professor Tibério Alves, que foi imprescindível para a escolha deste trabalho de mestrado e que foi meu guia quanto à programação aplicada ao ensino de Física.

Não posso deixar de agradecer a minha família e amigos pelo constante apoio e incentivo, mesmo nos momentos mais difíceis. Sem eles, não teria sido possível superar os desafios e alcançar este objetivo.

Por fim, quero expressar minha profunda gratidão aos participantes deste estudo, que dedicaram seu tempo e esforço para fornecer informações valiosas que foram fundamentais para os resultados desta dissertação.

Mais uma vez, obrigado a todos que me apoiaram durante este período de pesquisa e escrita. Espero que este trabalho possa contribuir de alguma forma para a área de ensino

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – código de financiamento 00

“A física é uma maneira de ver o mundo em sua totalidade. É um convite para observar além do que é aparente e descobrir o que realmente está acontecendo.” - Carlo Rovelli.

RESUMO

As novas tecnologias da informação e da comunicação (TICs) vem evoluindo e garantindo novas formas de abordagem em todas as áreas de ensino, nos mais diversos conteúdos de aprendizagem. Diante disto, inúmeras ferramentas de ensino são desenvolvidas, como os simuladores computacionais, que permitem a visualização de fenômenos muitas vezes complexos de apresentar em sala de aula. O presente trabalho de dissertação consiste no desenvolvimento e aplicação de um produto educacional voltado para o ensino de física, composto por um simulador de órbitas planetárias em HTML e seu roteiro de aplicação. O objetivo geral deste trabalho é proporcionar uma ferramenta facilitadora para o ensino de órbitas planetárias. Utilizando apenas o computador e um questionário proposto, o professor pode utilizar esta ferramenta visando possibilitar análises qualitativas e quantitativas de parâmetros como velocidade, força gravitacional, distância, formato de órbita e energias mecânicas. Como metodologia de ensino, foram aplicados os três momentos pedagógicos de Demétrio Delizoicov, que propôs a abordagem dos temas separados em três fases de abordagem: problematização inicial, organização do conhecimento e aplicação do conhecimento. Esta dissertação também conta como o relato duas aplicações do produto, feito em turma de segunda série do ensino médio de turmas de uma escola pública de ensino. Diante das observações feitas durante desenvolvimento e aplicação do produto, notou-se que o simulador atrelado a proposta de aplicação tem um grande potencial agente motivador para a abordagem do tema, com maiores chances de reter a atenção e o interesse do aluno comparativamente a abordagem no modelo tradicional de ensino.

Palavras-chave: simulador em HTML; movimento planetário orbital; leis de Kepler; lei da gravitação universal; órbitas planetárias; ensino de astronomia.

ABSTRACT

New Information and Communication Technologies (ICTs) have been evolving and providing new approaches in all areas of education, encompassing various learning contents. As a result, many educational tools are being developed, such as computer simulations, which allow for the visualization of often complex phenomena to present in the classroom. This dissertation work aims at the development and application of an educational resource focused on teaching physics, consisting of an HTML-based planetary orbit simulator and its corresponding application script. The main goal of this work is to provide a facilitating tool for teaching planetary orbits. Using only a computer and a proposed questionnaire, teachers can use this tool to enable qualitative and quantitative analyses of parameters such as velocity, gravitational force, distance, orbit shape, and mechanical energies. As a teaching methodology, the three pedagogical moments proposed by Demétrio Delizoicov were applied, involving the approach to topics in three distinct phases: initial problematization, knowledge organization, and knowledge application. This dissertation also includes a report on two applications of the product, conducted in second-year high school classes at a public school. Based on observations made during the development and application of the product, it was noted that the simulator, coupled with the proposed application, has a significant potential as a motivating agent for approaching the topic, with a higher likelihood of retaining students' attention and interest compared to the traditional teaching model.

Keywords: HTML simulator; planetary orbital motion; Kepler's laws; astronomy Education.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

3 MPs	Os três momentos Pedagógicos
DV	Escola Estadual General Dióscoro Vale
HTML	Linguagem de marcação de Hipertexto
MEC	Ministério da educação
PCNs	Parâmetros Curriculares Nacionais
TICs	Tecnologias da informação e comunicação
U.A.	Unidade Astronômica

SUMÁRIO

RESUMO.....	7
1 INTRODUÇÃO.....	10
2 OS TRÊS MOMENTOS PEDAGÓGICOS	15
2.1 PROBLEMATIZAÇÃO INICIAL:	16
2.2 ORGANIZAÇÃO DO CONHECIMENTO:	17
2.3 APLICAÇÃO DO CONHECIMENTO.....	17
3 A FÍSICA DO MOVIMENTO ORBITAL	19
3.1 AS LEIS DE KEPLER	19
3.2 NEWTON E A LEI DA GRAVITAÇÃO UNIVERSAL.....	21
3.3 CONSERVAÇÃO DA ENERGIA NO MOVIMENTO ORBITAL	22
4.SIMULADOR DE ÓRBITAS	25
4.1 OUTROS SIMULADORES	25
4.2 SIMULADOR DESENVOLVIDO	28
5 APLICAÇÃO DO PRODUTO	31
5.1.CARACTERIZAÇÃO DA ESCOLA	32
5.2.RELATO DE APLICAÇÃO	36
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	43
REFERÊNCIAS	45
APÊNDICE A – PRODUTO EDUCACIONAL	47

1 INTRODUÇÃO

A Astronomia é a ciência natural que estuda os corpos celestes e fenômenos que ocorrem no universo e o conhecimento dos aspectos básicos desta área é de vital importância para que o indivíduo tenha o melhor entendimento do mundo em que vive, conhecendo fenômenos, relacionando efeitos e melhor entendendo a sua posição em relação ao cosmos. O estudo da Astronomia remonta aos tempos antigos, quando nossos ancestrais observavam o céu noturno e os movimentos das estrelas. A Astronomia era usada para calcular o tempo, prever eclipses e outras mudanças astronômicas importantes. Com o tempo, os estudos da Astronomia se desenvolveram e se tornaram mais precisos, com o uso de instrumentos cada vez mais sofisticados, como telescópios e satélites. Os astrônomos descobriram muitos corpos celestes, como planetas, cometas, asteroides e estrelas e aprenderam mais sobre a natureza do universo, incluindo a teoria do Big Bang.

A Astronomia é considerada, principalmente para crianças, a porta de entrada para o mundo das ciências. Uma das justificativas para o ensino da Astronomia, considerada na maioria dos trabalhos que tratam deste tema, é o grande potencial de despertar sentimentos e inquietações que levem a consolidar uma postura científica investigativa. O professor de ensino básico tem nas aulas de Astronomia um forte aliado para despertar o interesse de seus alunos para a área das ciências da natureza.

Apesar da relevância deste estudo, a Astronomia é talvez a área mais atingida pela decorrência de “concepções alternativas”. Segundo Langhi e Nardi (2005), “concepção alternativa faz referência a uma ideia sobre determinado fenômeno natural previamente concebida por alunos e/ou professores, que é posteriormente trazida a sala de aula”. Em Astronomia, é possível citar algumas das concepções alternativas mais frequentes, como aquela que afirma que as estações do ano são ocasionadas pela distância Sol/Terra ou aquela que supõe que existem estrelas entre os planetas do sistema solar. Também é comum perceber uma dificuldade de distinguir entre os conceitos que não apresentam validade científica, como a Astrologia.

Diversos podem ser os casos que reforçam ou disseminam uma concepção alternativa, até mesmo em livros didáticos é possível constatar erros conceituais sobre os mais variados aspectos da Astronomia. Uma atitude didática com grande potencial de eliminar concepções alternativas é o de observar. A observação é imprescindível em aulas de Astronomia, entretanto, geralmente, a estratégia didática adotada é a tradicionalista, focada na exposição dos fenômenos e conceitos por meio da fala do professor, do quadro-branco e da leitura do livro didático. Esta forma de abordagem pode dificultar a identificação das concepções alternativas, sendo aconselhável a observação, quando a

estrutura e as condições forem favoráveis.

Os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) são um conjunto de orientações educacionais elaboradas pelo Ministério da Educação (MEC) do Brasil. Eles foram criados com o objetivo de orientar a elaboração e o desenvolvimento dos currículos escolares em todo o país, desde a educação infantil até o ensino médio. Os PCNs, em todas as suas edições, reforçam a importância da observação para o ensino de ciências. Com ênfase na ideia de que “Observar não significa apenas ver, e sim buscar ver melhor, encontrar detalhes no objeto observado” (BRASIL, 1997). Essas observações devem ser planejadas e guiadas pelo professor, a fim de atingir o objetivo didático esperado.

O avanço da tecnologia tem transformado profundamente a forma como as pessoas se relacionam com o mundo e entre si. O surgimento de computadores, tablets e smartphones, por exemplo, tem proporcionado um acesso facilitado à informação e à comunicação, transformando a maneira como as pessoas se comunicam, trabalham, estudam e se divertem. Hoje em dia, é comum vermos pessoas de todas as idades utilizando esses dispositivos eletrônicos para acessar a internet, redes sociais, e-mails, jogos e outras atividades online. Inevitavelmente, esse aspecto dos novos estudantes proporcionou um nível crescente de desinteresse dos alunos por aulas tradicionais com abordagens expositivas e com poucos elementos visuais, conferindo uma necessidade de reinvenção nas formas de abordagem dos conteúdos de sala de aula.

Nas últimas décadas, vemos uma preocupação cada vez maior de professores e pesquisadores da área de educação em desenvolver técnicas inovadoras que transformam a forma de abordar os conteúdos em sala de aula. Muitas dessas técnicas utilizam os computadores, a informática e/ou a internet, alinhadas com o avassalador avanço das tecnologias da informação e comunicação (TICs). Essas tecnologias têm sido cada vez mais utilizadas em diferentes áreas da sociedade, como a educação, a saúde, a indústria, o comércio, a comunicação, entre outras. Com elas, é possível disseminar informações e conhecimentos de forma rápida e acessível, promover a interação entre pessoas e organizações, e criar novas formas de trabalho e produção de bens e serviços. De acordo com Kensky, “essas novas tecnologias ampliaram de forma considerável a velocidade e a potência da capacidade de registrar, estocar e representar a informação escrita, sonora e visual” (Kensky, 2007, p.34).

Para um professor de Física, as atividades computacionais podem ser aproveitadas como fortes aliados para o ensino de Física do século XXI. As simulações computacionais são uma ferramenta importante para o ensino de Física, pois permitem que os estudantes experimentem conceitos e fenômenos físicos em um ambiente virtual controlado e seguro.

Além disso, elas podem ser usadas para visualizar e entender fenômenos que são difíceis ou impossíveis de serem observados na vida real, como colisões de partículas subatômicas ou o movimento de planetas em órbita, que é o foco deste trabalho.

Levar uma turma para observar o céu, por exemplo, pode ser inviável para a realidade da maioria das escolas brasileiras. Números do censo escolar 2018, realizado pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep) em 31 de janeiro, demonstram a deficiência das escolas de ensino médio quanto à infraestrutura.

Figura 1:Infraestrutura nas escolas de ensino médio

	Recurso	DEPENDÊNCIA ADMINISTRATIVA					
		Total	Pública	Federal	Estadual	Municipal	Privada
Tabela E5.2 - Disponibilidade (%) de recursos relacionados à infraestrutura nas escolas de ensino médio - 2018	Bib./sala de leitura	87,5%	85,7%	98,1%	85,4%	82,7%	91,9%
	Banheiro (dentro/fora)	97,1%	96,4%	99,8%	96,3%	99,5%	98,8%
	Banheiro PNE	62,5%	60,0%	93,8%	59,1%	57,6%	68,7%
	Dependências PNE	46,8%	44,3%	79,5%	43,4%	37,7%	52,7%
	Lab. de ciências	44,1%	38,8%	83,4%	37,5%	28,8%	57,2%
	Lab. de informática	78,1%	82,1%	98,8%	81,8%	64,4%	68,4%
	Internet	95,1%	93,6%	99,3%	93,5%	85,9%	98,7%
	Banda larga	84,9%	81,1%	95,1%	80,8%	70,2%	94,1%
	Pátio (cob./desc.)	79,2%	74,8%	89,9%	74,2%	88,0%	90,1%
	Quad. esp. (cob./desc.)	75,9%	72,8%	70,0%	72,8%	73,3%	83,6%

Fonte: Inep/Censo Escolar 2018

De acordo com os dados apresentados, o laboratório de ciências só é encontrado em 44,1% das escolas de ensino médio do país. Este é um problema já conhecido e discutido no país há muitos anos. No âmbito jurídico, por exemplo, está em tramitação o projeto de lei PL 6356/2019, que dispõe da obrigatoriedade da existência de laboratórios de ciências, ensino de matemática e de informática nas escolas públicas de ensino fundamental e médio. No presente ano, quatro anos após da apresentação da proposta, este projeto segue em análise aguardando designação.

Além do número baixo em relação à disponibilidade do ambiente na escola, é comum a escola que tem o ambiente não o utilizar por problemas como a falta de manutenção dos equipamentos e a baixa quantidade de artigos laboratoriais, em discrepância com a superlotação das turmas observadas em escolas por todo o país.

Problemas como a ausência de equipamentos, no caso da Astronomia os próprios telescópios são muito raros nas escolas, ou cronograma corrido a ser vencido inviabilizam a abordagem experimental em muitos casos. Neste sentido, se fazem válidas e imprescindíveis as iniciativas de demonstrar conceitos e características da Astronomia por meios digitais, e especificamente através do uso de simuladores.

O uso de simuladores em sala de aula ajuda no processo de ensino-aprendizagem uma vez que as simulações permitem ao estudante centrar-se na essência do problema, tornando mais eficaz a absorção dos conteúdos. Além disso, a utilização de simuladores permite o estudo de situações que, na prática, seriam difíceis ou até mesmo inviáveis de serem realizadas (ZARA, 2011, p. 266).

Para o ensino de ciências, principalmente para os conteúdos de caráter experimental, as tecnologias computacionais se tornaram um grande aliado para explorar os conceitos e características-chaves, pois configuram uma estratégia simples e com menos exigência estrutural, bastando o laboratório de informática, com grande potencial observacional para uma infinidade de fenômenos. Dentre as diversas ferramentas das novas tecnologias, as simulações se destacam em um estudo como a Física, devido ao seu caráter experimental e observacional. A respeito da contribuição das simulações para o ensino, Valente 1999 apud Soares, Moraes e Oliveira descrevem:

As simulações contribuem de diversas formas dependendo do grau de interação entre o estudante e o software, dentre elas podemos citar: aumento da concentração dos estudantes nos experimentos, feedback para aperfeiçoamento do professor, geração e testes de hipóteses por parte dos estudantes, apresentação de uma versão simplificada da realidade proporcionando melhor compreensão de conceitos abstratos etc. Porém deve-se chamar a atenção para o fato de que em sistemas reais o tratamento de dados é mais complexo e que simuladores são representações e restrições de modelos que em alguns contextos tem validade e são razoáveis com a representação da natureza. (VALENTE, 1999 apud SOARES, MORAES e OLIVEIRA 2015, p. 917-918)

São inúmeras as vantagens da utilização de simulações computacionais no ensino de Física, principalmente quando se trata de representação e modelagem de experiências impossíveis de serem reproduzidas de forma real pelos estudantes. Este é o caso do movimento orbital, impossível de ser visualizado tanto pela escala de tempo em que acontece quanto pelas outras problemáticas abordadas anteriormente.

O modelo mais comum de abordagem do movimento orbital em sala de aula ainda é acompanhando ilustrações nos livros didáticos e acompanhando esboços do professor no quadro. No caso dos livros, a visualização do fenômeno ocorre por meio das ilustrações fixas que, mesmo quando são muito bem feitas, são incapazes de demonstrar o aspecto contínuo e cíclico do processo. Pensando em todas essas situações, e com o principal objetivo de proporcionar uma ferramenta facilitadora para o ensino de órbitas planetárias, foi desenvolvido o simulador tratado neste documento.

O simulador de órbitas planetárias, desenvolvido no programa do Mestrado Nacional de Ensino de Física (MNPEF), tem o objetivo geral de servir como uma nova ferramenta auxiliar ao professor em exercício de docência, trabalhando aspectos da órbita

de planetas em turmas de ensino médio. Como objetivos específicos de ensino, o desenvolvimento deste trabalho se propõe a disseminar a utilização das TICs como ferramentas de ensino, explorar o potencial didático das novas tecnologias, motivar utilização de ambientes de aprendizagem diferentes da sala de aula tradicional e como objetivo específico da área de física, este projeto se configura com o intuito de facilitar a visualização e o entendimento do movimento de órbitas planetárias.

Esta dissertação estará estruturada em seis capítulos, de forma a abordar e descrever todo o projeto. O primeiro capítulo é esta introdução, onde é possível conhecer as motivações e a ideia geral deste projeto. Faremos uma localização do tema no contexto dos dias atuais, explorando motivações e perspectivas gerais do desenvolvimento do projeto, além de permear sucintamente os conceitos relacionados como as TICs e a importância das simulações computacionais para o ensino de ciências. Com a leitura desta sessão, o leitor já é capaz de perceber as intenções didáticas da criação do simulador atrelado ao plano didático de aplicação.

O segundo capítulo aborda a fundamentação teórica pedagógica por trás da ferramenta desenvolvida. Tratando como ênfase os três momentos pedagógicos, relacionaremos a técnica proposta para aplicação do produto em sala de aula com o simulador e o questionário proposto. Nesta sessão será feita a análise pedagógica da técnica de aplicação proposta e os conhecimentos da Física envolvidos no trabalho.

No terceiro capítulo, trataremos de maneira mais específica sobre a Física do movimento orbital. Analisando aspectos históricos como a evolução do conhecimento humano sobre as órbitas gravitacionais e modelos planetários, bem como todo o aparato matemático e físico que permitem descrever o movimento orbital como aplicado no próprio simulador.

O capítulo 4 trata do simulador propriamente dito, contando também com uma análise geral sobre alguns outros simuladores semelhantes disponíveis atualmente. Conheceremos com mais clareza cada espaço de interação do simulador, seguindo este um caminho textual semelhante a um manual de utilização do simulador de órbitas.

No quinto capítulo será feita uma análise sobre a prática da aplicação do simulador em sala de aula. Explicando a proposta e narrando alguns momentos de interesse ocorridos nas ocasiões em que o produto foi aplicado, trazendo fotos e respostas dos discentes.

O capítulo 6 conclui este trabalho com considerações finais e expectativas acerca das potencialidades do simulador, bem como uma análise pessoal sobre o atual cenário do ensino de Física no Brasil e as potencialidades do uso dos recursos digitais para este fim.

2 OS TRÊS MOMENTOS PEDAGÓGICOS

No Brasil, os Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (Brasil, 2000) adotam a Física como área de estudo fundamental e obrigatória para o ensino básico. Nestes documentos, a Física é definida como a área de conhecimento que permite investigar fenômenos do mundo microscópico e da composição da matéria, além de tratar de novas fontes de energia, novos materiais, produtos e tecnologias, tornando-se deste modo indispensável à formação de indivíduo na sociedade contemporânea.

Por outro lado, o ensino de Física é frequentemente administrado com aspecto desarticulado com a realidade. Focando em estratégias que favorecem a memorização de leis e fórmulas, distanciando-se do significado e importância real da apropriação daqueles conhecimentos. Muitos professores de Física tendem a se concentrar excessivamente na teoria, deixando pouco espaço para a experimentação prática e para a aplicação dos conceitos a situações reais. Inevitavelmente, em virtude este método de abordagem enraizado, vê-se como crescente o descontentamento de alunos pela disciplina em todo o país. A sensação é que alunos que expressam apreço genuíno pela Física, ao menos no ensino básico, se tornam cada vez mais raros.

De maneira geral, o ensino de Física na educação dos dias atuais está cada vez mais em estratégias mecânicas focadas em memorização, objetivando na maioria dos casos a aprovação em provas e concursos. Um discurso comum entre o alunado é que a Física é necessária apenas para aprovação em processo seletivo, como maior exemplo o exame nacional do ensino médio (ENEM), sendo este atualmente o processo mais abrangente no país para ingresso em cursos de nível superior.

Diante desta problemática, muitos são os esforços para adotar uma metodologia que favoreça a interação entre professor e aluno. As metodologias que objetivam tornar as aulas mais atrativas e dinâmicas, dialogadas e problematizadoras são potencialmente a melhor estratégia para reverter o quadro atual. Neste sentido, uma abordagem que vem se destacando é conhecida como Os Três Momentos Pedagógicos (3MP), que surge com o intuito de auxiliar o processo de ensino e aprendizagem na área de ciências.

A dinâmica dos três momentos pedagógicos foi proposta por Delizoicov e Angotti (1990), posteriormente incorporada às contribuições de Pernambuco (2002), durante o processo de formação de professores, originada da transposição da concepção de Paulo Freire (1987) para o contexto da educação formal. A estratégia enfatiza uma educação dialógica, atribuindo ao professor o papel de mediador entre o aluno, a realidade de seu cotidiano e o objeto de estudo. Sobre a educação dialógica, Moreira enfatiza:

Na educação dialógica, estudar requer apropriação da significação dos conteúdos, a busca de relações entre os conteúdos e entre eles e aspectos históricos, sociais e culturais do conhecimento. Requer também que o educando se assuma como sujeito do ato de estudar e adote uma postura crítica e sistemática. (MOREIRA, 2014)

Nesta perspectiva, a estratégia dos três momentos pedagógicos vem se popularizando em virtude da tão buscada dialogicidade em aulas de ciências. Atualmente, esta é uma abordagem amplamente explorada em trabalhos acadêmicos voltados para a educação em geral e especificamente no ensino de Física. Como o nome propõe, esta proposta consiste em estruturar a abordagem de um conteúdo em três momentos muito bem definidos.

Os momentos pedagógicos partem do pressuposto que o diálogo problematizador estará presente em cada um dos momentos, potencializando a sensação dos alunos de serem protagonistas na construção de seu próprio conhecimento. Este é um pensamento fortemente concatenado com as ideias de Paulo Freire, como pode ser constatado em várias de suas obras, quando, por exemplo, ele diz que “o educador já não é o que apenas educa, mas o que, enquanto educa, é educado, em diálogo com o educando que, ao ser educado, também o educa.” (FREIRE, 2011, p. 95-96).

2.1 PROBLEMATIZAÇÃO INICIAL:

De acordo com os autores, o primeiro momento é quando se apresentam questionamentos e situações para discussão, visando relacionar o estudo do conteúdo a ser abordado com situações reais cotidiana do alunado. É importante que nesse estágio, o aluno perceba suas fragilidades quanto ao entendimento pleno do fenômeno ou conceito estudado. A identificação dessas fragilidades será o elemento provocador com intenção de despertar o interesse e o aluno deve notar que o seu conhecimento atual é insuficiente. Sendo este um processo dialógico, nessas discussões iniciais o professor deve aproveitar para apurar o nível e a natureza do conhecimento prévio de seus alunos, atento a cada colocação e posicionamento. É aconselhável que neste momento o professor assuma uma postura de questionar e lançar dúvidas, ao invés do papel enraizado de responder e fornecer explicações.

O principal objetivo é provocar a sensação de necessidade do conhecimento. Os alunos são confrontados com questionamentos de forma a reconhecer que o estágio atual de conhecimento do tema não é suficiente para descrevê-lo em determinados aspectos. Perguntas-chave provocadoras são desenvolvidas pelo professor previamente, gerando discussão do alunado sobre o tema a ser trabalhado. Nesse momento, os alunos têm a oportunidade de explorar e observar o mundo ao seu redor, levantar hipóteses, fazer perguntas e desenvolver sua curiosidade em relação à Física.

Sobre o ato de problematizar, Muenchen (2010), reforça:

Ao problematizar, de forma dialógica, os conceitos são integrados à vida e ao pensamento do educando. Ao invés da memorização de informações [...] ocorre o enfrentamento dos problemas vivenciados. Em síntese, a problematização pode possibilitar que os educandos tornem-se críticos das próprias experiências (2010, p. 160).

Na estratégia didática proposta para o simulador, iniciamos com uma rodada de perguntas explanadas oralmente aos alunos, destinando um tempo de sala de aula para que haja a discussão entre os alunos, sem nunca o professor respondê-las de fato. Exemplos como “Você sabe como é o movimento da Terra em torno do Sol?”, deixando para que os alunos discutam, podem trazer à tona o sentimento proposto para o primeiro momento.

Se tudo ocorrer como esperado na aplicação do primeiro momento, os alunos têm agora uma grande chance de querer sanar as fragilidades constatadas. Na vigência deste efeito, a turma está pronta para o próximo estágio da abordagem.

2.2 ORGANIZAÇÃO DO CONHECIMENTO:

O segundo momento, denominado organização do conhecimento, é onde sistematicamente o conteúdo é abordado. As técnicas de abordagem podem ser várias, a depender da natureza do conteúdo abordado, da realidade do alunado e dos recursos à disposição. Sempre com paciência para que os alunos tenham o máximo de protagonismo no processo, reforçando despertar a natureza investigativa/científica buscada universalmente em aulas de Física.

É importante ressaltar que a organização do conhecimento não precisa necessariamente ser localizada temporalmente no mesmo dia da fase anterior. A aula é dividida em três momentos que podem ou não ser no mesmo dia. Inclusive, a organização do conhecimento em dia posterior ao do início da problematização tem uma grande vantagem por permitir ao professor se planejar melhor para abordar aspectos de colocações e questionamentos da problematização que não foram previstas inicialmente.

Como proposta deste produto, o questionário (apêndice A), aliado ao simulador de órbitas, tem o objetivo de cumprir esta função. O discente constata, a partir da leitura do questionário e de suas observações, todos os aspectos necessários para responder as indagações do primeiro momento. Ele próprio busca sanar suas dificuldades por observações próprias geradas pela interação com o simulador.

2.3 APLICAÇÃO DO CONHECIMENTO

O momento final é o da aplicação do conhecimento. Este estágio se destina a interpretar e reanalisar todas as questões trazidas no primeiro momento, bem como outras questões que venham a surgir ao longo de todo o processo. Neste momento, o aluno

deverá ser capaz de elaborar com muito mais propriedade suas explicações acerca do tópico estudado.

É importante que o aluno tenha a oportunidade de expressar o conhecimento construído ao longo do processo, confrontar questionamentos da primeira etapa até mesmo colocações anteriores de si próprio. Para isto, o professor deve utilizar ferramentas como um texto escrito pelo aluno ou até um momento final de discussão oral em sala, sempre prezando pela dialogicidade inerente à proposta.

Ouvir com atenção às novas colocações é atitude fundamental para o professor executar ajustes, verificar a eficiência da abordagem e garantir que nenhum aspecto tenha sido absorvido de maneira incoerente.

3 A FÍSICA DO MOVIMENTO ORBITAL

A história da concepção humana sobre as órbitas dos planetas remonta aos primórdios da civilização. Desde a antiguidade, diferentes culturas em diferentes partes do mundo tentaram entender o movimento dos corpos celestes no céu.

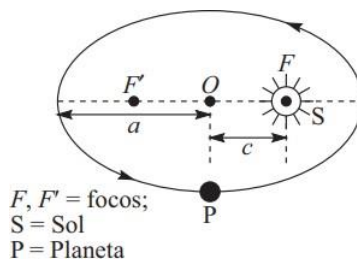
Um dos primeiros registros relevantes de reflexões sobre o universo acontece na Grécia antiga. Filósofos como Aristóteles e Ptolomeu propuseram modelos geocêntricos, nos quais a Terra era o centro do universo e os planetas giravam em órbitas circulares ao seu redor. Esses modelos eram baseados em observações qualitativas dos movimentos planetários, sem o uso de instrumentos ou técnicas matemáticas mais avançadas, apenas por observação direta do céu noturno e registro do posicionamento dos astros observados. O geocentrismo foi a concepção predominante sobre o movimento dos corpos celestes durante a maior parte da história da humanidade, contudo, vale ressaltar que este modelo planetário foi sendo modificado ao longo do tempo, incorporando diferentes concepções propostas por outros pensadores.

O astrônomo polonês Nicolau Copérnico propôs um modelo heliocêntrico, no qual o Sol era o centro do universo e os planetas giravam em órbitas elípticas ao seu redor. Esse modelo, que utilizava observações mais precisas e a geometria, representou um grande avanço na compreensão das órbitas planetárias e teve implicações significativas para as doutrinas cristãs da época.

3.1 AS LEIS DE KEPLER

As leis de Kepler são três leis empíricas que descrevem o movimento dos planetas ao redor do Sol. Essas três leis configuram a principal contribuição de Kepler à mecânica celeste, servindo para a Primeira Lei de Kepler, também conhecida como Lei das Órbitas, diz que os planetas descrevem órbitas elípticas ao redor do Sol, no qual o Sol ocupa um dos focos da elipse.

Figura 2: Órbitas Elípticas

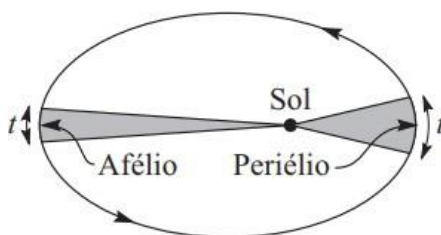


Planeta	e
Mercúrio	0,206
Vênus	0,007
Terra	0,017
Marte	0,093
Júpiter	0,048
Saturno	0,056

Esse formato de órbita foi o mesmo defendido por Copérnico, séculos antes. Contudo, Kepler conseguiu descrever com maior clareza e assertividade os dados que seu predecessor, incrementando com o auxílio de todo o aporte matemático e tecnológico disponível na época.

A segunda Lei de Kepler, também conhecida como Lei das Áreas: o raio vetor que une o planeta ao Sol varre áreas iguais em tempos iguais.

Figura 3: Lei das áreas



Fonte: Moyses, curso de física básica 1, p.241

Como principal consequência da lei das áreas, temos o fato de que a velocidade do planeta é maior quando está mais próximo do Sol e menor quando está mais afastado. Este é um dos aspectos que serão abordados no simulador computacional proposto mais a frente neste trabalho. A lei das áreas pode ser interpretada como uma consequência imediata do princípio da conservação do momento angular aplicado ao movimento planetário.

A terceira Lei de Kepler, também conhecida como Lei dos Períodos, estabelece que o quadrado do período de revolução de um planeta qualquer é proporcional aos cubos de suas distâncias médias ao Sol. Na tabela 1 estão apresentados os dados de período T e raio médio de órbita R , considera-se que, por definição, o planeta Terra tem raio médio de 1 U.A e o período $T = 1$ ano.

Tabela 1: Verificação da 3ª Lei de Kepler

Planeta	T (anos)	R (U.A)	T^2/R^3
Mercúrio	0,241	0,387	1,00
Vênus	0,615	0,723	1,00
Marte	1,881	1,524	1,00
Júpiter	11,862	5,203	1,00
Saturno	29,457	9,539	1,00

Fonte: Moyses, curso de física básica 1, p.242

Essas leis permitiram uma compreensão mais precisa do movimento planetário e foram importantes para o desenvolvimento da Astronomia moderna. As leis de Kepler foram fundamentais para que Isaac Newton pudesse formular a lei da gravitação universal, que explica o movimento dos corpos celestes a partir da força da gravidade. Mas ainda antes de Isaac Newton, vale lembrar de um dos grandes momentos da história da ciência, o momento em que Galileu Galileu, em 1609, utilizou um telescópio para observações astronômicas. A invenção do telescópio não é atribuída a Galileu, em si, e

sim ao fabricante de lentes Holandês Hans Lippershey, que apresentou uma patente para o dispositivo em 1608. Contudo, outros inventores desenvolveram suas próprias versões do telescópio e Galileu se destacou por uma série de descobertas sensacionais a respeito dos outros corpos do nosso sistema solar. Como exemplo, podemos citar a descoberta de vale e montanhas elevadas que existiam na Lua, divergindo do pensamento aristotélico que admitia a Lua como uma esfera perfeita. Além disso, Galileu constatou que as estrelas visíveis a olho nu são apenas uma pequena fração das estrelas que realmente existem, considerando-as incrivelmente numerosas sob observação de seu telescópio.

3.2 NEWTON E A LEI DA GRAVITAÇÃO UNIVERSAL

Isaac Newton, nascido na Inglaterra em 1642, foi indiscutivelmente um dos físicos mais importante da história. Teve contribuições relevantes em Física, Matemática e Astronomia. Sua mais famosa obra foi o “Principia Mathematica”, um livro considerado um marco fundamental na Física e na Matemática. Neste livro, Newton apresenta a lei da gravitação universal e as leis do movimento, que são consideradas os fundamentos da Física Clássica. A obra é composta por três volumes, que abrangem uma ampla gama de tópicos, desde a dinâmica dos corpos celestes até a óptica. O "Principia" foi um marco na história da ciência e teve um grande impacto no pensamento científico do século XVIII, ajudando a consolidar o método científico e a abordagem matemática à ciência.

Sobre as órbitas planetárias, Newton deduziu que as forças que mantêm os planetas em suas órbitas são inversamente proporcionais ao quadrado da distância entre o centro do planeta e o centro do Sol. Ele também mostrou essa mesma relação era válida para a força que mantém a Lua em sua órbita em torno da Terra. Este foi o princípio do desenvolvimento da sua Lei da Gravitação Universal, que descreve a intensidade das forças atrativas entre corpos, em virtude de suas massas.

Apesar da lei de Kepler descrever as órbitas planetárias como elípticas, em muitas situações a excentricidade da elipse é mínima, podendo ser considerada até mesmo circular, para fins de cálculos.

Tabela 2: Excentricidade dos planetas do sistema solar

Planeta	Mercúrio	Vênus	Terra	Marte	Júpiter	Saturno	Urano	Netuno
e	0,2	0,07	0,02	0,09	0,05	0,06	0,05	0,009

Fonte: Google

Observando que a 2ª lei de Kepler expressa uma relação entre velocidade de órbita e distância entre os corpos envolvidos, se adotarmos uma órbita circular, o movimento é necessariamente uniforme. A aceleração seria então uma aceleração centrípeta dada por:

$$\vec{a} = -\omega^2 R \hat{r} \quad (\text{eq. 1})$$

Onde $\hat{r}$ é o vetor unitário na direção radial. Para este caso, a velocidade angular

pode ser expressa como $\omega = \frac{2\pi}{T}$ com T sendo o período da órbita. Assim obtemos:

$$\vec{a} = -\frac{4\pi^2 R}{T^2} \hat{r} \text{ (eq. 2)}$$

Se m_1 é a massa do planeta, a força de atração gravitacional que atua sobre ele será dada por:

$$\vec{F} = m \cdot \vec{a} \text{ (eq. 3)}$$

$$\vec{F} = -\frac{4\pi^2 m R}{T^2} \hat{r} \text{ (eq. 4)}$$

Pela lei dos períodos, para todos os planetas teremos que a razão entre o cubo do raio médio e o quadrado do período é constante. Assim definimos:

$$\frac{R^3}{T^2} = C \text{ (5)}$$

Usando a equação 5 na equação 4, podemos encontrar a expressão da força eliminando o parâmetro T:

$$\vec{F} = -\frac{4\pi^2 C m}{R^2} \hat{r} \text{ (eq. 6)}$$

E assim Newton demonstra que de fato a força gravitacional é inversamente proporcional ao quadrado da distância entre o Sol e o planeta. Pela 3ª Lei de Newton, sobre o Sol também atua uma força contrária e de mesma intensidade, então a força também deve ser proporcional à massa m_2 do sol. Assim, Newton chega à expressão:

$$\vec{F} = -G \frac{mM}{R^2} \hat{r} \text{ (equação 7)}$$

A constante G fica denominada de constante de gravitação universal. Este é o formato mais conhecido e amplamente utilizado da lei de Newton da gravitação. Em resumo, a lei da gravitação universal estabelece que quaisquer dois corpos no universo que tenham massa se atraem com uma força diretamente proporcional ao produto de suas massas e inversamente proporcional ao quadrado da distância entre eles. Essa lei explica o movimento dos planetas ao redor do Sol, a órbita da Lua ao redor da Terra e muitos outros fenômenos celestes.

Essa lei também é fundamental para a compreensão do comportamento de objetos em queda livre, atração gravitacional entre objetos próximos na Terra. A lei da gravitação universal ainda é uma das leis fundamentais da Física e é usada em muitas aplicações práticas, como no movimento de satélites e no projeto de viagens espaciais.

3.3 CONSERVAÇÃO DA ENERGIA NO MOVIMENTO ORBITAL

O movimento orbital dos planetas em torno do Sol é um fenômeno complexo, governado pela força gravitacional que atua entre os corpos celestes envolvidos. Desde os estudos pioneiros de Isaac Newton, desenvolvimentos teóricos significativos foram alcançados, permitindo uma compreensão mais profunda dos princípios físicos envolvidos no movimento orbital. Entre esses princípios, destaca-se o princípio da conservação da energia, que desempenha um papel crucial na descrição do movimento planetário.

No movimento orbital de um planeta ao redor do Sol, duas formas principais de energia estão envolvidas: a energia cinética e a energia potencial gravitacional. A energia cinética está associada ao movimento do planeta, enquanto a energia potencial gravitacional está relacionada à sua posição em relação ao Sol. A conservação da energia Mecânica estabelece que a soma dessas duas energias é constante ao longo do tempo, desde que não haja influências externas significativas.

Considerando que a força atuante que determina o movimento orbital é a força gravitacional atuante sobre o planeta, o valor correspondente ao trabalho realizado pela força gravitacional sobre um corpo que se move entre dois pontos A e B é dado por:

$$W_{AB} = \int_A^B F \cdot dx \text{ (eq. 8)}$$

Sendo dx um elemento infinitesimal de trajetória.

A energia cinética de um planeta em órbita é determinada pela sua massa e velocidade. À medida que o planeta se move em sua órbita elíptica, sua velocidade varia, isso causa uma variação no valor instantâneo de energia cinética do planeta. Se considerarmos a massa m do planeta em órbita com velocidade de valor v em determinado instante, neste momento sua energia cinética K será dada por:

$$K = \frac{m \cdot v^2}{2} \text{ (eq. 9)}$$

Ao longo da órbita, o valor da massa permanece constante e a variação da velocidade determina as variações de energia cinética. Quando o planeta está mais próximo do Sol em sua órbita (periélio), sua velocidade é maior, resultando em uma maior energia cinética. À medida que o planeta se afasta do Sol (afélio), sua velocidade diminui, compensando a perda de energia cinética.

Para expressar a equação 8 em termos de energia cinética, podemos associar com o princípio fundamental da dinâmica, segunda lei de Newton:

$$F \cdot dx = m \cdot \frac{dv}{dt} \cdot v \cdot dt \text{ (eq. 10)}$$

Simplificando o membro direito da expressão:

$$F \cdot dx = m \cdot v \cdot dt \text{ (eq. 11)}$$

Integrando os dois membros da equação 11, definimos o trabalho realizado pela força gravitacional em termos da energia cinética:

$$\int_A^B F \cdot dx = \int_A^B m \cdot v \cdot dt \text{ (eq. 12)}$$

$$W_{AB} = \frac{m \cdot v_B^2}{2} - \frac{m \cdot v_A^2}{2} \text{ (eq. 13)}$$

Podemos concluir então que o trabalho realizado em determinado trecho da órbita corresponde à variação da energia cinética neste trecho.

$$W_{AB} = K_B - K_A \text{ (eq. 14)}$$

A energia potencial gravitacional de um planeta em relação ao Sol é determinada pela sua massa m_1 , a massa do sol m_2 , distância entre os centros do sol e do planeta r e a constante gravitacional universal G . A expressão de cálculo de energia potencial U é

dada por:

$$U = \frac{G \cdot m_1 \cdot m_2}{r} \text{ (eq. 15)}$$

À medida que o planeta se afasta do Sol, sua energia potencial gravitacional aumenta, uma vez que a força gravitacional diminui com o aumento da distância. Da mesma forma, quando o planeta se aproxima do Sol, sua energia potencial gravitacional diminui. Essas variações são equilibradas pela variação inversa na energia cinética, mantendo a soma total das energias constante.

A equação 7, conhecida como a lei da gravitação universal de Newton, pode ser aplicada ao produto $F \cdot dx$ para expressar o trabalho em termos do raio de órbita:

$$F \cdot dx = \left(-\frac{G \cdot m_1 \cdot m_2}{r^2} \right) \cdot dr \text{ (eq. 16)}$$

Integrando ambos os lados da equação, obtemos:

$$\int_A^B F \cdot dx = \int_A^B \left(-\frac{G \cdot m_1 \cdot m_2}{r^2} \right) \cdot dr \text{ (eq. 17)}$$

Comparando com a equação 8 e desenvolvendo a equação no membro direito da expressão, encontramos:

$$W_{AB} = \frac{G \cdot m_1 \cdot m_2}{r_A} - \frac{G \cdot m_1 \cdot m_2}{r_B} \text{ (eq. 18)}$$

Sendo assim, concluímos que o trabalho realizado em determinado trecho de órbita corresponde à variação da energia potencial U neste mesmo trecho.

$$W_{AB} = U_A - U_B \text{ (eq. 19)}$$

Comparando então as duas relações desenvolvidas para o trabalho realizado em determinado trecho $\widehat{AB}$ da trajetória, descritas pelas equações 14 e 19. Obtemos:

$$K_B - K_A = U_A - U_B \text{ (eq. 20)}$$

Com uma simples manipulação algébrica, encontramos a expressão objetivada desde o início desta demonstração:

$$K_A + U_A = K_B + U_B \text{ (eq. 21)}$$

Considera-se a soma das parcelas de energia cinética e potencial como a energia mecânica do sistema e podemos observar pela equação 21 que em dois trechos genéricos da trajetória o valor desta energia permanece constante, como fundamenta o princípio da conservação da energia mecânica E_M , aplicável de forma universal para sistemas isolados.

$$E_{MA} = E_{MB} = \text{constante} \text{ (Eq. 22)}$$

O princípio da conservação da energia desempenha um papel essencial na descrição do movimento planetas ao redor do Sol. Ao considerar a interação gravitacional entre os corpos celestes, a energia cinética e a energia potencial gravitacional são fundamentais para compreender a estabilidade das órbitas planetárias. A constância da soma dessas energias ao longo do tempo demonstra que, embora a velocidade e a distância dos planetas em relação ao Sol possam variar, a quantidade total de energia envolvida permanece inalterada. O princípio da conservação da energia é uma ferramenta valiosa para a análise teórica e observacional dos movimentos orbitais, fornecendo uma base sólida para o estudo da gravitação e de sistemas celestes mais amplos.

4. SIMULADOR DE ÓRBITAS

Um dos objetivos específicos deste trabalho de dissertação é facilitar a visualização e o entendimento do movimento de órbitas planetária, como ferramenta para este fim, segue o desenvolvimento do projeto de simulador computacional. A linguagem escolhida para o desenvolvimento do simulador foi o JavaScript, que é uma linguagem de programação popular usada principalmente no desenvolvimento de aplicativos da web interativos e dinâmicos.

O JavaScript desenvolvido por Brendan Eich em 1995 e é uma das três principais tecnologias usadas na web, juntamente com outras duas denominadas HTML e CSS. É considerada uma linguagem de programação de alto nível, interpretada, dinâmica e orientada a objetos. É executada em navegadores de internet e foi originalmente desenvolvida para criar e controlar o comportamento de elementos em uma página da web, como botões, menus, formulários e outros elementos interativos.

Com JavaScript, é possível criar animações, efeitos visuais, jogos, aplicativos da web em tempo real e outras funcionalidades interativas. A escolha desta linguagem para este trabalho se deu por ser uma linguagem em constante evolução e pela ampla quantidade de tutoriais, aulas e materiais disponibilizados gratuitamente.

A HTML, em específico, também é utilizada neste trabalho. Todos os elementos visuais como o planeta, o Sol, o plano de fundo e o design dos botões de interação são interpretados e aplicados na área de visualização do HTML.

O código desenvolvido neste simulador é aberto e fica disponível a alteração para fins didáticos. Para um professor que esteja familiarizado com a linguagem, a modificação do código possibilita adaptar à abordagem para melhor se aplicar a sua estratégia e seus objetivos didáticos.

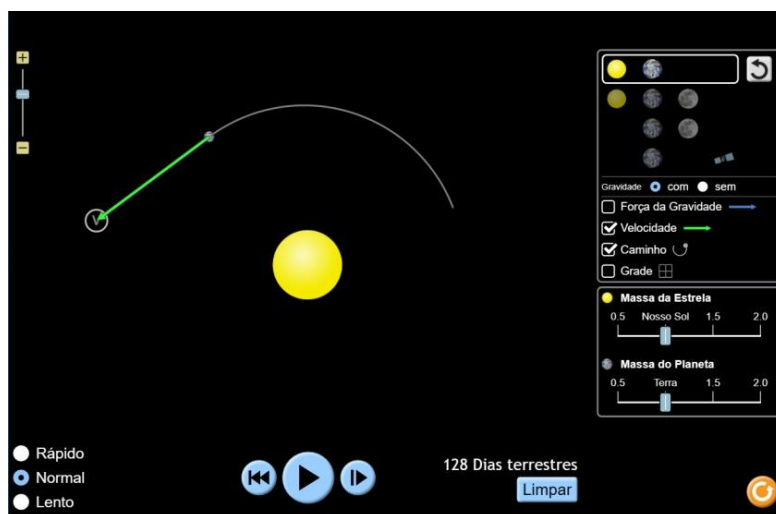
4.1 OUTROS SIMULADORES

Em meio a todas as discussões sobre repensar o ensino associando as ferramentas digitais, os simuladores computacionais vêm ganhando um lugar de destaque nas últimas décadas. Atualmente é possível encontrar uma grande quantidade de sites na internet, em que é possível acessar e aplicar simuladores computacionais sobre os mais diferentes tópicos e áreas de atuação. Para o ensino de Física, alguns simuladores se destacam e são de conhecimento comum aos professores que exploram essas ferramentas.

Talvez o mais famoso desses sites seja o PhET Interactive Simulations. O PhET é uma coleção gratuita de simulações interativas para Física e outras disciplinas científicas como a Biologia e a Química, além de outros simuladores que abordam

diversos tópicos da Matemática. O site tem um visual agradável, com simulações categorizadas por tema e área de conhecimento. Dentre as diversas simulações desenvolvidas pelo PhET, uma delas é a de um simulador de órbitas semelhante, em alguns aspectos, ao desenvolvido neste trabalho de mestrado, como ilustra a figura 4. A maioria dos simuladores disponível no site do PhET contam também com uma proposta de aplicação e manual de utilização, o que serviu de inspiração para o projeto desenvolvido nesta dissertação.

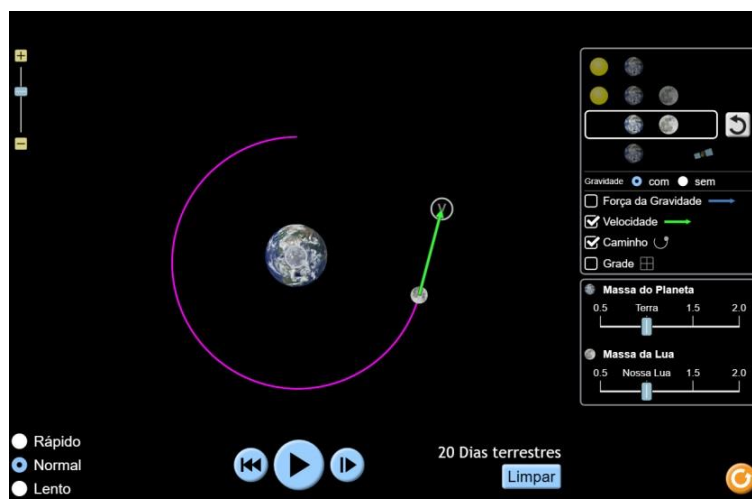
Figura 4: Órbita Planeta-Sol do PhET



Fonte: website do PhET Colorado

Neste simulador, o usuário tem um ambiente de simulação de um planeta genérico orbitando o Sol e é possível incluir à órbita da lua ou de um satélite artificial. Também é possível alterar a velocidade da simulação, podendo visualizar os dias de órbita com mais precisão. Os parâmetros podem também ser alterados para visualização apenas da orbita da lua em torno do planeta.

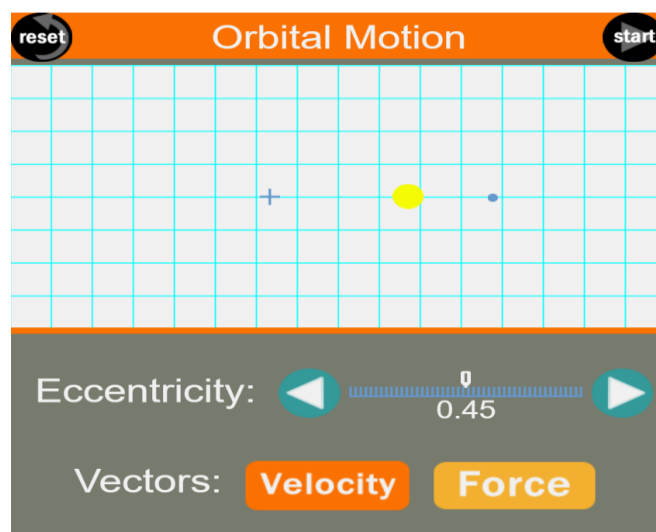
Figura 5: Órbita planeta-lua do PhET



Fonte: website do Phet Colorado

O site do PhET tem sua versão traduzida para vários idiomas, incluindo o português. Entretanto, ainda temos poucos sites de simulação disponíveis no nosso idioma. Um outro site de simulação bastante utilizado é o Physics Classroom, com simulações voltadas especificamente para o ensino de Física. Como o nome propõe, este site conta com simulações mais simples em aspecto visual e tratando de forma mais específica um determinado aspecto físico. Como por exemplo o simulador de órbitas que dá ênfase na excentricidade da elipse e na demonstração dos vetores força e movimento, conforme mostra a figura 6.

Figura 6: Órbitas no Physics Classroom



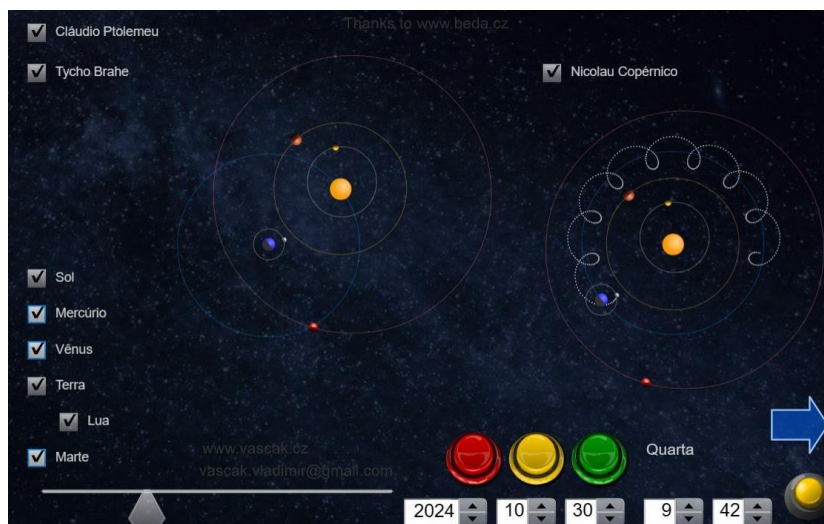
Fonte: website do Physics Classroom

Infelizmente o site do oficial do Physics Classroom, assim como seus simuladores, está disponível apenas em inglês, o que pode se configurar como um problema de acessibilidade para alunos brasileiros.

Um site Russo de nome Vascak também é muito famoso quanto a simulações para o ensino de ciências, contando com um acervo significativo das mais variadas simulações, muitas delas referentes a área de Física. O Vascak tem suporte a muitos idiomas, incluindo o português, tornado o site ainda mais acessível para alunos brasileiros.

Além de simuladores nas mais diversas áreas da física, o Vascak conta com vários simuladores orbitais em seu acervo, um para tratar decada uma das leis de Kepler e outras que exploram a órbita de satélites e até mesmo o sistema solar completo em movimento orbital. Este último é bem interessante por propor um comparativo entre o sistema heliocêntrico e o sistema geocêntrico, que também é discutido em aulas com ênfase em história da ciência. A figura 7 mostra a área de simulação do simulador, exibindo simultaneamente a órbita nos dois modelos.

Figura 7: Sistema solar – Simulador Vascak



Fonte: website do Vascak

Com uma pesquisa breve é possível encontrar muitos outros simuladores disponíveis de forma gratuita. Também é comum encontrar, associado a cada simulação, um roteiro proposto para aplicação em sala de aula. Diante da disponibilidade de todas essas ferramentas, o professor pode adotar a simulação/proposta que mais se encaixe a sua realidade, adaptando sempre que necessário.

4.2 SIMULADOR DESENVOLVIDO

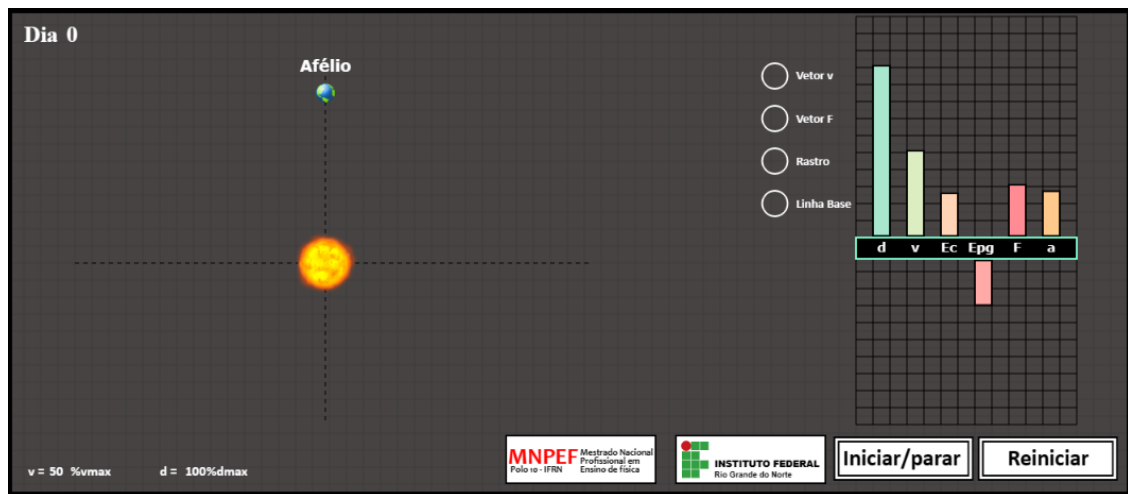
A ideia de desenvolver um simulador surgiu durante a disciplina de Física Computacional, oferecida no segundo semestre do programa de mestrado e ministrada na ocasião pelo professor Dr. Tibério Magno, que orientou que este projeto poderia ser uma boa ferramenta para ensino de Física. Diante de uma enorme variedade de simuladores já disponíveis pela internet, a proposta de criação deste simulador surge com a pergunta motivadora central “o que falta nos outros simuladores já disponíveis?”.

O simulador de órbitas deste projeto de mestrado foi desenvolvido tomando como inspiração os outros já existentes, tentando criar um diferencial que possibilite uma nova forma de abordagem e visualização dos conceitos relacionados às órbitas planetárias. A idealização de um diferencial para este simulador, configura-se em focar em um ambiente de visualização em que o usuário/aluno fosse capaz de notar os princípios conservativos e as relações existentes entre os parâmetros envolvidos.

O visual do simulador foi pensado e modificado diversas vezes na tentativa de criar um ambiente de visualização mais agradável. Por fim, foi utilizada uma paleta de cores focada em tons pasteis e com menos contraste. Além da predominância do cinza

como plano de fundo. Confira o aspecto final do simulador na figura 8.

Figura 8: Simulador de órbitas – visão geral

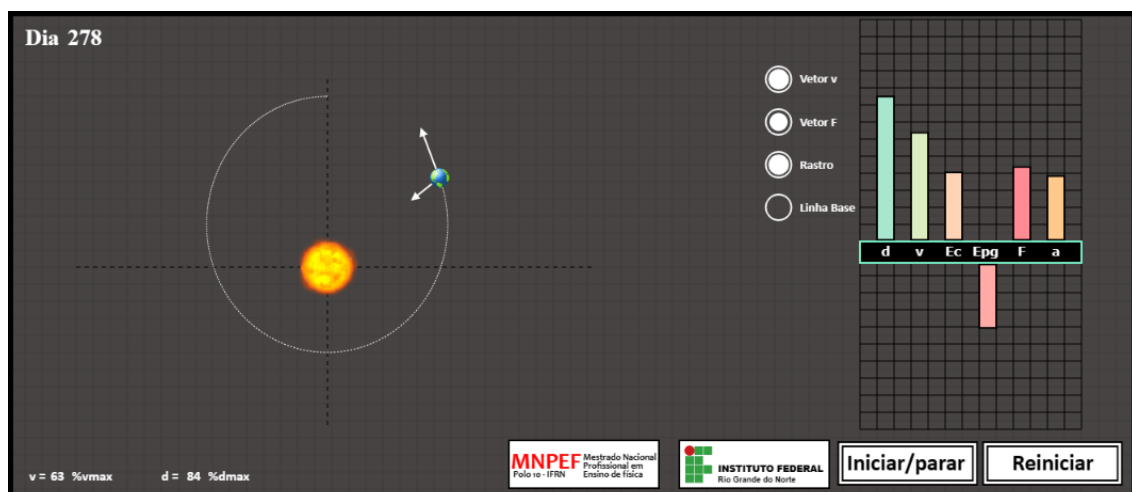


Fonte: próprio autor

O simulador conta com uma área de visualização de órbita, em que o usuário observa o Sol, fixo no centro, e um planeta genérico visualmente semelhante ao planeta Terra. O botão reiniciar, retorna todo o código para os parâmetros iniciais, equivalente a atualizar a página web em que está sendo executado. O botão iniciar/parar permite pausar a simulação em qualquer momento da órbita, para observar um instante específico do ciclo de translação.

Ao longo da órbita do planeta, alguns elementos visuais são passíveis de ativação e desativação, a depender da necessidade de utilização. Os vetores velocidade e força, se exibidos, indicam direção, sentido e módulo proporcional ao comprimento da seta correspondente. Com objetivo de analisar a trajetória, pode-se exibir a linha pontilhada correspondente as sucessivas posições do planeta desde o início da simulação. Com este recurso é possível observar o aspecto elíptico da órbita, conforme mostra a figura 9.

Figura 9: Simulador – exibindo vetores e trajetória



Fonte: próprio autor

Um marcador de dias é exibido no canto superior esquerdo, sendo o dia 0 no início da simulação e o dia 365 o final do ciclo completo, semelhante à órbita do planeta Terra. Duas informações percentuais são exibidas no canto inferior esquerdo, fazendo comparativos com a velocidade máxima da órbita e com a distância máxima entre os planetas. Atingindo 100% da velocidade máxima no periélio e 100% da distância máxima no afélio.

À direita da tela de simulação teremos a área de visualização gráfica, em que é possível analisar a variação dos parâmetros em um gráfico de barras verticais. Esta região permite também observar aspectos conservativos da órbita, como a conservação da energia. Também nesta área, pode-se conferir a proporcionalidade direta existente entre a força gravitacional e a aceleração do planeta, bem como a proporcionalidade inversa entre distância e velocidade.

O simulador de órbitas planetárias pode ser aprimorado com a adição de recursos e funcionalidades que ampliem sua utilidade educacional. Isso pode incluir a incorporação de informações detalhadas sobre as características de cada planeta, como massa, raio e período orbital. Além disso, a inclusão de opções interativas, como a possibilidade de ajustar parâmetros das órbitas, ângulos de inclinação e velocidades, permite uma exploração mais aprofundada do tema

Após a finalização do desenvolvimento do código do simulador, surge a necessidade de disponibilizar o simulador, para que outros professores possam com facilidade ter acesso. Para esta finalidade foi adotada a plataforma do Netlify, que é um site criado especificamente com a finalidade de permitir a postagem de softwares na rede de internet de maneira simples, podendo ser acessado por um link por qualquer dispositivo com acesso à internet. Para o programa do simulador de órbitas desenvolvido, o acesso fica disponível pelo link <https://simuladordeorbitas.netlify.app>. Este link pode ser compartilhado com alunos do mundo inteiro, podendo assim até mesmo ser incorporado ao planejamento de uma aula em formato remoto.

5 APLICAÇÃO DO PRODUTO

O simulador, atrelado a uma estratégia de abordagem, configura o produto educacional proposto. O professor que decidir utilizar o simulador em sua sala de aula tem total liberdade de criar e adaptar a aplicação a uma estratégia de abordagem coerente com os aspectos que deseja tratar e com a realidade de seu alunado.

Na estratégia de aplicação idealizada neste projeto, o aluno acessa junto ao simulador um questionário, que objetiva ser um guia para as observações que devem ser feitas em cada etapa. As etapas foram pensadas de maneira a explorar todos os aspectos do movimento orbital contemplados neste trabalho, sendo escolhido uma lógica sequencial de observação que favoreça a compreensão plena da relação entre esses aspectos.

É importante que o professor aplicador do produto se certifique que os pré-requisitos para a compreensão de cada etapa já tenham sido trabalhados anteriormente com a turma. Por exemplo, para que possam analisar valores de energias no movimento orbital os alunos já devem conhecer os significados da energia cinética e da energia potencial gravitacional.

O questionário inicia com uma apresentação geral do produto, que configura um convite para a atividade que será desenvolvida, tendo assim uma escrita que objetiva alcançar o aluno em uma linguagem mais casual e descontraída. É importante que esta leitura não seja de forma nenhuma enfadonha, evitando provocar desinteresse pelo documento antes mesmo de começar a utilizar o simulador de fato.

Logo a seguir, o questionário está dividido em cinco etapas que podem ser aplicadas separadamente e em qualquer ordem, a depender da estratégia do professor aplicador. Por exemplo, se o professor quer explorar apenas a situação do formato de órbita, pode aplicar apenas a primeira parte do questionário, ou um roteiro próprio desenvolvido como base nessa sessão.

Durante a criação do questionário, com o objetivo de verificar a funcionalidade da proposta de aplicação e do próprio simulador, foram feitos dois momentos de aplicação em duas turmas diferentes de uma mesma escola estadual. Ocorreram alterações no texto do questionário, em virtude das fragilidades de interpretação identificadas na primeira aplicação. Algumas palavras foram substituídas para melhor direcionar o aluno quando ao aspecto observado, deixando o momento de aplicação mais eficiente.

Mesmo em posse do questionário, que tem o objetivo claro de guiar o leitor para as observações feitas pelos estudantes, é muito importante que o aluno se sinta livre para utilizar os recursos do simulador. Interferir demais na maneira como o aluno deve

interagir com o simulador potencialmente minimiza a sensação de protagonismo no processo. Ao permitir que os alunos explorem livremente o simulador, eles são encorajados a fazer descobertas por conta própria, promovendo uma aprendizagem ativa e autônoma. Ao invés de receber informações passivamente, os estudantes são desafiados a formular hipóteses, testar diferentes configurações de órbitas e observar os resultados, desenvolvendo assim habilidades de pensamento crítico e resolução de problemas. O professor também pode permitir interação entre os alunos, amplificando o caráter colaborativo do processo.

5.1.CARACTERIZAÇÃO DA ESCOLA

Considerada uma escola de destaque entre as escolas públicas estaduais da região, a Escola Estadual General Dióscoro Vale (DV) é uma instituição de ensino localizada no conjunto Potengi, na zona norte da cidade de Natal, no estado do Rio Grande do Norte, Brasil. A escola recebe esse nome em homenagem a General Dióscoro José de Oliveira Vale, um militar brasileiro que foi uma figura importante na história do país. A escola é uma instituição pública de ensino que atua em turmas de ensino fundamental e de ensino médio.

A escola tem diversos ambientes de aprendizagem e socialização. A figura 10 conta como uma fotografia do ambiente mais movimentado em dias letivos, o pátio principal da escola.

Figura 10: Pátio central do DV



Fonte: Acervo próprio da escola

A infraestrutura da Escola Estadual General Dióscoro Vale é composta por onze salas de aula, um laboratório de informática, um laboratório de ciências, uma sala de

recursos multifuncional, um laboratório de multimídia, uma biblioteca, uma quadra esportiva e espaços administrativos. Além destas instalações, o pátio e o refeitório contam como principais ambientes de socialização entre os alunos de todas as turmas da escola. Essas instalações são projetadas para atender às necessidades educacionais dos alunos, oferecendo um ambiente propício ao aprendizado.

Apesar da verba limitada, como é comum em escolas públicas estaduais em todo o país, a escola conta com uma equipe de profissionais dedicados, incluindo diretores, professores, funcionários administrativos e de apoio. Esses profissionais trabalham em conjunto para fornecer um ambiente de ensino inclusivo e estimulante, buscando promover o desenvolvimento acadêmico, social e pessoal dos alunos.

Além do currículo regular, a Escola Estadual General Dióscoro Vale oferece atividades extracurriculares, como esportes, grupos de estudo e projetos sociais. Possui projetos de ensino à leitura, com o sistema de empréstimo de livros do acervo da biblioteca, sempre muito procurado pelos alunos. Todas essas atividades visam complementar o aprendizado em sala de aula, promover habilidades específicas e incentivar a participação dos alunos em diferentes áreas de interesse.

A quadra da escola é um espaço amplo e coberto, com refletores que permitem atividades também no turno noturno. O espaço é utilizado de diversas maneiras, tanto para eventos internos esportivos quanto para aulas não só de educação física, mas em qualquer outra disciplina em que o espaço e a estrutura se configurem coerentes com a atividade desenvolvida. Na figura 11, podemos exemplificar melhor com uma foto dos alunos na quadra da escola, um registro de uma atividade esportiva interna.

Figura 11: Evento de vôlei na quadra



Fonte: Acervo próprio da escola

A escola desempenha um papel importante na comunidade do conjunto Potengi, proporcionando oportunidades educacionais para os estudantes da região. A escola é conhecida na região pela qualidade no ensino e pela organização, tendo formado várias gerações de alunos no ensino básico desde a sua fundação, em 1973.

A escola atende alunos nos três turnos, com ensino fundamental e ensino médio nos turnos matutino e vespertino e no noturno atendendo na modalidade de ensino de jovens e adultos (EJA). A escola também é conhecida pelo cuidado e atenção com os alunos com necessidades educacionais específicas, contando com uma equipe exclusiva de profissionais capacitados a tratar da educação especial.

Além disso, a escola Dióscoro Vale também serve como um centro de atividades culturais e comunitárias, promovendo a integração entre alunos, pais, professores e membros da comunidade, como pode ser visto na figura 12, tirada durante um dos eventos culturais desenvolvidos no ano de 2023.

Figura 12: Evento cultural DV



Fonte: Acervo próprio da escola.

No dia a dia da escola, também é bastante utilizada a sala de vídeo. A sala de vídeo é utilizada como uma ferramenta pedagógica para complementar o ensino em sala de aula. Os professores podem utilizar esse ambiente para exibir vídeos educacionais relacionados aos temas abordados em suas aulas, incluindo documentários, filmes, palestras gravadas, animações educativas, entre outros.

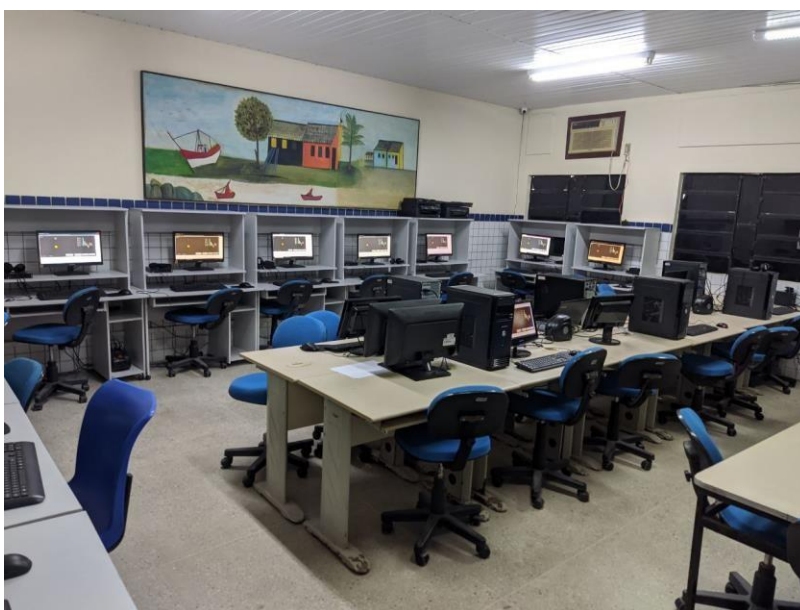
A escola estadual Dióscoro Vale também conta com um laboratório de ciências. Um laboratório de ciências geralmente é equipado com uma variedade de instrumentos e equipamentos científicos, como microscópios, balanças, vidrarias, microscópios,

reagentes químicos, modelos anatômicos, entre outros. Esses recursos permitem que os alunos realizem experiências controladas, reproduzindo fenômenos naturais ou testando hipóteses científicas. Infelizmente, esta é a sala menos utilizada da escola atualmente. Isto decorre do sucateamento e desaparecimento frequente de equipamentos que vem acontecendo nos últimos anos, apesar disto, a equipe gestora não está medindo esforços para conseguir recursos com a finalidade de reestruturação geral deste espaço.

O simulador de órbitas pode ser aplicado de diversas maneiras, até mesmo na sala de aula convencional, apresentando-o de forma coletiva, em um projetor. Assim o professor poderia demonstrar rapidamente características do movimento orbital. Entretanto, para que a aplicação do simulador em sala de aula ocorra conforme a proposta didática desenvolvida neste trabalho, é imprescindível que o laboratório de informática esteja em funcionamento.

Um laboratório de informática, de maneira geral, é um espaço físico equipado com computadores e outros dispositivos tecnológicos que são utilizados para fins educacionais, de pesquisa ou de desenvolvimento de software. Geralmente, é um ambiente controlado e projetado para permitir o uso eficiente dos recursos de informática. O laboratório da escola, visto na figura 13, contava originalmente com 25 computadores no modelo desktop, que devido ao tempo foram reduzidos aos 17 que estão em funcionamento atualmente. A Sala é climatizada e conta com espaço para formar duplas em cada tela, conforme foi feito na aplicação.

Figura 13: Laboratório de informática DV



Fonte: Próprio autor.

Os computadores deste laboratório utilizam como sistema operacional o Windows

10, que é o mesmo sistema pelo qual foi desenvolvido o simulador. Entretanto, alguns deles ainda executavam uma versão antiga da Internet Explorer, navegador que não conseguiu executar corretamente o código e fez com que os botões interativos não funcionassem. Para resolver o problema, bastou atualizar o navegador para a versão mais recente utilizado no Windows, o Microsoft Edge.

Ainda como parte da preparação da sala, em todos os computadores o simulador foi testado previamente. Para executar o simulador por meio do link, os computadores teriam que estar conectados à internet. Contudo, um problema recorrente no laboratório da escola é a internet, que muito frequentemente não funciona. Por este motivo, o programa foi levado em um pendrive em formato de código HTML e transferido para todos os computadores, podendo assim ser reproduzido sem a necessidade da internet.

Após garantir o funcionamento do simulador em todos os computadores disponíveis, o ambiente estava pronto para a aplicação.

5.2. RELATO DE APLICAÇÃO

A proposta didática desenvolvida foi aplicada duas vezes em turmas distintas de 2ª série do ensino médio. A primeira aplicação aconteceu no dia 1º de dezembro de 2022 e a segunda aplicação aconteceu no dia 25 de maio de 2023. Nas duas ocasiões, foi seguida a mesma sequência didática.

Na primeira aplicação, algumas perguntas dos questionários causaram dúvidas de interpretação em vários alunos. Diante disto, a escrita do texto foi reformulada de forma a alcançar a forma final descrita no apêndice. Na segunda aplicação, notou-se a interpretação mais fluida, sem grandes problemas. Nesta aulas-teste, foram abordados os conceitos de velocidade de translação, formato de órbita e distância.

A execução do primeiro momento de sala de aula, considerando a fase de problematização inicial, conforme os 3 Mps, iniciou-se uma conversa geral para que os alunos expusessem seus conhecimentos prévios acerca das características do movimento orbital. Muitos alunos demonstraram interesse pelo tema, pedindo a palavra e tentando com as suas palavras comentar suas percepções.

O início da conversa teve o objetivo de recapitular alguns conceitos básicos trabalhados na disciplina de ciências, no ensino fundamental, que já foram trabalhados em anos anteriores. Tanto a ordem quanto a natureza das perguntas podem ser modificadas, de maneira a atender um objetivo didático específico. Um caráter mais improvisado da ordem destas perguntas pode ser aplicado neste momento, esta ordem é definida a partir das falas dos alunos, gerando uma fluidez maior no andamento da

discussão. As perguntas utilizadas serão enumeradas a seguir:

- Quem lembra da diferença entre o movimento de translação e rotação da Terra?
- Qual o período de translação da terra? Qual o período de rotação?
- Quantos e quais são os planetas do nosso sistema solar?

Essas questões não são necessariamente trabalhadas no simulador, servem para direcionar as reflexões da turma para o tema proposto. Nas duas aplicações, alguns alunos mais interessados no assunto acabaram levando às respostas corretas.

De maneira geral, os alunos conseguiram entrar em consenso sobre todas as respostas. É natural que a discussão avance um pouco para outros temas periféricos relacionados, por exemplo, em determinado momento a discussão seguiu para a questão do ano bissexto e em outro foi comentado o ciclo de órbita lunar.

Em seguida, fez-se perguntas com o objetivo mais específico de problematizar.

P.1 – O que mantém a Terra sempre girando em torno do sol?

Os alunos conseguiram chegar ao termo “gravidade”, apesar de não conseguirem explicar com clareza o significado deste fenômeno. Sobre a força de atração, não conseguiram se decidir de que depende esta força, apesar de ser unânime a atração pelo Sol acontecer pelo “tamanho” do Sol em relação aos outros corpos do sistema solar.

P.2 – O caminho que a terra percorre em um ano, forma que tipo de figura?

A grande maioria dos alunos acreditava na órbita circular. Alguns outros refletiram sobre a possibilidade de não ser um “círculo perfeito”.

P.3 – A Terra gira sempre com a mesma velocidade?

Esta foi a pergunta que mais gerou discussões, de maneira geral os alunos não souberam responder e acabaram por não arriscar a resposta. Esta foi mais uma questão a ser analisada posteriormente pela observação do simulador.

Após este primeiro momento, os alunos foram levados ao laboratório. Nota-se que pelo simples fato da aula não acontecer no ambiente da sala de todos os dias, os alunos ficam animados. Para que o número de computadores fosse suficiente para a quantidade de alunos, eles foram organizados em dupla para cada tela, conforme mostra a figura 14.

Figura 14: Momento de aplicação



Fonte: próprio autor.

No laboratório, foi feita uma explicação inicial sobre os botões que existem no simulador para parar, iniciar e reiniciar a simulação, bem como sobre as regiões do simulador, de visualização e gráficos. No gráfico de barras, foi explicado o significado de cada legenda, com ênfase nos tópicos que será trabalhado no decorrer da aula.

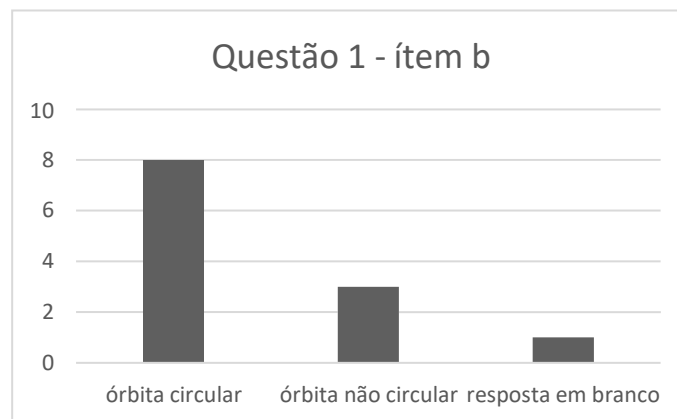
Após a explicação sobre os recursos disponíveis no simulador, o aluno recebe o questionário que o guiará ao longo das observações. Este é o momento em que será aplicado o segundo momento pedagógico, a organização do conhecimento. Este é a fase em que os alunos começam a desenvolver uma compreensão a respeito dos tópicos tratados na problematização. Por meio da observação do simulador, atrelado ao questionário entregue, ocorre a sistematização do conhecimento, migrando de uma compreensão mais intuitiva para uma compreensão mais técnica e objetiva.

Em análise posterior ao momento da aplicação, poderemos constatar a validade do protocolo de ensino aplicado pela análise das respostas desenvolvidas. Para esta análise, utilizaremos os dados de resposta coletados na segunda aplicação, visto que foi neste momento que foi utilizado o questionário em sua versão final, exatamente conforme o apêndice A.

No dia da aplicação, compareceram à aula 24 alunos que se organizaram em duplas para a atividade, o que gerou 12 questionários preenchidos.

O primeiro aspecto abordado no questionário diz respeito à trajetória e ao formato gerado pelo caminho do planeta ao longo da órbita. A questão referente ao formato de órbita gerou divergências nas respostas, conforme pode ser conferido no gráfico 1.

Gráfico 1: Formato de órbita



Fonte: dados do questionário.

Entre os alunos que perceberam que a órbita não é completamente circular, nenhum mencionou a palavra elipse. Provavelmente por desconhecimento do termo, utilizaram estratégias para tentar definir o formato observado, como a que pode ser vista na figura 15.

Figura 15: Questão 1, exemplo

a) Quantos dias leva um ciclo deste planeta? Pense sobre este valor e escreva uma observação.

O ciclo completo dura 365 dias. Em alguns momentos a velocidade aumenta bastante.

b) Descreva suas observações sobre o formato gerado pelo caminho do planeta.

Uma forma redonda ficando mais próxima do sol na parte de baixo.

Fonte: questionário aplicado

Nesta tentativa de expressar o formato sem conhecer a figura da elipse. Ao invés do termo específico, observou-se algumas respostas como “círculo achatado”, “oval” ou até mesmo “forma redonda”. O estudo da geometria analítica no ensino médio costuma acontecer na 3ª série, diante disto, espera-se que uma turma de 3ª série teria maiores chances de identificar o formato parabólico da trajetória.

A seguir, o questionário trata da velocidade. O estudo de velocidade é normalmente trabalhado na primeira série do ensino médio, nas aulas de cinemática. Sendo assim, os alunos que participaram da aplicação já conheciam o significado desse conceito. Conhecendo a sua turma, o professor pode achar necessário que os conceitos pré-requisitos para a aplicação sejam revisados anteriormente, isto poderia ser feito no primeiro momento da aplicação, antes da problematização.

O objetivo desta pergunta no questionário é que o aluno perceba que em

determinados momentos de órbita o planeta está mais rápido e em outros momentos ele está mais devagar. Esta análise pode ser feita de três maneiras, pela observação da área dos gráficos, pela análise do comprimento do vetor v e pela rapidez com a qual o planeta orbita o sol.

Figura 16: Questão 2, exemplo

02. Sobre a velocidade de translação do planeta ao longo de uma órbita completa, responda:

a) A velocidade muda ou permanece constante?

MUDA, AO SAIR DO AFÉLIO PARA PERIÉLIO A VELOCIDADE AUMENTA, AO PASSAR DO PERIÉLIO A VELOCIDADE DIMINUI.

b) Em que dia de órbita a velocidade atinge seu valor máximo?

120 DIAS

c) Em dia de órbita a velocidade atinge seu valor mínimo?

EM 350 DIAS

d) Qual a relação entre a distância do planeta ao sol e a velocidade do planeta?

EM 165 DIAS O PLANETA FICA MAIS PERTO DO SOL E A VELOCIDADE AUMENTA. MAS EM 350 A VELOCIDADE E A DISTÂNCIA DIMINUI.

Fonte: Questionário aplicado

No simulador, os alunos foram orientados sobre as formas de analisar qualitativamente o valor da velocidade do planeta. De maneira geral, os alunos demonstraram notar a variação da velocidade, relacionando de maneira satisfatória com a distância até o sol.

Com o auxílio da análise feita nos itens b e c desta questão, o aluno consegue descrever com qualidade a relação entre a velocidade de translação e a distância entre o sol e o planeta. Para algumas duplas, foi necessário guiar a observação para as barras correspondentes da velocidade e da distância, na região dos gráficos. Entre os 12 questionários respondidos, todos os alunos conseguiram realizar de maneira satisfatória esta etapa.

O próximo conceito trabalhado no questionário é o de força. A força também é uma grandeza conhecida pelos alunos da turma, visto que a dinâmica também é trabalhada na primeira série do ensino médio. Os alunos nessa fase observam o valor da força F pelo gráfico e pelo comprimento do vetor F , algumas respostas interessantes surgiram da comparação entre a força e a distância, como a resposta trazida na figura 18.

Figura 17 – Questão 3, itens a e b

03. O vetor força pode ser exibido deixando ativo o botão "vetor F". Este vetor aponta pra onde o planeta está sendo atraído, observando este vetor ao longo de uma órbita completa, responda:

a) Pra onde o planeta está sendo atraído?

PARA O SOL

b) Em que dia o vetor F atinge o seu valor(tamanho) máximo?

165 DIAS

Fonte: Questionário aplicado

Para esses dois primeiros itens da questão 3, tratando sobre força, os alunos conseguem perceber que, embora o vetor força mude de direção continuamente, ele sempre aponta para o sol, demonstrando o modo de atuação da força gravitacional.

Figura 18: questão 3, itens c e d

c) Em que dia o vetor F atinge o seu valor(tamanho) mínimo?

No dia 341.

d) Qual a relação entre a distância do planeta ao sol e o valor da força F?

Quanto mais próximo do sol, mais o valor "F" aumenta.

Fonte: Questionário respondido

Os alunos observam a variação da força F ao longo de um ciclo completo de órbita pelo tamanho do vetor e pela barra gráfica correspondente. Dos 12 questionários respondidos, 5 responderam que o dia 0 é onde a força é mínima, e os 7 outros responderam um valor próximo do 365, sendo a resposta da figura 18 a mais distante deste valor. Tanto o dia zero quando o dia 365 tratam do afélio, onde de fato a intensidade da força é menor.

Na letra d, as respostas de maneira geral foram semelhantes a da figura 18. Com exceção de 3 duplas que demonstraram dificuldade em expressar a relação e preferiram deixar em branco. Acertar este último item da questão 3 demonstra que o aluno percebeu que a relação inversa que existe entre a intensidade da força e a distância entre sol e planeta. Este raciocínio certamente facilitaria a aceitação e entendimento da lei da gravitação de Newton, em aulas posteriores.

A última pergunta do questionário propõe que o aluno elabore um pequeno texto relatando o movimento orbital. Esta é uma tentativa de fazer o aluno sintetizar e relacionar os conceitos e características referente ao movimento do planeta. O desenvolvimento deste parágrafo já pode ser considerado elemento pertencente ao terceiro momento

pedagógico, o da aplicação do conhecimento. Nesta fase, o aluno deverá expressar o conhecimento que veio sendo incorporado durante as etapas anteriores e demonstrar se de fato evolui quando ao entendimento dos aspectos estudados.

A figura 19 contempla a resposta desenvolvida por uma das duplas, sendo está um bom exemplo de como seria uma síntese satisfatória em termos de domínio dos elementos trabalhados.

Figura 19: Questão 5 – exemplo

05. Elabore texto de no mínimo 10 linhas com as suas considerações a respeito do movimento orbital de um planeta em torno do sol. Neste texto, você deve comentar velocidade, força, distância e trajetória.

O planeta terra leva 365 dias para completar uma volta completa em torno do sol, quanto menor a distância a velocidade e a força aumentam, e ao se distanciar mais a força e a velocidade vão diminuindo gradativamente.

A órbita do planeta não é um círculo perfeito, mas ele nunca sai dele. Os valores mínimos das velocidades são quando estão mais distantes do sol.

O dia 0 é o dia que o planeta está mais distante do sol, e o dia 185 quando está mais próximo do sol.

Fonte: Questionário respondido, segunda aplicação

Na ocasião de ambas as aplicações, notou-se um interesse genuíno da turma em analisar a simulação e responder o questionário. Somente este aspecto já valida a iniciativa didática de proporcionar um ambiente diferente ao da sala de aula convencional para abordagem do tema.

Após o questionário, os alunos são encaminhados novamente para a sala de aula e participam de um momento em que eles são levados a comentar o que observaram e concluíram pela utilização do simulador. Esta fase de conversa é muito importante e ainda fecha a etapa de aplicação de conhecimento, com os alunos tendo que expressar verbalmente duas constatações. As questões são comentadas, as respostas compartilhadas e discutidas com a turma e alguns até mesmo são convidados a ler o texto desenvolvido na frente da sala.

Neste momento é possível notar que houve de fato um avanço nos conhecimentos dos alunos a respeito dos conceitos de velocidade, força, gravidade e no aspecto geral do movimento de órbita dos planetas. A discussão neste estágio parece mais fluida e os alunos se sentem mais seguros para comentar a respeito dos elementos observados.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nas últimas décadas notou-se um aumento expressivo na quantidade de iniciativas de professores e pesquisadores objetivando associar o uso das novas tecnologias a metodologias eficientes de ensino e aprendizagem. Neste sentido, projetos como o que foi desenvolvido neste trabalho de mestrado foram se tornando cada vez mais numerosas e variadas, amplificando assim as ferramentas de ensino disponíveis para abordagem dos mais variados temas de sala de aula.

Ao longo do processo de aplicação do produto, notou-se o grande potencial do simulador e da proposta didática desenvolvida como agente motivador para a abordagem do tema de órbitas gravitacionais. Mediante uma experiência mais imersiva, comparativamente ao modelo tradicional, a aula com recursos computacionais tem grandes chances de potencializar a motivação e contribui para a contextualização dos conceitos teóricos.

O estudo das órbitas planetárias é fundamental para o currículo do ensino de física e os avanços tecnológicos oferecem novas oportunidades para aprimorar como esses tópicos são abordados em sala de aula. O desenvolvimento de um simulador de órbitas planetárias em JavaScript surge como uma iniciativa para proporcionar uma nova maneira de abordagem deste tema, distanciando-se da abordagem tradicional de ensino e fazendo uso de ferramentas das novas tecnologias.

Explorando a característica de um código aberto, o simulador pode ser aprimorado e modificado para atender demandas educacionais futuras que necessitem explorar outros aspectos do movimento de órbita planetária. O objetivo principal do simulador é que ele possa ser uma ferramenta que auxilie professores e proporcionar experiências de aprendizagem envolventes e significativas para os alunos. Amplificando a conexão entre a teoria e a prática, os estudantes compreendem mais facilmente a relevância e a aplicabilidade dos conceitos estudados.

Diante da comparação com outros simuladores disponíveis, percebe-se que o diferencial deste simulador consiste principalmente na abordagem das energias no movimento orbital e na área gráfica de visualização, possibilitando com esses dois recursos outras possibilidades didáticas.

Posteriormente, existe a ideia de incrementar o simulador com alguns outros recursos, para ampliar as possibilidades de abordagem de aplicação. Uma das ideias é a de permitir a alteração dos valores das massas do planeta e do sol, o que permitiria visualizar a relação de proporcionalidade existente entre a intensidade da força gravitacional atuante e o valor das massas dos corpos. Foi pensado em uma área com

controles deslizantes, que permitiria essas modificações.

Durante a aplicação, verificando a semelhança visual entre o planeta exibido no simulador e a Terra, um grupo de alunos indagou sobre a ausência da Lua. Daí surge uma nova ideia de incremento, criar o terceiro corpo orbitando o planeta. Esta lua poderia ser implementada atrelada a um botão de ativação, podendo o usuário escolher incluir ou não este elemento de animação.

As possibilidades de incremento ao código são ilimitadas, podendo servir a cada proposta didática das mais variadas maneiras, dependendo apenas da criatividade do professor/programador. Diante disto, o programa proposto deste trabalho pode ser útil da maneira que está ou pode servir de base para o desenvolvimento de outros simuladores que necessitem de ferramentas de mesma natureza.

REFERÊNCIAS

- BONWELL, C. C., EISON, J. A. **Active Learning**: Creating Excitement in the Classroom.
- ERIC Clearinghouse on Higher Education Washington DC. George Washington Univ. Washington DC. 1991.
- BRASIL. Secretaria de Educação Média e Tecnologia. **Parâmetros Curriculares Nacionais**: ciências naturais. Brasília. MEC/SEMTEC. 1997.
- CÂMARA DOS DEPUTADOS. **Projeto de Lei**: PL 6356/2019. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=2233140>. Acesso em 01/03/2019. Às 10:30.
- DELIZOICOV, D. & ANGOTTI, J. A. & Pernambuco, M. M. C. A. (2002). **Ensino de Ciências**: fundamentos e métodos. São Paulo: Cortez.
- FILHO, Geraldo Felipe de Souza. **Simulações Computacionais para o Ensino de Física Básica**: Uma Discussão sobre Produção e Uso/ Geraldo Felipe de Souza Filho Rio de Janeiro: UFRJ / IF, 2010.
- FREIRE, Paulo. **Pedagogia do oprimido**. Rio de Janeiro | São Paulo: Paz e Terra, 2014.
- PHYSICSCCLASSROOM. Physics Interactives. Disponível em: <https://www.physicsclassroom.com/> acesso em 21/05/2023, às 9:15.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA (Inep). **Notas estatísticas**: Censo Escolar 2018. Disponível em: https://download.inep.gov.br/educacao_basica/censo_escolar/notas_estatisticas/2018/notas_estatisticas_censo_escolar_2018.pdf. Acesso em 01/03/2023 às 9:30.
- KENSKI, V. M. Educação e tecnologias: O novo ritmo da informação. Campinas: Papirus, 2007.
- LANGHI, R. & NARDI, R. Dificuldades interpretadas nos discursos de professores dos anos iniciais do ensino fundamental em relação ao ensino da astronomia. In: Revista Latino-Americana de educação em Astronomia. RELEA, n. 2, p. 75-92, 2005
- LEITE, Cristina. SOLER, Rutkowski Daniel. **Importância e justificativas para o ensino de astronomia**: um olhar para as pesquisas da área. São Paulo: II Simpósio Nacional de Educação em Astronomia (2012).
- MOREIRA, M. A. (2014). **Grandes desafios para o ensino da física na educação Contemporânea**. Ciclo de palestras dos 50 Anos do Instituto de Física da UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil. Acesso em 2 abril. 2023 em http://www.if.ufrj.br/~pef/aulas_seminarios/seminarios/2014_Moreira_DesafiosEnsinoFisica.Pdf.
- MUENCHEN, C. **A disseminação dos Três Momentos Pedagógicos**: um estudo sobre

práticas docentes na região de Santa Maria/RS. Tese de Doutorado (Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica). Florianópolis: UFSC/PPGECT, 2010

MUSSENZVEIG, Herch Moysés. **Curso de física básica, 1: mecânica** / H. Moysés Nussenzveig. – 5. ed. - São Paulo: Blucher, 2013.

PHET INTERACTIVE SIMULATIONS. Gravidade e órbitas. Disponível em: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/gravity-and-orbits, acesso em 21/05/2023 às 8:45.

SOARES, A. A.; MORAES, L. E.; OLIVEIRA, F. G. **Ensino de matéria e radiação no ensino médio com o auxílio de simuladores interativos**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Florianópolis, v. 32, n. 3, p. 915-933, 2015.

VASCAK. Física na escola – HTML5. Disponível em: <https://www.vacak.cz/physicsanimations.php?l=pt>. Acesso em 22/05/2023 às 7:29.

ZARA, R. **Reflexão sobre a eficácia do uso de um ambiente virtual no ensino de física**. In: ENCONTRO NACIONAL DE INFORMÁTICA E EDUCAÇÃO, 2., 2011, Cascavel. Anais. Cascavel: UNIOESTE, 2011. p. 265-272.

APÊNDICE A – PRODUTO EDUCACIONAL

Este apêndice contém o texto referente ao produto educacional, na íntegra. De forma que ele se faz suficiente para um professor que tenha o interesse em utilizar a proposta didática, bem como o simulador computacional. O texto do produto inicia na próxima página, com o advento do material deste apêndice, o professor conhecerá todo o simulador e sua proposta de aplicação.

INSTITUTO FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
DIRETORIA ACADÊMICA DE CIÊNCIAS
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA
POLO 10

TÚLLIO LEANDRO ÂNGELO DE MOURA

PRODUTO EDUCACIONAL

DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÃO DE UM SIMULADOR EM HTML
PARA ANÁLISE E OBSERVAÇÃO DO MOVIMENTO PLANETÁRIO ORBITAL

Natal

2023

TÚLLIO LEANDRO ÂNGELO DE MOURA

DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÃO DE UM SIMULADOR EM HTML
PARA ANÁLISE E OBSERVAÇÃO DO MOVIMENTO PLANETÁRIO ORBITAL

Este produto educacional é parte integrante da dissertação de título igual ao deste produto, desenvolvida no âmbito do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, polo 10 – IFRN, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientadores:

Prof. Dr. Calistrato Câmara

Prof. Dra. Andrezza Tavares

Natal

2023

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de expressar minha profunda gratidão aos meus orientadores Calistrato Câmara, e Andrezza Batista, pelo incansável apoio e orientação que me proporcionaram durante todo o processo de elaboração desta dissertação. Seus conhecimentos e experiências foram inestimáveis e fundamentais para a conclusão deste trabalho.

Agradeço também a todos os professores do MNPEF, polo 10, por fornecerem um ambiente acadêmico tão inspirador e estimulante, que me permitiu crescer academicamente e pessoalmente. Um agradecimento especial ao professor Tibério Alves, que foi imprescindível para a escolha deste trabalho de mestrado e que foi meu guia quanto à programação aplicada ao ensino de Física.

Não posso deixar de mencionar a minha família e amigos pelo constante apoio e incentivo, mesmo nos momentos mais difíceis. Sem eles, não teria sido possível superar os desafios e alcançar este objetivo.

Por fim, quero expressar minha profunda gratidão aos participantes deste estudo, que dedicaram seu tempo e esforço para fornecer informações valiosas que foram fundamentais para os resultados desta dissertação.

Mais uma vez, obrigado a todos que me apoiaram durante este período de pesquisa e escrita. Espero que este trabalho possa contribuir de alguma forma para a área de ensino de física.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – código de financiamento 001.

1	APRESENTAÇÃO	5
2	O PRODUTO EDUCACIONAL	6
2.1	Apresentação do Simulador	6
2.2	Interface gráfica	7
3	MANUAL DO SIMULADOR.....	10
3.1	Botões de interação.....	10
3.2	Órbita padrão	12
3.3	Função arrasto	12
4	ROTEIRO / QUESTIONÁRIO	14
4.1	Apresentação:	14
4.2	Primeira etapa: Formato de órbita.....	15
4.3	Segunda etapa: Velocidade.....	15
4.4	Terceira etapa: Energia Cinética.....	15
4.5	Quarta etapa: Energia potencial gravitacional.....	16
4.6	Quinta etapa: Força e aceleração.....	16

1 APRESENTAÇÃO

O avanço da tecnologia trouxe a humanidade a uma situação de profunda ligação com o mundo dos computadores e da internet. Os jovens se tornam cada vez mais próximos das telas de computadores, celulares e tablets com o passar das gerações. Inevitavelmente, esse aspecto dos novos estudantes proporcionou um nível crescente de desinteresse dos alunos por aulas tradicionais com abordagens expositivas e com poucos elementos visuais, conferindo uma necessidade de reinvenção nas formas de abordagem dos conteúdos de sala de aula. Nas últimas décadas, vemos uma crescente quantidade de professores e pesquisadores da área de educação desenvolvendo técnicas inovadoras que transformam a forma de abordar os conteúdos de sala de aula. Muitas dessas técnicas utilizam os computadores, a informática ou a internet, alinhadas com o avassalador avanço das tecnologias da informação e comunicação (TICs).

Para um professor de física, as atividades computacionais podem ser aproveitadas como fortes aliados para o ensino de física do século XXI. Algumas observações da física são difíceis de reproduzir em sala de aula, principalmente na área da astronomia. Levar uma turma para observar o céu, por exemplo, pode ser inviável para a realidade da maioria das escolas brasileiras. Problemas como ausência de equipamentos ou cronogramas corridos a ser vencido inviabilizam a análise empírica em muitos casos. Neste sentido, se fazem válidas e imprescindíveis todas as iniciativas de demonstrar conceitos e características da astronomia por meios digitais.

Para o ensino de ciências, principalmente para os conteúdos de caráter experimental, as tecnologias computacionais se tornaram um grande aliado para explorar os conceitos e características-chaves pois configuram uma estratégia simples e de baixo custo com grande potencial observacional para uma infinidade de fenômenos.

O movimento de planetas por ação gravitacional, por exemplo, é abordado em livros de física por ilustrações fixas e rígidas que, mesmo que muito bem feitas, não demonstram o aspecto contínuo e cíclico de movimentação. Com o objetivo de ampliar a percepção dos alunos acerca das características do movimento orbital, foi desenvolvido o simulador tratado neste documento.

2 O PRODUTO EDUCACIONAL

O desenvolvimento do simulador de órbita gravitacional, desenvolvido no programa do Mestrado Nacional de Ensino de Física (MNPEF), se configura como uma nova ferramenta em potencial que visa auxiliar o professor em exercício de docência, trabalhando aspectos da órbita de planetas em uma turma de ensino médio. O dispositivo foi modelado em linguagem JavaScript, utilizando o canvas da HTML. Esta estratégia é conhecida por sua gama de códigos e estruturas capazes de projetar imagens e traçar figuras a partir de uma modelagem matemática adequada. Por este motivo, este é um recurso com ampla utilização por programadores que objetivam um produto com forte aparato visual.

O produto educacional desenvolvido é composto por dois elementos, pensados em regime de complementariedade. O primeiro é o simulador propriamente dito, cujo código fica livre para ser posteriormente modificado e adaptado a outras necessidades específicas de aplicação; e o segundo é um conjunto de propostas didáticas de aplicação, que devem ser adaptadas pelo professor que venha a utilizar o produto, considerando a realidade do alunado e do ambiente de aplicação.

Um professor de ensino médio, com objetivo de explorar mais detalhadamente e visualmente as características do movimento orbital com seus alunos, pode obter neste simulador um forte aliado. Tomando como referência o roteiro proposto neste documento e conhecendo os detalhes do simulador, um professor tem grandes chances de sucesso tanto em despertar o interesse de sua turma quanto em amplificar a eficiência no processo de ensino aprendizagem nas aulas de gravitação.

Após a conclusão, o simulador foi publicado no Netlify, que permite gratuitamente a qualquer desenvolvedor postar e associar seu código a um link. O link para acesso ao simulador é <https://simuladordeorbitas.netlify.app>, e pode ser reproduzido no navegador de internet em qualquer sistema operacional.

2.1 APRESENTAÇÃO DO SIMULADOR

O simulador foi desenvolvido na linguagem *JavaScript* na HTML 5, podendo ser exibido em qualquer navegador de internet, e em qualquer sistema operacional. Entretanto, como todos os testes e análises foram feitos no navegador Google Chrome, este fica como mais recomendado para reprodução do programa.

Como editor do texto do código, utilizamos o Notepad++, sendo este um aplicativo para computador, gratuito em todas as suas versões, que deve ser baixado pelo professor que se interesse em visualizar o código do programa, para as possíveis

alterações que se fizerem necessárias. O Notepad++ foi adotado em detrimento de diversos outros editores de texto disponível no mercado, por trazer uma interface limpa e simplificada. Na Figura 1, podemos observar o padrão de cores do programa facilita a diferenciação entre trechos de declaração de variáveis, de aplicação de expressões e de convocação de funções.

Figura 1: Interface Notepad++

```

1 <!DOCTYPE HTML>
2 <html>
3 <head>
4 <meta http-equiv="Content-Type" content="text/html" charset="utf-8"/>
5 </head>
6 <body>
7 <canvas id="myCanvas" width="1350" height="600"> </canvas>
8 <script src="ifscript.js"> </script>
9 </script>
10 var canvas = document.getElementById('myCanvas');
11 var ctx = canvas.getContext('2d');
12
13 //DECLARAÇÃO DAS VARIÁVEIS:
14 {
15 var k = 3*Math.pow(10,6);
16 var dt = 0.01;
17 var t=0;
18 var x1 = canvas.width/2-300; //abscissa inicial do corpo menor
19 var x2 = canvas.width/2-300; //abscissa inicial do corpo maior
20 var y1 = canvas.height/2; //ordenada inicial do corpo maior
21 var y2 = canvas.height/2-200; //ordenada inicial do corpo menor
22 var r = Math.sqrt(Math.pow(x1-x2,2)+Math.pow(y1-y2,2)); //distancia entre os dois corpos
23 var vx2 = -100; //velocidade inicial do corpo menor
24 var vy2 = 0; //velocidade inicial do corpo maior(repouso)
25 var ax = -k*(x2-x1)/(Math.pow(r,3)); //componente y da aceleração inicial
26 var ay = -k*(y2-y1)/(Math.pow(r,3)); //componente x da aceleração inicial
27 var raio2 = canvas.width/120; //raio da bolinha menor
28 var v = Math.sqrt(Math.pow(vx2,2)+Math.pow(vy2,2)); //atualização da velocidade do corpo menor
29 var a = Math.sqrt(Math.pow(ax,2)+Math.pow(ay,2)); //atualização da aceleração do corpo menor
30 var m = 500000 //massa do corpo menor
31 var f = m*Math.pow(vx2,2)/r //cálculo da força sobre o corpo menor
32 var ec=m*v*v/2
33 var epg=-ec-1000000000
34 var fi=180+180*Math.atan(vy2/vx2)/Math.PI
35 var vpercentual = Math.round(100*v/(199.9962043685054))
36 var dpercentual = Math.round(100*r/(200.00280758986423))
37
38 }
39
40 //MARGENS DO BOTÃO INICIAR/PARAR:
41 {
42 var x5 = canvas.width-canvas.width/5.5;
43 var y5 = canvas.height-570;
44 var L1 = canvas.width/7;
45 var L2 = 50;
46 var x6 = x5+L1;
47 var y6 = y5+L2;
48 var b = 7;
49 var jcont = 0;
50 var ocont = 0;
51
52 }
53
54 //MARGENS DO BOTÃO RESET:

```

Fonte: Autoria própria

O código está organizado e conta com alguns descritivos do significado de cada parâmetro e função utilizada, afim de facilitar a interpretação do código por algum professor que deseje fazer modificações e novas implementações.

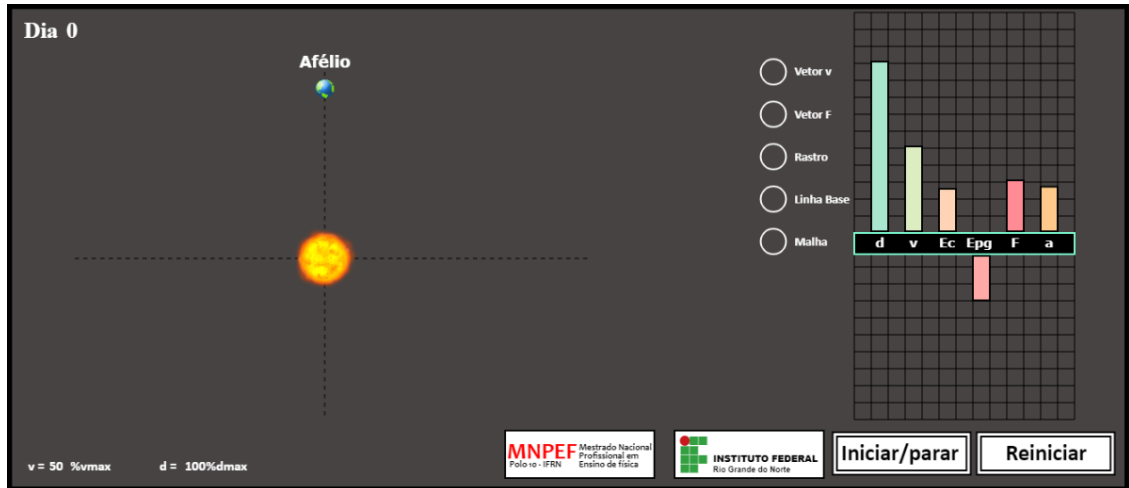
2.2 INTERFACE GRÁFICA

Conforme ilustrado na figura 2, o simulador apresenta a órbita de um planeta arbitrário, representado pelo círculo azul, em torno de um corpo central massivo, considerado fixo, representado em amarelo. Ainda na mesma figura, podemos notar que o tempo é contado em dias de órbita, podendo ser utilizado para localizar o usuário em qualquer momento específico da trajetória. Esta informação é apresentada no canto superior esquerdo da tela, iniciando no dia zero.

Ao longo deste documento, serão mencionados como planeta e sol,

respectivamente. Com o programa em execução, o planeta executará a órbita com trajetória, velocidade, aceleração e demais parâmetros calculados pelas expressões clássicas da gravitação descritas no código.

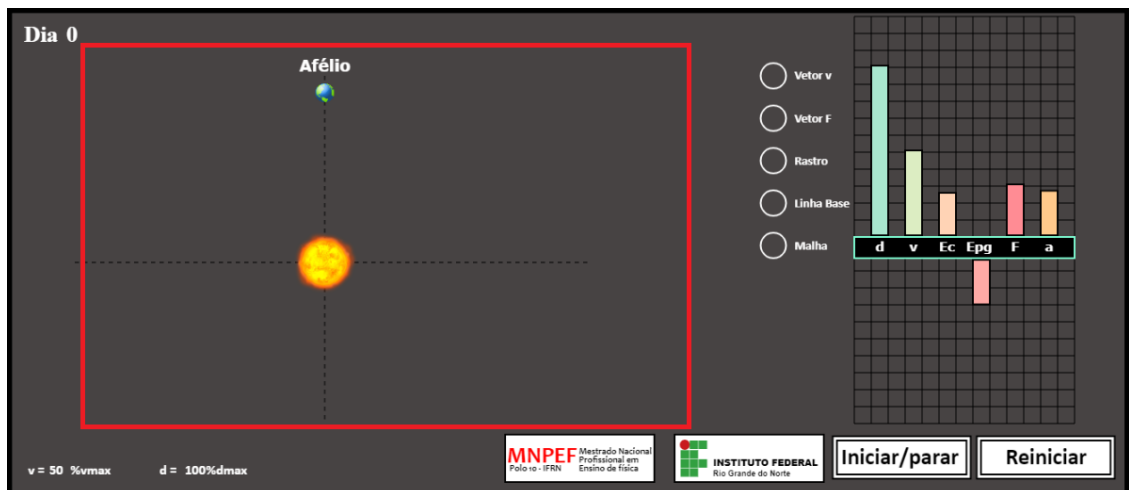
Figura 2: Simulador/ Visão geral



Fonte: Autoria própria.

O layout apresentado da simulação é um ambiente que conta com espaços de interação e outros de visualização. O principal espaço de visualização é o de observação da órbita, sendo este o espaço predominante na tela, observe a Figura 3.

Figura 3: Campo de visualização da órbita

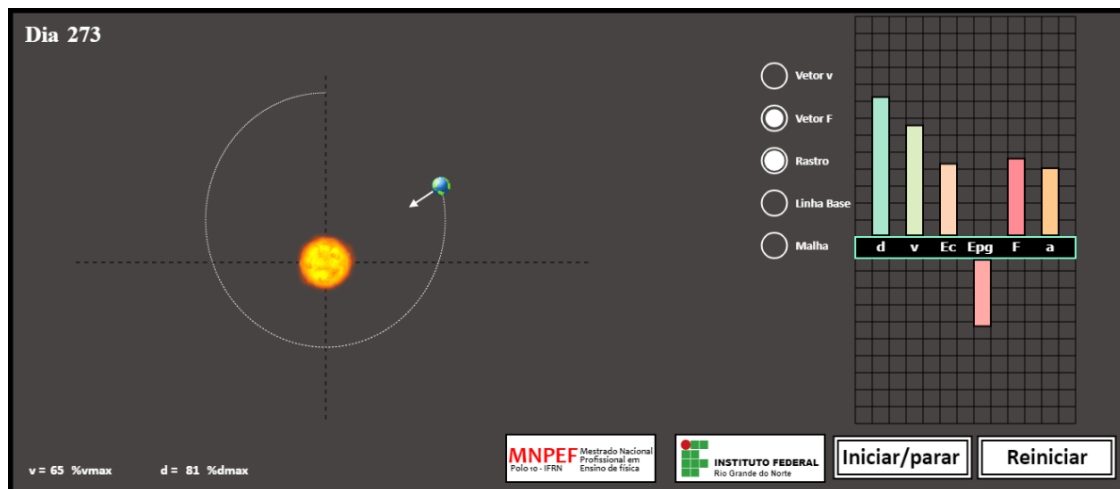


Fonte: Autoria própria

Enquanto o programa estiver em funcionamento, o planeta executará o movimento de translação em relação ao sol, de maneira cíclica e ininterrupta, podendo ser observada ao longo do tempo necessário. Mais à direita, alguns botões podem estar ativados ou desativados para observar aspectos do movimento que não estão apresentados por padrão.

Veja a Figura 3, em que estão ativadas as funções Vetor F e Rastro e desativadas as funções Vetor v e Linha base e malha.

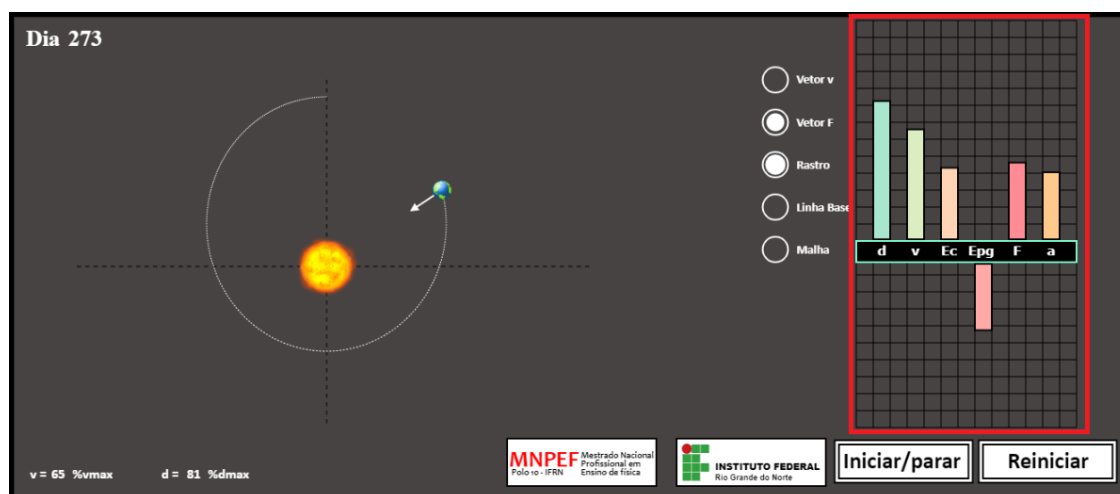
Figura 4: Botões de interação



Fonte: Autoria própria

Um outro campo do simulador é a área dos gráficos, destacado na Figura 5. Nele, o simulador apresenta de forma comparativa o aumento e a diminuição dos principais parâmetros do corpo menor em órbita como velocidade, distância e a energia mecânica.

Figura 5: Área dos gráficos



Fonte: Autoria própria

O modelo de gráfico utilizado é o de barras horizontais, sendo o comprimento da barra proporcional ao valor do parâmetro calculado na execução do código. Os gráficos estão apresentados em uma malha quadriculada, o que facilita a interpretação das variações no decorrer da órbita.

Logo abaixo da área dos gráficos, o simulador conta com dois botões de interação. Um deles ativa e desativa a execução do programa em qualquer instante, permitindo analisar qualquer ponto específico da órbita. O outro botão reinicia todos os parâmetros para os valores iniciais, bem como a posição inicial do planeta na órbita.

3 MANUAL DO SIMULADOR

Toda a área do simulador apresenta uma malha quadriculada aplicada com um grau de transparência. Esta malha pode ser utilizada para comparar distâncias de forma visual em instantes distintos da órbita.

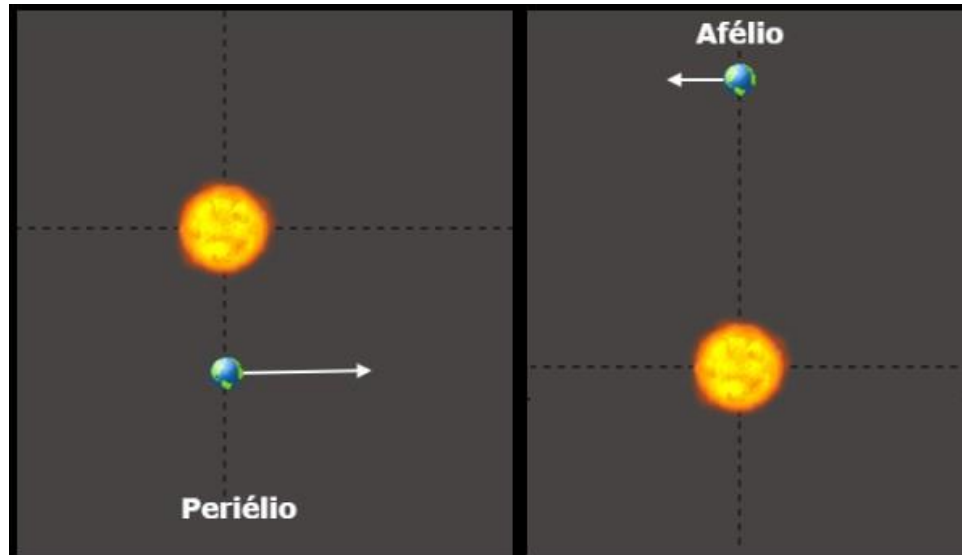
A simulação de órbita acontece na área à esquerda da tela. Nela é possível observar planeta orbitando em relação ao sol. Nesta área, também é possível observar um esquema de eixos perpendiculares, com origem na posição central do corpo fixo.

3.1 BOTÕES DE INTERAÇÃO

Mais à direita da área de simulação, existem quatro botões de interação de modificam os elementos observáveis ao longo da órbita.

O primeiro botão é o de vetor velocidade, com este botão ativado é possível observar a mudança de direção no vetor velocidade, bem como sua intensidade, proporcional ao tamanho do vetor. Na figura 8, podemos observar a variação do comprimento do vetor nos dois valores extremos de velocidade da órbita padrão.

Figura 6: Vetor velocidade

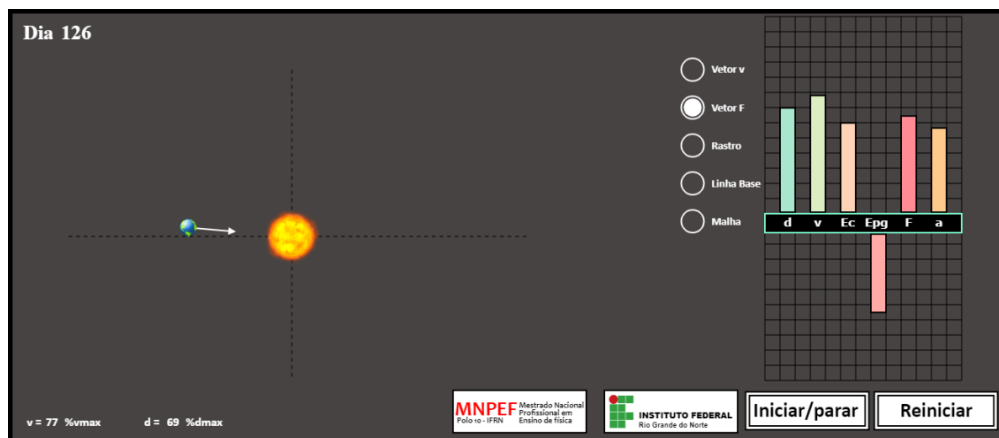


Fonte: Autoria própria

O tamanho do vetor segue em proporção com seu valor calculado, que pode ser associado ao tamanho da barra correspondente na região dos gráficos, mostrado na Figura

4. Na Figura 7, podemos observar o efeito da ativação do segundo botão, o do vetor F , que demonstra a característica radial do vetor força gravitacional, atuando sempre na direção da reta que contém os centros do sol e do planeta. O tamanho deste vetor também é proporcional ao valor calculado no código.

Figura 7: Vetor Força Gravitacional

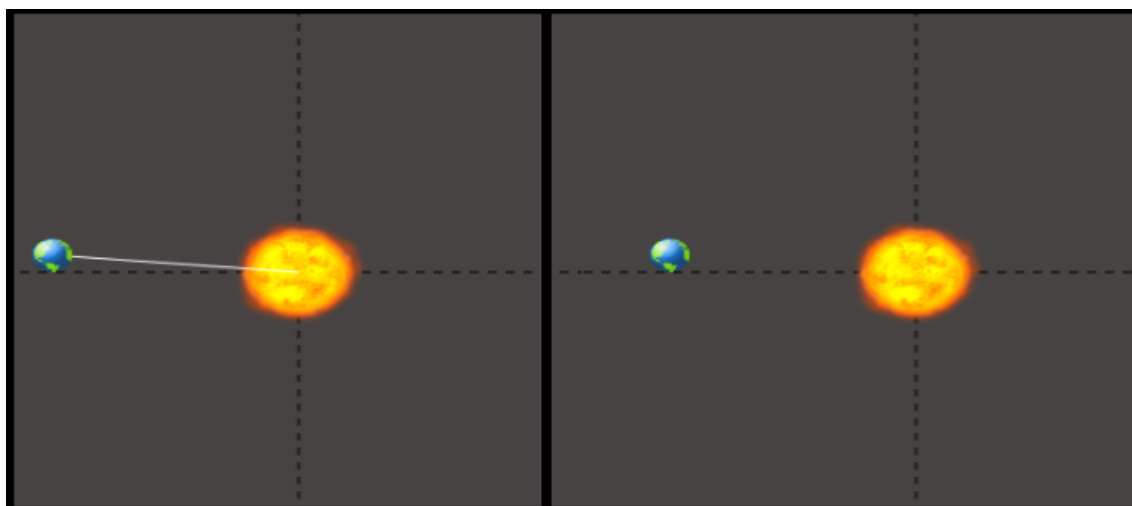


Fonte: Autoria própria

Logo a seguir temos a opção de mostrar/esconder rastro da trajetória. Com esta opção é possível observar de uma maneira mais geral o caminho percorrido pelo planeta por um pontilhado que marca as posições anteriores. Este recurso pode ser útil para comparar a mudança de distância e o comportamento elíptico da trajetória.

O botão de interação seguinte é o de mostrar/esconder o parâmetro que foi denominado “linha base”. Sendo este um segmento que une os centros dos dois corpos. Esta linha pode ser útil para contagem da distância entre os corpos, em algum instante, pela malha quadriculada.

Figura 8: Linha base ativada/desativada



Fonte: Autoria própria

O plano de fundo padrão da simulação é um retângulo simples preenchido em cor sólida cinza. Entretanto, para análises comparativas de distância entre os dois corpos, uma malha quadriculada pode ser útil. O último botão de interação, denominado “malha”, aplica um quadriculado sobre o fundo cinza, permitindo uma análise mais efetiva sobre a variação da posição do planeta.

Todos esses elementos observáveis podem ser ativados/desativados de forma

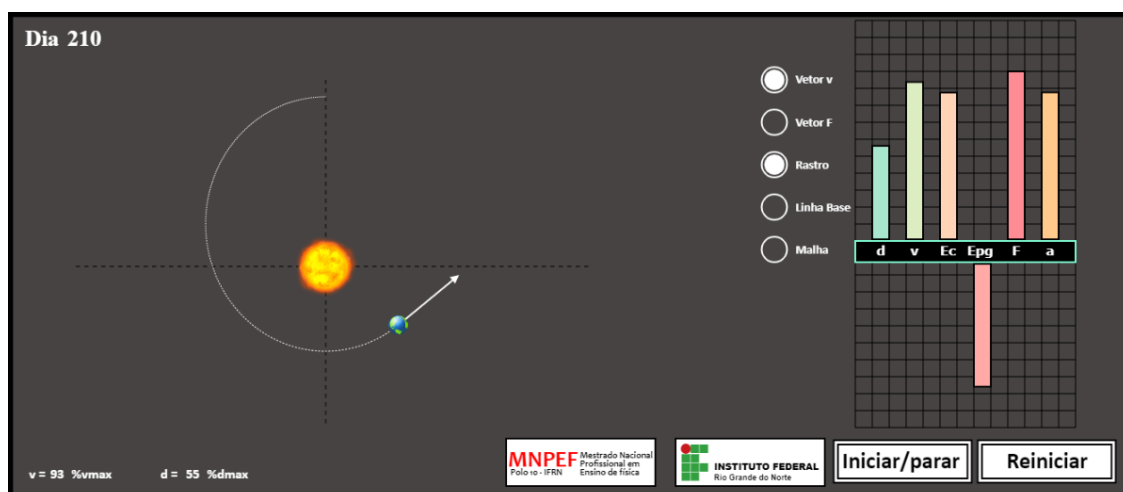
independente, podendo ser combinadas para as mais diversas possibilidades de análise, a depender da necessidade do aspecto abordado.

3.2 ÓRBITA PADRÃO

Para este simulador, e ao longo da escrita deste documento, considera-se como padrão a órbita que parte da posição original pré-determinada do corpo menor. Isto é, sem usar a função de arrasto, que será tratada na próxima sessão.

Para esta órbita, o simulador apresentará os textos informativos “Afélio” e “Periélio” quando o corpo se aproxima respectivamente das posições de máxima e mínima distância entre os centros dos dois corpos. Ainda nesta trajetória padrão, no canto inferior esquerdo, serão apresentados os valores percentuais de distância e velocidade, conforme Figura 6. Comparativamente aos valores máximos e mínimos destes parâmetros ao longo da órbita completa.

Figura 9: Órbita padrão



Fonte: Autoria própria

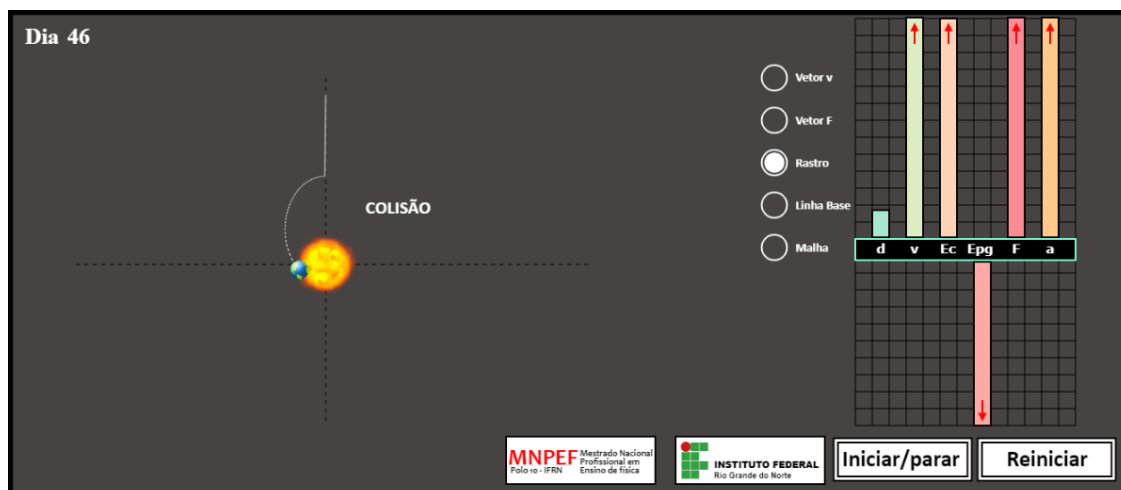
A órbita padrão foi determinada de maneira tal que, observada ao longo de uma órbita completa, não extrapola os limites de observação na região gráfica. Além disso, o ciclo executado neste formato, garante que não haja colisão entre os corpos envolvidos.

3.3 FUNÇÃO ARRASTO

Além destes botões de interação, o elemento representativo do corpo em órbita também configura um elemento de interação. Pelo ato de clicar e arrastar, podemos alterar a posição do corpo menor, permitindo analisar outras possibilidades de modelo de órbita. O usuário pode, desta maneira, iniciar a simulação com o planeta mais próximo ou mais distante do que ficou estabelecido pela órbita padrão. Ao utilizar este recurso ficam indisponíveis as informações percentuais, bem como os textos informativos de afélio e periélio.

Eventualmente, a depender da distância inicial escolhida, os corpos colidem. Na ocasião de colisão, demonstrada na Figura 7, a simulação cessa e surge um texto informativo sobre o evento.

Figura 10: Colisão



Fonte: Autoria própria

A princípio, o evento da colisão foi estabelecido no código para servir ao propósito da eventual curiosidade de um aluno que se pergunte o que ocorre se a distância for significativamente curta.

4 ROTEIRO / QUESTIONÁRIO

O simulador, atrelado a uma estratégia de abordagem, configuram o produto educacional proposto. O professor que decidir utilizar o simulador em sua sala de aula, tem total liberdade de criar e adaptar a aplicação a uma estratégia de abordagem coerente com os aspectos que deseja tratar e com a realidade de seu alunado. De todo modo, neste tópico será apresentado o formato de aplicação considerando a maneira como foi idealizado durante toda a implementação do código.

Na estratégia de aplicação idealizada neste projeto, o aluno acessa junto ao simulador um questionário, podendo este ser online ou físico, que objetiva ser um guia para as observações que devem ser feitas em cada etapa. As etapas foram pensadas de maneira a explorar todos os aspectos do movimento orbital, sendo escolhido uma sequência de observação que favoreça a compreensão plena da relação entre esses aspectos.

É importante que o professor aplicador do produto se certifique que os pré-requisitos para a compreensão de cada etapa já tenham sido trabalhados anteriormente com a turma. Por exemplo, para análise das energias na etapa 4, os alunos já devem conhecer o significado de energia cinética e energia potencial gravitacional.

O questionário inicia com uma apresentação geral do produto, que configura um convite para a atividade que será desenvolvida. Logo a seguir, o questionário está dividido em cinco etapas que podem ser aplicadas separadamente e em qualquer ordem, a depender da estratégia do professor aplicador.

4.1 APRESENTAÇÃO:

Olá, seja bem-vindo a esta aula.

Você sabe o que faz um astrônomo? Astronomia é a área da física que estuda uma grande variedade de corpos celestes e fenômenos que acontecem fora da Terra. Os astrônomos estudam astros como a lua, o sol, os planetas, cometas e galáxia, em buscar de entender um pouco melhor o universo em que vivemos. Uma grande parte do trabalho dos astrônomos consiste em observar o céu.

Na aula de hoje, você sentirá um gostinho do que é ser um astrônomo. Com o uso de um super simulador gravitacional, você terá que observar os aspectos da órbita de um planeta em relação ao sol. Os aspectos observados são semelhantes ao que acontece na vida real, com qualquer planeta do nosso sistema solar ou de qualquer outro.

Agora vamos lá! Acesse o link: <https://simuladordeorbitas.netlify.app> e abra o simulador.

À esquerda do simulador, é possível observar a região de simulação. É nesta área que você poderá visualizar o movimento do planeta, enquanto ele estiver em órbita em torno do sol.

No canto superior direito existe um contador de dias de órbita, que será muito útil nas nossas análises. Um pouco à direita da simulação você observa quatro botões que ativam/desativam recursos visuais que serão explorados na aula de hoje. Existe também a região dos gráficos, que tratam de alguns parâmetros importantes do movimento orbital e logo abaixo dois botões retangulares. O botão iniciar/parar permite que você pare e observe a situação em qualquer instante e o botão reiniciar retorna tudo para as configurações iniciais.

Ótimo! Agora que você já conhece os principais recursos do nosso simulador de órbitas gravitacionais, está pronto para iniciar as observações.

4.2 PRIMEIRA ETAPA: FORMATO DE ÓRBITA

Para visualizar a trajetória do planeta, podemos deixar ativo a função "rastro". Inicie a simulação e pause após um ciclo completo. Observando o desenho gerado com o caminho percorrido pelo planeta, responda.

- a) Quantos dias leva um ciclo deste planeta? Pense sobre este valor e escreva uma observação.
- b) Descreva suas observações sobre o formato gerado pelo caminho do planeta.

4.3 SEGUNDA ETAPA: VELOCIDADE

No simulador, você pode observar os valores da velocidade de translação do planeta pela barra correspondente " v " na área dos gráficos, pelo valor percentual descrito no canto inferior esquerdo ou simplesmente acompanhar o planeta ficando mais rápido ou mais devagar ao longo da órbita. Sobre esta velocidade, analise a simulação e responda:

- a) A velocidade muda ou permanece igual?
- b) Em que dia de órbita a velocidade atinge seu valor máximo?
- c) Em dia de órbita a velocidade atinge seu valor mínimo?
- d) Qual a relação entre a distância do planeta ao sol e a velocidade do planeta?

4.4 TERCEIRA ETAPA: ENERGIA CINÉTICA

Para analisar as variações de energia cinética ao longo da órbita, utilizaremos prioritariamente a área dos gráficos à direita da tela de simulação e os informativos percentuais de distância e velocidade no canto inferior esquerdo.

- e) A energia cinética referente ao movimento do planeta muda ou permanece igual?
- f) Em que momento de órbita a energia cinética é mais baixa?
- g) Em que momento de órbita a energia cinética é mais alta?
- h) Elabore um parágrafo relacionando os valores obtidos entre velocidade de

distância, comparando com os valores da energia cinética.

4.5 QUARTA ETAPA: ENERGIA POTENCIAL GRAVITACIONAL

Em virtude da atração gravitacional entre planeta e sol, fica contida uma energia que é diretamente proporcional à distância entre os corpos, denominada energia potencial gravitacional.

A barra representativa da energia potencial gravitacional está em posição invertida em relação a todas as outras barras. Isto ocorre por ela ter um valor negativo, considerando o potencial nulo em um ponto infinitamente distante do sol. Analise o comportamento desta barra ao longo da órbita e responda:

- a) A energia potencial gravitacional referente ao planeta muda ou permanece igual?
- b) Em dia momento de órbita a energia potencial gravitacional é mais baixa?
- c) Em que momento de órbita a energia potencial gravitacional é mais alta?
- d) Elabore um parágrafo relacionando os valores obtidos entre velocidade de distância, comparando com os valores da energia cinética nos mesmos momentos.

4.6 QUINTA ETAPA: FORÇA E ACELERAÇÃO

Nesta etapa, vamos analisar como se dá a força de interação gravitacional entre planeta e sol ao longo da órbita e a aceleração do planeta em cada instante. Os gráficos de coluna associados são os dois mais à direita, na região dos gráficos. Para esta análise, deixaremos ativas a função “vetor F”, que expressa o sentido e a direção da força gravitacional atuante sobre o planeta, e nos permite analisar comparativamente a sua intensidade, sendo ela proporcional ao tamanho do vetor. Este vetor aponta pra onde o planeta está sendo atraído, observando este vetor ao longo de uma órbita completa, responda:

- a) Pra onde o planeta está sendo atraído?
- b) Em que momento de órbita o vetor F atinge o seu valor máximo?
- c) Em que dia o vetor F atinge o seu valor mínimo?
- d) Qual a relação entre a distância do planeta ao sol e o valor da força F?

Referências

Filho, Geraldo Felipe de Souza Simulações Computacionais para o Ensino de Física Básica: Uma Discussão sobre Produção e Uso/ Geraldo Felipe de Souza