



MINICURSO DE ASTRONOMIA: UMA PROPOSTA DE ENSINO HÍBRIDO

Leonardo de Oliveira Peruqui

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Presidente Prudente, no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientadora:

Agda Eunice de Souza Albas

Presidente Prudente
2021

Leonardo de Oliveira Peruqui

MINICURSO DE ASTRONOMIA: UMA PROPOSTA DE ENSINO
HÍBRIDO

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Presidente Prudente, no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

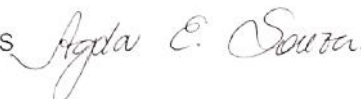
Presidente Prudente
2021

P471m	Peruqui, Leonardo de Oliveira Minicurso de Astronomia: uma proposta de ensino híbrido / Leonardo de Oliveira Peruqui. -- Presidente Prudente, 2021 167 p. Dissertação (Mestrado) - Programa de Mestrado Profissional em Educação Física em Rede Nacional – ProEF da Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente Orientador: Agda Eunice Souza 1. Astronomia. 2. Metodologias ativas. 3. Ensino híbrido. I. Título.
-------	---

ATA DA DEFESA PÚBLICA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE LEONARDO DE OLIVEIRA PERUQUI, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA, DA FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA.

Aos 29 dias do mês de setembro do ano de 2021, às 15:30 horas, por meio de Videoconferência, realizou-se a defesa de DISSERTAÇÃO DE MESTRADO de LEONARDO DE OLIVEIRA PERUQUI, intitulada **Minicurso de Astronomia: uma proposta de Ensino Híbrido**. A Comissão Examinadora foi constituída pelos seguintes membros: Profa. Dra. AGDA EUNICE DE SOUZA ALBAS (Orientador(a) - Participação Virtual) do(a) Departamento de Física / Faculdade de Ciências e Tecnologia de Presidente Prudente, Prof. Dr. ANGEL FIDEL VILCHE PENA (Participação Virtual) do(a) Departamento de Física / Faculdade de Ciências e Tecnologia de Presidente Prudente, Prof. Dr. ELTON APARECIDO PRADO DOS REIS (Participação Virtual) do(a) Toledo / Toledo Centro Universitário. Após a exposição pelo mestrando e arguição pelos membros da Comissão Examinadora que participaram do ato, de forma presencial e/ou virtual, o discente recebeu o conceito final: APROVADO _____. Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que após lida e aprovada, foi assinada pelo(a) Presidente(a) da Comissão Examinadora.

Profa. Dra. AGDA EUNICE DE SOUZA ALBAS

A handwritten signature in black ink, reading "Agda E. Souza", is written over the printed name of the professor.

Dedico este trabalho aos meus pais e família
à minha esposa
e aos meus futuros filhos

Agradecimentos

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

O tom de informalidade desta seção cria um vínculo quase que fraternal com este trabalho.

Agradeço à minha esposa Tamires, que sempre esteve ao meu lado me apoiando e dando forças para continuar.

Agradeço a minha orientadora Agda Eunice de Souza Albas, pela dedicação a este trabalho e sua fundamental orientação.

Agradeço a todos os professores que em algum momento estiveram em minha trajetória.

Agradeço aos meus pais pelo incentivo em prosseguir na minha vida acadêmica me dando apoio incondicionalmente.

Agradeço a todos os meus amigos que sempre me deram apoio emocional.

Agradeço a Interprete de Libras Isabela Marinho Menezes pelo auxílio com a transcrição em Libras.

Agradeço aos membros da minha equipe de “League of Legends” por compreenderem a minha necessidade com relação aos estudos.

Agradeço a todos os meus alunos, que com suas dificuldades me mostraram que posso ser um profissional melhor a cada dia que passa.

Agradeço a todos os cientistas que com sua dedicação e competência construíram, e ainda constroem a Física que conhecemos.

Agradeço a quem fez parte da minha vida de alguma maneira.

Somos lutadores pela liberdade
Deixe uma revolução soar
É hora de ficar em pé sem armas
Estamos retomando o futuro começando agora
(Freedom Fighters – SCANDAL)

RESUMO

Este trabalho propõe o desenvolvimento de um minicurso de Astronomia utilizando o ensino híbrido. Parte deste minicurso foi preparado para ser oferecido na modalidade EaD, em que são oferecidos materiais teóricos e atividades *on-line*, além de videoaulas que os alunos poderão acessar em lugares alternativos e momentos adequados à sua rotina. Também, são oferecidas aulas experimentais que podem ocorrer na modalidade presencial. Embora a proposta seja para um ensino híbrido, a aplicação deste trabalho ocorreu âmbito totalmente remoto, devido ao distanciamento social ocasionado pela pandemia do COVID-19, mostrando, portanto, uma versatilidade quanto à sua metodologia de aplicação. Neste contexto, pode-se dizer que os encontros com os alunos podem ser tanto presenciais, seguindo a proposta original do produto educacional, quanto à distância, como mostrado neste trabalho, com a coleta de dados apresentada. A proposta deste trabalho é, portanto, combinar metodologias ativas para direcionar o minicurso, que, por sua vez, poderá ser utilizado pelo professor de Física para ser aplicado em qualquer série do Ensino Médio. Os resultados de aplicação deste trabalho foram satisfatórios, dadas as circunstâncias de sua aplicação. As aulas previstas para serem presenciais, e, que ocorreram de forma remota, não prejudicou a proposta inicial, de acordo com a concepção dos alunos participantes. Com isso, pode-se dizer que a proposta de um minicurso de ensino híbrido de Astronomia pode ser desenvolvida em qualquer ambiente e para vários públicos das escolas de Ensino Médio, ou até mesmo para o ensino Superior.

Palavras chaves: Astronomia, metodologias ativas, ensino híbrido

ABSTRACT

This work proposes the development of a short course in Astronomy using hybrid teaching. Part of this short course was prepared to be offered in the EaD modality, in which theoretical materials and online activities are offered, as well as video classes that students can access in alternative places and at times suitable for their routine. Also, experimental classes are offered that can take place in the classroom mode. Although the proposal is for a hybrid teaching, the application of this work occurred in a completely remote context, due to the social distance caused by the COVID-19 pandemic, showing, therefore, a versatility in terms of its application methodology. In this context, it can be said that the meetings with students can be either in person, following the original proposal of the educational product, as to the distance, as shown in this work, with the data collection presented. The purpose of this work is, therefore, to combine active methodologies to direct the short course, which, in turn, can be used by the Physics teacher to be applied in any high school grade. The application results of this work were satisfactory, given the circumstances of its application. The classes planned to be in person, and which took place remotely, did not affect the initial proposal, according to the conception of the participating students. With this, it can be said that the proposal of a short course for hybrid teaching of Astronomy can be developed in any environment and for various publics in high schools, or even for higher education.

Keywords: Astronomy, active methodologies, hybrid teaching

Sumário

1.	Introdução	15
2.	Objetivos (geral e específicos)	17
3.	Referencial Teórico	18
3.1	Teoria de aprendizagem de Vygotsky	18
3.2	Metodologias ativas	26
3.2.1	Projetos e Problemas	26
3.2.2	Estudo de Caso	27
3.2.3	Atividade em Time	28
3.2.4	Gamificação.....	29
3.2.5	Ensino Híbrido e Sala de Aula Invertida	30
3.3	Experimentação no Ensino de Física.....	34
4.	Astronomia	36
4.1	Universo e seus elementos.....	36
4.2	Sistema Solar	41
4.3	Leis de Kepler.....	43
4.4	Gravidade.....	45
5.	Metodologia.....	48
5.1	Montagem do Minicurso Híbrido	48
5.2	Questionário de Opinião	51
5.3	Aplicação do Minicurso de Astronomia.....	51
6	Resultados e Discussão.....	54
6.1	Participação dos alunos	54
6.2	Desenvolvimento do Minicurso.....	55
6.2.1	Desenvolvimento das aulas remotas.....	57
6.2.2	Análise das atividades realizadas pelos alunos.....	65
6.3	Avaliação do Minicurso.....	80

7. Considerações finais	86
Referências Bibliográficas	88
Apêndice 1: Questionários aplicados das aulas online	93
Apêndice 2. Pesquisa de satisfação sobre o minicurso	100
Apêndice 3: Produto Educacional	102

Lista de Figuras

FIGURA 1: ZONA DE DESENVOLVIMENTO PROXIMAL.....	24
FIGURA 2: REPRESENTAÇÃO ARTÍSTICA VIA LÁCTEA	38
FIGURA 3: REPRESENTAÇÃO ARTÍSTICA ESTRELAS.....	39
FIGURA 4: REPRESENTAÇÃO ARTÍSTICA PLANETAS DO SISTEMA SOLAR	39
FIGURA 5: A LUA	40
FIGURA 6: REPRESENTAÇÃO ARTÍSTICA – COMETA	40
FIGURA 7: MOVIMENTO RETRÓGRADO DE MARTE	43
FIGURA 8: ÓRBITA ELÍPTICA COM O SOL EM UM DOS FOCOS	44
FIGURA 9: SEGUNDA LEI DE KEPLER – LEI DAS ÁREAS.....	44
FIGURA 10: SEGUNDA LEI DE KEPLER – LEI DAS ÁREAS.....	46
FIGURA 11: (A) CABINE EM REPOUSO NA TERRA. (B) CABINE SENDO ACELERADA PELO ESPAÇO INTERSTELAR	47
FIGURA 12: DEFORMAÇÃO DO TECIDO DO ESPAÇO-TEMPO.....	47
FIGURA 13: GRAVAÇÃO DAS VIDEOAULAS	49
FIGURA 14: PLATAFORMA <i>GOOGLE</i> SALA DE AULA.....	50
FIGURA 15: FOLDER DE DIVULGAÇÃO DO MINICURSO DE ASTRONOMIA	53
FIGURA 16: ALUNOS INSCRITOS NA PLATAFORMA <i>GOOGLE CLASSROOM</i>	55
FIGURA 17: REPRESENTAÇÃO DE UMA GALÁXIA DESENHADA SOBRE UMA BEXIGA.	57
FIGURA 18: REALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO JUNTAMENTE COM OS ALUNOS.	58
FIGURA 19: UTILIZAÇÃO DO SOFTWARE <i>STELLARIUM</i>	59
FIGURA 20: VISUALIZAÇÃO DE VÊNUS NO <i>STELLARIUM</i>	59
FIGURA 21: ALTERAÇÃO DE LOCALIDADE NO <i>STELLARIUM</i>	60
FIGURA 22: POSIÇÃO DE MARTE, 03/02/2021 ÀS 14:03:22 VISUALIZADA NO <i>STELLARIUM</i>	61
FIGURA 23: POSIÇÃO DE MARTE 02/06/2021 ÀS 13:03:53 VISUALIZADA NO <i>STELLARIUM</i>	61
FIGURA 24: SIMULADOR <i>PLANETARY ORBIT SIMULATOR</i>	62
FIGURA 25: PARÂMETROS PRIMEIRA LEI DE KEPLER <i>PLANETARY ORBIT SIMULATOR</i>	63
FIGURA 26: SEGUNDA LEI DE KEPLER <i>PLANETARY ORBIT SIMULATOR</i>	63
FIGURA 27: ATIVIDADE PRÁTICA TERCEIRA LEI DE KEPLER	64
FIGURA 28: EXPERIMENTO VISUAL DEFORMAÇÃO DO ESPAÇO-TEMPO.....	65
FIGURA 29: CERTIFICADO OFERECIDO AOS PARTICIPANTES DO MINICURSO DE ASTRONOMIA.....	85
FIGURA 30. QUESTIONÁRIO PRIMEIRA AULA ONLINE PARTE 1.	93
FIGURA 31. QUESTIONÁRIO PRIMEIRA AULA ONLINE PARTE 2	94
FIGURA 32. QUESTIONÁRIO SEGUNDA AULA ONLINE	95
FIGURA 33. QUESTIONÁRIO TERCEIRA AULA ONLINE PARTE 1.....	96
FIGURA 34. QUESTIONÁRIO TERCEIRA AULA ONLINE PARTE2.....	97
FIGURA 35. QUESTIONÁRIO QUARTA AULA ONLINE PARTE 1.	98
FIGURA 36. QUESTIONÁRIO QUARTA AULA PARTE 2.	99
FIGURA 37. PESQUISA DE SATISFAÇÃO PARTE 1.....	100
FIGURA 38. PESQUISA DE SATISFAÇÃO PARTE 2.....	101

Lista de Gráficos

GRÁFICO 1: RELAÇÃO DE ALUNOS INSCRITOS POR CURSO	54
GRÁFICO 2: RESPOSTA DOS ALUNOS QUANTO AO NÍVEL DE DIFICULDADE DO MINICURSO.	81
GRÁFICO 3: RESPOSTA DOS ALUNOS QUANTO AO MATERIAL DISPONIBILIZADO	81
GRÁFICO 4: RESPOSTA DOS ALUNOS QUANTO À ESTRUTURA DAS AULAS ON-LINE	82

Lista de Quadros

QUADRO 1: CRONOGRAMA DE DESENVOLVIMENTO DO MINICURSO	56
QUADRO 2. RESPOSTAS DA QUESTÃO 1 DA PRIMEIRA AULA.....	66
QUADRO 3. RESPOSTAS DA QUESTÃO 2 DA PRIMEIRA AULA.	67
QUADRO 4. RESPOSTAS QUESTÃO 3 DA PRIMEIRA AULA.....	67
QUADRO 5. RESPOSTAS DA QUESTÃO 4 DA PRIMEIRA AULA.	68
QUADRO 6. RESPOSTAS DA QUESTÃO 1 DA SEGUNDA AULA.	69
QUADRO 7. RESPOSTAS DA QUESTÃO 2 DA SEGUNDA AULA.	70
QUADRO 8. RESPOSTA 3 DA SEGUNDA AULA.	71
QUADRO 9. RESPOSTAS DA QUESTÃO 1 DA TERCEIRA AULA.	72
QUADRO 10. RESPOSTAS DA QUESTÃO 2 DA TERCEIRA AULA.	73
QUADRO 11. RESPOSTAS DA QUESTÃO 3 DA TERCEIRA AULA.	74
QUADRO 12. RESPOSTAS DA QUESTÃO 4 DA TERCEIRA AULA.	75
QUADRO 13. RESPOSTAS DA QUESTÃO 5 DA TERCEIRA AULA	75
QUADRO 14. RESPOSTAS DA QUESTÃO 6 DA TERCEIRA AULA.	76
QUADRO 15. RESPOSTAS DA QUESTÃO 1 DO DA QUARTA AULA	78
QUADRO 16. RESPOSTAS DA QUESTÃO 2 DA QUARTA AULA	78
QUADRO 17. RESPOSTAS DA QUESTÃO 3 DA QUARTA AULA	79
QUADRO 18. RESPOSTAS DA QUESTÃO 4 DA QUARTA AULA.	79
QUADRO 19: OPINIÃO DOS ALUNOS QUANTO AOS EXPERIMENTOS MOSTRADOS NAS AULAS ON-LINE.....	83
QUADRO 20. SUGESTÕES DOS ALUNOS PARA MELHORAR O MINICURSO OFERECIDO	83

1. Introdução

O Ensino de Física no Brasil sempre foi pragmático e matematizado. O primeiro contato do aluno com a Física estruturada ocorre no Ensino Médio, embora, em algum momento anterior possa ter ocorrido alguma interação com termos ou conceitos básicos que são tratados na disciplina.

Talvez, não se leve em conta o conhecimento que o aluno trás consigo. Segundo Villani, “[...] a mente dos alunos, para todos os efeitos práticos, é uma “tábula rasa” em Física. Tanto faz se ele desconhece totalmente o assunto a ser tratado, ou se já tem ideias distorcidas a respeito, ou se tem alguma noção vaga, porém correta.” (VILLANI, 1984).

Em geral, quando o professor aborda novos conceitos em sala de aula, é comum considerar um nivelamento dos alunos, partindo do nível mais baixo, ou seja, como se todos tivessem um total desconhecimento dos assuntos e o professor fosse o único detentor da verdade.

O uso de novas metodologias para o Ensino é uma maneira de “fugir” desse pragmatismo. Claro, deve-se sempre manter um equilíbrio entre as metodologias para que o aluno tenha uma autonomia em seu aprendizado.

Moreira cita “julgo que é um erro ensinar Física sob um único enfoque, por mais atraente e moderno que seja. Por exemplo, ensinar Física somente sob a ótica do cotidiano é uma distorção porque, em boa medida, aprender Física é, justamente, libertar-se do dia-a-dia.” (MOREIRA, 2000).

O uso de metodologias ativas pode vir a ser bastante útil para o Ensino de Física. As instituições que não são avessas às mudanças, procuram metodologias que se encaixam em seu perfil, e, permitem que os professores as apliquem rotineiramente em sala de aula. Morán cita modelos de “[...] metodologias ativas como o ensino por projetos de forma mais interdisciplinar, o ensino híbrido ou *blended* e a sala de aula invertida.” (MORÁN, 2015). E outras mais inovadoras “[...] disruptivos, sem disciplinas, que redesenham o projeto, os espaços físicos, as metodologias, baseadas em atividades, desafios, problemas, jogos e onde cada aluno aprende no seu próprio ritmo...” (MORÁN, 2015).

Neste trabalho, será descrita a utilização de duas metodologias ativas que consistirão na base fundamental para a elaboração do produto educacional: o ensino híbrido, e a sala de aula invertida.

O ensino híbrido utiliza-se de elementos distintos, segundo Castro, “no sentido figurado o termo “híbrido” é caracterizado por aquilo que foi composto por elementos diferentes” (CASTRO, 2015).

Segundo Horn e Staker, em seu livro *Blended: Usando a inovação disruptiva para aprimorar a educação*, a definição de ensino híbrido é:

Ensino híbrido é qualquer programa educacional formal no qual um estudante aprende, pelo menos em parte, por meio do ensino on-line, com algum elemento de controle dos estudantes sobre o tempo, o lugar, o caminho e/ou ritmo. (HORN, STAKER, 2015. p. 34).

O ensino híbrido trata de uma educação formalizada, tal qual, da educação tradicional e presencial. É acrescido o elemento “on-line” que não deve ser confundido como apenas uma atividade que o aluno realiza em alguma plataforma digital.

O ensino híbrido, por vezes, é bastante semelhante à sala de aula invertida. Na metodologia de sala de aula invertida ou *flipped classroom*, o aluno tem acesso ao conteúdo a ser aprendido antes do contato com o professor em sala de aula.

Segundo Valente:

No ensino tradicional a sala de aula serve para o professor transmitir informação para o aluno que, após a aula, deve estudar e ser avaliado. Nesta nova abordagem, o aluno estuda antes da aula e a aula se torna um lugar de aprendizagem ativa, onde há perguntas, discussões e atividades práticas. O professor trabalha as dificuldades dos alunos, ao invés de apresentações sobre o conteúdo da disciplina (VALENTE, 2013).

A proposta deste trabalho é a construção de um minicurso de Astronomia utilizando diversas ferramentas educacionais. Por meio da plataforma digital *google classroom* os alunos terão acesso ao conteúdo on-line. Nessa plataforma, serão disponibilizadas, aos alunos, atividades que serão feitas on-line, sendo monitoradas pelo professor e pelos tutores. Na plataforma estará disponível o documento da aula, assim como, videoaulas realizadas pelo autor deste trabalho.

A grande vantagem da utilização de plataformas virtuais é a possibilidade de melhorar a capacidade de visualização de determinado conteúdo, seja a Astronomia, que é o tema deste trabalho, ou até mesmo outros conteúdos de Física.

Tal ferramenta vem como uma aliada do professor de Física, principalmente na ideia da otimização do tempo em sala de aula, afinal, no currículo do Estado de São Paulo o professor de Física dispõe de duas aulas semanais, e a utilização do Ensino Híbrido faz com que o conteúdo possa ser mais bem aproveitado.

A parte presencial do minicurso será realizada de forma totalmente prática, onde os alunos utilizarão o conhecimento adquirido previamente para a realização. Com a prática, espera-se que os alunos possam reforçar o conteúdo aprendido.

O foco para utilização do minicurso são os alunos da Educação Básica, mas, é mais apropriado aos alunos do Ensino Médio, tendo em vista que, parte do conteúdo pode exigir maior de abstração e bagagem matemática, característico dos alunos que estão neste nível de ensino.

2. Objetivos (geral e específicos)

O objetivo geral deste trabalho é utilizar metodologia ativa de ensino para a criação de um minicurso híbrido de Astronomia para alunos de Educação Básica.

Tem-se como objetivos específicos: melhorar a compreensão dos alunos sobre conceitos básicos de Astronomia; relacionar diferentes ferramentas didáticas para o ensino; demonstrar conceitos matemáticos por meio de experimentos práticos; utilizar atividades experimentais para exemplificar conceitos físicos.

Espera-se alcançar, com este trabalho, um aumento de interesse pela ciência, mais especificamente, pela Física, por parte dos alunos; uma maior compreensão da Astronomia e a possibilidade de novas aplicações da ferramenta que será disponibilizada aos professores.

3. Referencial Teórico

Neste capítulo será tratado o principal referencial sobre teoria de aprendizagem que serviu de base para a criação do produto educacional. Serão mostradas as principais metodologias ativas de ensino, dando enfoque às metodologias que foram utilizadas no produto.

3.1 Teoria de aprendizagem de Vygotsky

A teoria de aprendizagem sociocultural de Vygotsky é aquela que mais adequada a este trabalho, pois se fundamenta, basicamente, em uma interação entre indivíduos. Tal interação se dará na parte experimental da aplicação da atividade, em que ocorrerá a mediação por parte do professor.

Segundo Van der Veer, “Lev Semyonovich Vygotsky nasceu em 05 de novembro de 1896, em Orsha, uma cidade provinciana nas proximidades de Minsk. Pouca coisa foi publicada sobre sua infância e juventude”. De acordo com o autor, “Vygotsky foi o segundo de uma família de oito filhos. Seus pais eram membros bem instruídos de uma comunidade judaica de Gomel” (VAN DER VEER, 1996, p. 17). Também, “Vygotsky recebeu sua instrução inicial com professores particulares e, mais tarde, frequentou as duas turmas mais adiantadas do *Gymnasium* judeu particular em Gomel, graduando-se com medalha de ouro, em 1913” (VAN DER VEER, 1996, p. 19).

Mesmo com toda sua genialidade, Vygotsky precisou contar com a sorte para poder continuar seus estudos. Van der Veer conta que “[...] a Rússia czarista decretou uma cota para admissão de judeus em suas instituições de ensino superior..., foi um golpe violento para Vygotsky..., por sorte, ele foi um dos felizardos e começou a estudar na Universidade de Moscou” (VAN DER VEER, 1996, p. 19).

Talvez o mais admirável na obra de Vygotsky seja o fato dele ter vivido tão pouco e ter feito um trabalho tão magnífico. Segundo Rego, “Vygotsky viveu apenas 38 anos. Morreu de tuberculose em 1934. Apesar de breve sua produção intelectual foi extremamente intensa e relevante: chegou a elaborar cerca de 200 estudos científicos sobre diferentes temas...” (REGO, 2013).

Introduzimos ao leitor uma breve história sobre o nosso referencial, nosso enfoque maior está em sua teoria, por isso, falaremos mais dela do que do autor da obra propriamente dito.

Segundo Marques, “o impacto de Vygotsky nos meios educacionais ocidental foi tremendo e talvez só seja comparado à influência e popularidade de Jean Piaget” (MARQUES, 2007).

Segundo Moll (1990) mostra que Vygotsky considerava a capacidade de ensinar e beneficiar-se com a instrução, um atributo fundamental dos seres humanos.

A contribuição primordial de Vygotsky foi desenvolver uma abordagem geral que inseria totalmente a educação, como atividade humana fundamental, numa teoria do desenvolvimento psicológico. A pedagogia humana, em todas as suas formas, é a características definidora de sua abordagem, o conceito central de seu sistema (MOLL, 1990 p. 15, apud DANIELS, 2003, p. 11).

Segundo Marques, “[...] tanto Vygotsky, como Piaget, partilham a visão construtivista, assente na ideia de que a única aprendizagem significativa é a que ocorre através da interação entre o sujeito, o objeto e outros sujeitos (colegas e professores)” (MARQUES, 2007).

Mesmo ambos, Piaget e Vygotsky, tendo uma mesma visão construtivista têm-se diferenças entre suas ideias. Segundo Marques:

O que verdadeiramente distingue Vygotsky de Piaget é a descrença do primeiro em relação a uma hierarquia de estágios do desenvolvimento cognitivo tão estanque e determinista como a que Piaget desenvolveu. Vygotsky, à semelhança do que mais tarde faria Jerome Bruner, dá, igualmente, maior relevo aos contextos culturais e ao papel da linguagem no processo de construção de conhecimento e de desenvolvimento cognitivo (MARQUES, 2007).

A distinção entre as ideias de Piaget e Vygotsky acaba ficando mais clara se passarmos a compreender o modo como ambos pensam o desenvolvimento cognitivo. Segundo Moreira, “diferentemente de Piaget, que supõe a equilibração como um princípio básico para explicar o desenvolvimento cognitivo, Lev Vygotsky parte da premissa que esse desenvolvimento não pode ser entendido sem referência ao contexto social e cultural no qual ele ocorre” (MOREIRA, 1999, p. 107).

Basicamente, a teoria de Vygotsky se firma sobre três pilares. O primeiro pilar é de que os processos mentais tem origem em processos sociais. O segundo é que os processos mentais só podem ser compreendidos se os signos que os mediam também forem e o terceiro é sobre o método genético-experimental (MOREIRA, 1999).

Segundo Marques, “Vygotsky defende que a criança aprende melhor quando é confrontada com tarefas que impliquem um desafio cognitivo não muito discrepante, ou

seja, que se situem naquilo que o psicólogo soviético chama de zona de desenvolvimento próximo” (MARQUES, 2007).

Ao utilizar as teorias de Vygotsky o professor, ou mediador, deve-se estar atento para criar um ambiente, ao sujeito que ele queira ensinar, que seja o mais apropriado ao seu nível de desenvolvimento.

Firmando sobre os três pilares, no ambiente deve ocorrer uma interação social com outros sujeitos e com o objeto, os sujeitos serão os indivíduos que estão desenvolvendo o conhecimento e os mediadores. Além da interação social os indivíduos devem compreender a relação entre os instrumentos e signos.

Segundo Moreira, “para Vygotsky, os processos mentais superiores têm origem em processos sociais; o desenvolvimento cognitivo do ser humano não pode ser entendido sem referência ao meio social” (MOREIRA, 1999, p.108).

Contudo, não são somente as relações sociais que se converterão em funções mentais, há a necessidade de um indivíduo que faça uma ligação entre as interações sociais e as funções mentais, esse indivíduo é o mediador.

Segundo Moreira, “é pela mediação que se dá a internalização (reconstrução interna da operação externa) de atividades e comportamentos sócio-históricos e culturais [...]” (GARTON, 1992, p. 89 apud MOREIRA, 1999, p.89).

Somente a interação social não se converte em funções mentais, ou seja, tal relação não é direta, mas deve ser realizada por mediação. *E como é realizada essa mediação?* É realizada por meio de instrumentos e signos.

Segundo Moreira, “um instrumento é algo que pode ser usado para fazer alguma coisa; um signo é algo que significa alguma outra coisa” (MOREIRA, 1999, p.109).

Pode ter ficado confuso ao leitor, para ficar mais claro veremos um exemplo: o símbolo matemático para adição é uma cruz (+), logo, tal signo representa a soma de objetos, ou seja, a cruz, na matemática representa outra coisa. O símbolo pode mudar o seu significado dependendo do contexto ao qual está inserida, em um contexto religioso, a cruz, semelhante ao símbolo matemático terá um significado diferente da adição.

Temos as definições para cada tipo de símbolo. Segundo Moreira, temos três tipos de símbolos:

- 1) indicadores, são aqueles que têm uma causa e efeito com aquilo que significam (e. g., fumaça indica fogo, porque é causada por fogo);
- 2) icônicos, são imagens ou desenhos daquilo que significam;
- 3) simbólicos, são os que têm uma relação abstrata com o que significam (MOREIRA, 1999, p.109)

O nosso exemplo do símbolo matemático para adição é um exemplo de signo simbólico, ou seja, ele tem uma representação abstrata com o que significa. A matemática é toda feita por signos, assim como, toda linguagem escrita e falada.

A grande diferença entre os seres humanos e os outros animais é justamente a abstração em relação ao uso de ferramentas. Não é exclusivo do ser humano, pois, de fato, alguns animais utilizam ferramentas como pedras e galhos, porém, os seres humanos conseguiram expandir criando sistemas de símbolos, e atribuindo-lhes significados abstratos.

Podemos ir além, imagine caro leitor uma situação hipotética em que tenhamos contato com uma civilização alienígena, diferente dos animais terráqueos. Imagine que tal civilização fosse dotada de inteligência igual ou superior a nossa. Caso mostrássemos a eles toda a nossa matemática desenvolvida ao longo de séculos e dotada de símbolos de nada adiantaria se não fosse demonstrado, também, todo o significado de tal simbologia.

Segundo Moreira, “a combinação do uso de instrumentos e signos é característica apenas do ser humano e permite o desenvolvimento de funções mentais ou processos biológicos superiores” (MOREIRA, 1999, p.109).

Ao longo do processo de evolução sócio-histórico e cultural dos seres humanos foram se adquirindo instrumentos e símbolos e foram internalizando-os, justamente através das interações sociais. Segundo Garton:

Uma definição de interação social implica um mínimo de duas pessoas intercambiando informações. (O par, ou díade, é o menor microcosmo de interação social.) Implica também um certo grau de reciprocidade e bidirecionalidade entre os participantes. Ou seja, a interação social supõe envolvimento ativo (embora não necessariamente no mesmo nível) de ambos os participantes desse intercâmbio, trazendo a eles diferentes experiências e conhecimentos, tanto em termos qualitativos como quantitativos. (GARTON, 1992, p. 11 *apud* MOREIRA, 1999, p. 110).

É praticamente impossível uma criança crescer sem interação social, salvo em casos isolados, sempre ocorre uma interação da criança com seus pais ou com crianças da mesma idade. O mesmo ocorre com jovens e adultos, as interações sociais são constantes, salvo as exceções. Por intermédio dessas interações ao longo da vida, o ser humano adquire conhecimento e internaliza tal aquisição. Porém, em diversas vezes o indivíduo pode se deparar com algo que ele necessita compreender o significado.

Vamos a um exemplo para compreender a importância de se obter o significado para internalizar determinado conhecimento a respeito de um signo. O leitor observa a

seguinte palavra “テーブル”, que pode ser desconhecida, levanta-se alguma hipótese que a mesma deva ser de origem oriental. O ávido leitor procura métodos para compreender a palavra e, finalmente, após uma longa procura, descobre que a palavra é japonesa, se pronúncia (teeburu), e significa “mesa” no idioma português.

Ambas as palavras, tanto no idioma japonês, quanto no português, se referem a um mesmo objeto. Quando se lê, ou se ouve a palavra “mesa”, socialmente está acordado que este signo linguístico significa o que há de regularidade em uma quantidade infinita de objetos (MOREIRA, 1999, p.110).

Diferentes culturas possuem diferentes signos. Um gesto, por exemplo, pode significar algo bom em uma cultura e ser obsceno em outra.

A importância do significado faz com que algo, como palavra, gesto ou símbolo, tenha sentido para aquele indivíduo. Moreira exemplifica que:

Para uma criança pequena, apontar para um objeto pode ser, inicialmente, nada mais que uma tentativa de pegar esse objeto. Mas no momento que alguém (interação social) pega o objeto e dá à criança ou, de alguma maneira, faz com que a criança alcance o objeto, o ato de apontar começa a ter significado para ela (MOREIRA, 1999, p. 111).

Inicialmente o gesto não possuía significado algum para o indivíduo. Após o objetivo da criança ter sido alcançado, aquele gesto passou a ter significado, logo vemos que o gestual é o primeiro método de interação social da criança.

A internalização de um signo é a compreensão de seu significado para aquela determinada cultura. Segundo Moreira, “para internalizar signos, o ser humano tem que captar os significados já compartilhados socialmente, ou seja, tem que passar a compartilhar significados já aceitos no contexto social em que se encontra” (MOREIRA, 1999, p.111).

Porém, só é possível que determinado signo seja internalizado se houver a mediação de outra pessoa, nesse aspecto, o papel do mediador é fundamental para o desenvolvimento da função mental do indivíduo alvo do aprendizado.

Após a comunicação por gestos, a criança começa o aprendizado da fala. Segundo Moreira, “para Vygotsky, a linguagem é o mais importante sistema de signos para o desenvolvimento cognitivo da criança, porque a libera dos vínculos contextuais imediatos” (MOREIRA, 1999, p. 112).

A importância da fala é justamente o fato que ela permite o afastamento do objeto concreto. Ainda segundo Moreira, “o domínio da linguagem abstrata,

descontextualizada, flexibiliza o pensamento conceitual e proposicional” (DRISCOLL, 1995, p. 238, *apud* MOREIRA, 1999, p.112).

Se voltarmos ao nosso exemplo da “mesa”, a criança aprende o conceito associando a palavra ao objeto, tendo sido ensinado por um mediador. Logo o signo linguístico “mesa” passa a ter um significado para a criança, o conceito então é formado.

Para Vygotsky, como resultado de tal mediação, o pensamento verbal se desenvolve. Vygotsky expressou isso parafraseando palavras do Fausto, ao invés de usar a expressão bíblica “no início eram as palavras”, Goethe escreve “no início eram os atos” (VYGOTSKY, 1997, p. 25).

Para Vygotsky, “no problema da gênese do pensamento, a ênfase lógica é transferida para as palavras “no início”. Portanto, *no início* era o ato (atividade prática), que foi mediada pela palavra” (VYGOTSKY, 1997, p. 25).

Temos a ação em si precedendo a linguagem, parecem que ambos são distintos, principalmente nas fases iniciais do desenvolvimento da criança. Segundo Moreira:

A inteligência prática se refere ao uso de instrumentos e a inteligência abstrata, à utilização de signos e sistema de signos, dos quais a linguagem é o mais importante para o desenvolvimento cognitivo. Embora a inteligência prática e a fala se desenvolvam separadamente nas primeiras fases da vida da criança, elas convergem. A primeira manifestação desta convergência ocorre quando a criança começa a falar enquanto resolve um problema prático (GARTON, 1992, p.93 *apud* MOREIRA, 1999, p. 113).

Tal qual a ação, a fala é de extrema importância para o desenvolvimento das funções mentais da criança. Em algum momento, você deve ter se deparado com alguma criança conversando sozinha enquanto brincava, é o que se chama de fala egocêntrica. Para Vygotsky, “a fala egocêntrica é o uso da linguagem para controlar e regular o comportamento da criança e não reflete pensamento egocêntrico” (MOREIRA, 1999, p.113).

Conseguimos perceber que a compreensão e a internalização de signos são de suma importância para o desenvolvimento cognitivo da criança e a linguagem é o sistema de signo mais importante.

O desenvolvimento da criança sempre passa por momentos em que a criança possa desenvolver uma capacidade cognitiva mais avançada, ou seja, seria uma divisão de estágios, sendo um deles, aquilo que a criança já sabe e outro aquilo que ela possa vir a aprender.

Entre tais estágios se situa, o que é chamado por Vygotsky, a *zona de desenvolvimento proximal*. Vygotsky define a zona de desenvolvimento proximal como:

A distância entre o nível de desenvolvimento cognitivo real do indivíduo, tal como medido por sua capacidade de resolver problemas independentemente, e o seu nível de desenvolvimento potencial, tal como medido por meio da solução de problemas sob orientação (de um adulto, no caso de uma criança) ou em colaboração com companheiros mais capazes (VYGOTSKY, 1988, p. 87 *apud* MOREIRA, 1999, p.114).

Um exemplo simples que podemos tomar para entender tal conceito é imaginarmos uma ponte, de um lado da ponte estaria a zona de desenvolvimento real, do outro lado estaria a zona de desenvolvimento potencial, e, a ponte seria a zona de desenvolvimento proximal, como ilustra a Figura 1.

Figura 1: Zona de Desenvolvimento Proximal



Fonte: Revista Educação Pública - CECIERJ

E, justamente, a mediação fará com que o sujeito venha a alcançar o potencial conhecimento. Segundo Moreira, “a interação social que provoca a aprendizagem deve ocorrer dentro da zona de desenvolvimento proximal; mas, ao mesmo tempo, tem um papel importante na determinação de limites dessa zona” (MOREIRA, 1999, p. 115).

Para Vygotsky o processo era mais importante do que o resultado final. Em sua pesquisa ele empregou três técnicas, como relata Moreira:

A primeira envolvia a introdução de obstáculos que perturbavam o andamento normal da solução de um problema. Por exemplo, no estudo da fala egocêntrica, solicitar o trabalho cooperativo de crianças que falavam línguas diferentes. A segunda técnica envolvia o fornecimento de recursos externos para a solução de um problema, mas que podiam ser usados de diversas maneiras. Finalmente, na terceira, as crianças eram solicitadas a resolver problemas que excediam seus níveis de conhecimento e habilidades (DRISCOLL, 1995, p. 226 *apud* MOREIRA, 1999, p. 114).

É importante destacar que as três técnicas não enfatizavam o resultado final, mas sim o processo.

Vamos ver, portanto, o processo de formação de conceitos estudado por Vygotsky.

O primeiro desses processos de formação é chamado de *agregação desorganizada, ou amontoado*. Como o próprio nome diz, a criança agrupa os objetos de forma desorganizada, por meras suposições subjetivas, coisa que um adulto resolveria com a formação de um conceito. Relata Moreira, nesta fase, que o significado do signo é estendido de maneira difusa e não diferenciada a objetos naturalmente relacionados entre si, mas ocasionalmente relacionados na percepção da criança (MOREIRA, 1999, p. 116).

A segunda fase é chamada de *pensamentos por complexo*. Nesta fase, diminui-se a subjetividade da criança e passa a ter uma maior relação entre os objetos em si. Segundo Gaspar:

Há nesta fase uma sequência de estágios que se sucedem em função das relações estabelecidas entre objetos – *associativa*, ligada a atributos comuns; *de coleções*, relacionadas a atributos complementares; *em cadeia*, em que associações, feitas a partir de sequências de atributos (cores, formas, tamanhos etc.), levam ao estágio do complexo difuso quando esses atributos vão sendo modificados de forma vaga, flutuante e aparentemente ilimitada (GASPAR, 1994, *apud* MOREIRA, 1999, p. 117).

A terceira fase é chamada de *conceitos potenciais*. Essa fase, em até certo ponto, está presente nas fases iniciais de desenvolvimento da criança. Tal fase requer uma compreensão dos traços de abstração que, por vezes, acaba se perdendo rapidamente por outros traços. Segundo Vygotsky:

Nos conceitos potenciais propriamente ditos, os traços abstraídos não se perdem tão facilmente, mas o verdadeiro conceito só aparece quando os traços abstraídos são sintetizados e a síntese abstrata resultante passa a ser o principal instrumento do pensamento (VYGOTSKY, 1987, p.68).

Chegando à conclusão deste capítulo, conseguimos compreender um pouco da vasta teoria de aprendizagem de Vygotsky. Reitera-se a importância da interação social para o desenvolvimento cognitivo do indivíduo em todos os estágios.

A formação dos conceitos ocorre a partir da compreensão dos signos e quão fundamental é, para isso, a mediação para tal compreensão e para o avanço ao próximo estágio de desenvolvimento.

Compreendemos que podemos dividir o desenvolvimento em três zonas distintas, sendo a primeira, a zona de desenvolvimento atual, ou seja, o saber atual do aluno. A zona intermediária que é a zona de desenvolvimento proximal, se dá por intermédio da mediação. E, a zona de desenvolvimento potencial é o saber que o indivíduo pode alcançar.

Para a aprendizagem e o ensino, as teorias de Vygotsky se fazem bastante úteis, pois, podemos adaptar suas ideias para cada caso e disciplina que estamos trabalhando, a fim de obter melhores resultados com o aprendizado dos nossos alunos.

3.2 Metodologias ativas

Nesta seção falaremos sobre as principais metodologias ativas utilizadas no ensino. O grande enfoque de tais metodologias é colocar o aluno como protagonista de seu próprio aprendizado, diferentemente das metodologias tradicionais, que acabavam deixando esse papel na mão do professor.

Há certa relutância, por boa parte dos educadores, em adotarem uma metodologia que seja diferente da tradicional. Talvez por ser mais cômodo, o ensino tradicional ainda se faz bastante presente em sala de aula.

Para facilitar ao leitor, dividiremos as metodologias em subcapítulos; serão abordadas as seguintes metodologias: *Projetos e Problemas*, *Estudo de Caso*, *Atividade em Time*, *Gameificação*, *Ensino Híbrido* e *Sala de Aula Invertida*. Sendo essas duas últimas conectadas, então as trataremos em único subtópico.

3.2.1 Projetos e Problemas

Em até certos aspectos as duas metodologias são bastante parecidas. Elas se parecem pelo fato de que ambas impõem um desafio aos estudantes.

Segundo Masson, o desenvolvimento da metodologia da aprendizagem baseada em projetos teve suas origens em 1900, quando o filósofo americano John Dewey (1859 – 1952) comprovou o “aprender mediante o fazer” (MASSON, 2012).

A ideia é permitir que o aluno vá evoluindo seu conhecimento à medida que executa o projeto, abordando uma ideia construtivista do ensino. Tal metodologia é bastante útil, pois, na vida profissional, os alunos passarão a executar diversas

atividades que requererão certas habilidades. Tais habilidades podem ser ensinadas utilizando essa metodologia.

Segundo Camp, a metodologia baseada em problemas (ABP), do inglês *Problem-based Learning* (PBL), consiste com a atual visão filosófica de aprendizagem humana, particularmente o construtivismo (CAMP, 1996).

A aprendizagem baseada em problema se assemelha com a baseada em projetos na questão do desafio, porém, a baseada em problema trás consigo justamente o inesperado que o aluno poderá a vir enfrentar no dia-a-dia.

Segundo Moraes e Manzini, a ABP é um método de ensino-aprendizagem assentado numa aprendizagem baseada em problemas, como o próprio nome relata. O ensino-aprendizagem na ABP focaliza conhecimentos, habilidades, atitudes e valores. A aprendizagem é centrada no estudante, no aprender a aprender, na integração dos conteúdos das ciências, básicas e clínicas, além dos conhecimentos interdisciplinares (MORAES & MANZINI, 2006).

Tal metodologia é bastante utilizada em casos clínicos, pois no ramo da saúde é quando o imprevisto tem a maior possibilidade de acontecer. Ainda segundo Moraes e Manzini, tal metodologia surgiu, pela primeira vez, na Faculdade de Medicina da Universidade de McMaster, em Hamilton, província de Ontário, Canadá, em 1969 (MORAES & MANZINI, 2006).

Ambas as metodologias podem ser bastante utilizadas no Ensino Superior, em áreas como Engenharia ou Medicina, mas, nada impede que o professor utilize tais metodologias no Ensino Básico e consiga fornecer aos estudantes uma experiência que poderá ser utilizada no mercado profissional.

3.2.2 Estudo de Caso

Enquanto as metodologias de aprendizagem baseada em problema ou projeto abordam situações hipotéticas e até ideais, preparando o aluno para uma possível situação real, a metodologia de Estudo de Caso aborda uma situação real para o ensino.

Essa metodologia, assim como às anteriores, parece bastante evidente no Ensino Superior, afinal de contas, as disciplinas são mais específicas e, talvez, seja mais fácil aplicá-la neste nível. Porém, sua utilização no Ensino Básico também é conveniente, tendo em vista que se fará uso de situações reais e presentes no cotidiano dos alunos.

Segundo Coutinho, “característica que melhor identifica e distingue esta abordagem metodológica é o facto de se tratar de um plano de investigação que envolve o estudo intensivo e detalhado de uma entidade bem definida: o “caso”.” (COUTINHO, 2002).

O grande potencial desta metodologia é a gama de opções que ela abrange. Ainda segundo Coutinho, define-se o que é um caso:

Quase tudo pode ser um “caso”: um indivíduo, um personagem, um pequeno grupo, uma organização, uma comunidade ou mesmo uma nação! Pode também ser uma decisão, uma política, um processo, um incidente ou acontecimento imprevisto, enfim um sem fim de hipóteses mil! (COUTINHO, 2002).

A liberdade que o professor ganha ao se utilizar tal metodologia permite que ele siga por diversos caminhos, tanto trabalhando na interdisciplinaridade, quanto seguindo uma abordagem mais específica na disciplina.

3.2.3 Atividade em Time

As atividades em time, talvez, seja a metodologia que mais leva a cabo as ideias do referencial teórico abordado neste trabalho. Apesar das metodologias tratadas anteriormente mostrarem a necessidade de uma interação social, essa metodologia incita que essa interação ocorra, pois ela trabalha com grupos de alunos.

E, justamente, o fato de tais metodologias se conectarem de alguma maneira, pode se trabalhar em grupos e ao mesmo tempo utilizar uma das metodologias anteriores, mostrando, assim, uma versatilidade na metodologia de atividade em time.

Segundo Bollela et. al, a atividade em times, ou também chamada de atividade em equipes, é uma estratégia instrucional desenvolvida para cursos de administração nos anos 1970, por Larry Michaelsen, direcionada para grandes classes de estudantes, em que procurava-se criar oportunidades e obter os benefícios do trabalho em pequenos grupos de aprendizagem (BOLLELA et. al. 2014).

Segundo Michaelsen, o método tem como foco, melhorar a aprendizagem e desenvolver habilidades de trabalho colaborativo, através de uma estrutura que envolve:

o gerenciamento de equipes de aprendizagem, tarefas de preparação e aplicação de conceitos, *feedback*¹ constante e avaliação entre colegas (MICHAELSEN et. al, 2004).

A metodologia permite total socialização entre os alunos, incluindo os portadores de deficiências que podem ter uma maior inclusão nas atividades. O maior empecilho para o professor que for utilizar tal metodologia será o tempo disponível para a disciplina, pois, demandará certo tempo para a organização dos grupos, explicação da atividade, realização e avaliação.

A aplicação dessa metodologia deve ser bem avaliada por parte do professor, porém é claramente possível. A grande vantagem desta metodologia é a sua interação com outras metodologias.

3.2.4 Gamificação

A estratégia de *Gamificação* foca em utilizar elementos de jogos digitais, também chamados de *games*. Tais elementos seriam a utilização de *avatares*, *ranking*, *deságios* e etc.

Essa metodologia pode instigar bastante o interesse dos alunos, afinal de contas, os jogos eletrônicos se fazem bastante presente na vida das crianças.

Segundo Vianna, o termo gamificação foi cunhado pela primeira vez pelo pesquisador britânico Nick Pelling. A gamificação consiste em utilizar a mecânica dos jogos em atividades que não estão dentro do contexto dos jogos (VIANNA, 2013, p.13).

Segundo Alves et. al, empresas já utilizavam as lógicas das recompensas e da pontuação para treinamentos de seus funcionários, programas de televisão mantinham ou aumentavam o número de telespectadores utilizando essas técnicas (ALVES et. al, 2014).

Mesmo a pessoa mais tradicional já deve ter tido contato com jogos em algum momento da sua vida. Os atuais jogos eletrônicos utilizam elementos característicos da mesma maneira que os antigos jogos analógicos.

Segundo Vianna, os jogos devem reunir características que os definem:

Com maior ou menor inclinação a gêneros, faixa etária e especificidades, tudo aquilo que pode ser considerado como um jogo reúne um conjunto de elementos indissociáveis que muitas vezes não estão estruturados de maneira explícita. Entretanto, quando as diferentes disposições abordadas são postas de lado, “todos os jogos compartilham quatro características que os definem:

¹ Feedback é uma palavra inglesa que significa dar uma resposta a determinado acontecimento

meta, regras, sistema de *feedback* e participação voluntária” (VIANNA, 2013, p 27,28).

A abordagem desta metodologia deve levar em conta tais características, adequando-as à disciplina. Algumas disciplinas, talvez, tenham mais facilidade em serem adaptadas a tal metodologia, mas nada impede que essa metodologia seja adotada em qualquer uma delas.

A versatilidade desta metodologia também deve ser levada em conta. O professor não precisa se atrelar apenas aos jogos eletrônicos para sua aplicação ou utilização. Pode-se utilizar jogos de tabuleiros (xadrez, damas, etc.), jogos de cartas (Magic The Gathering, Yu-Gi-Oh!, etc.), jogos de dados (Jogo da vida, banco imobiliário, etc.), jogos com caneta e papel (STOP, jogo da velha, etc.), enfim, uma infinidade de opções para se trabalhar em sala de aula.

3.2.5 Ensino Híbrido e Sala de Aula Invertida

Ensino híbrido se refere à parte do ensino ser presencial e parte do ensino ser à distância. O termo híbrido, segundo Castro, no sentido figurado refere-se a elementos com características diferentes (CASTRO, 2015).

Quando nos referimos ao ensino híbrido, que leva em conta o ensino à distância por meio de plataformas digitais temos que nos ater ao acesso das pessoas a tais tecnologias.

De acordo como Silveira, do site G1, utilizando informações do IBGE; “o número de domicílios com acesso à rede mundial de computadores também cresceu na passagem de 2016 para 2017”. Ainda de acordo com Silveira, em 2016; 69,3% dos lares brasileiros tinham equipamentos conectados à internet, no ano seguinte o número saltou para 74,9% (SILVEIRA, 2018).

Quando tratamos de acesso à informação não podemos nos esquecer da problemática de acesso a rede em diversos locais do Brasil e do Mundo. Como cita Castells (2005).

A exclusão de pessoas relativamente à participação ativa, ao privilégio e à responsabilidade na sociedade da informação, talvez seja maior do que a exclusão do acesso a privilégios dos grupos dominantes a que elas estavam submetidas no passado. O exemplo mais marcante desta exclusão é que quase a metade dos habitantes da Terra nunca fez sequer uma ligação telefônica e apenas cerca de 5% dos Latino-americanos tem acesso a Internet em casa (CASTELLS, 2005).

Quando se fala de ensino à distância, ou algo que remete a um tipo de ensino que utiliza elementos que distanciam o professor do aluno, se pensa em algo tecnológico como a internet. Porém, tal modalidade é muito mais antiga.

Segundo Alves, citando Vasconcelos, alguns compêndios citam as epístolas de São Paulo às comunidades cristãs da Ásia Menor, registradas na Bíblia, como origem histórica da Educação à Distância (VASCONCELOS, 2010 *apud* ALVES, 2011).

Ainda Segundo Alves, “provavelmente, as primeiras experiências em Educação a Distância no Brasil tenham ficado sem registro, visto que os primeiros dados conhecidos são do século XX” (ALVES, 2011).

Nosso enfoque não é totalmente sobre o ensino à distância, mas não podemos deixar de citá-lo. O ensino híbrido utiliza tais elementos, mas, sem deixar de lado o ensino presencial.

Tal metodologia permite incorporar outras metodologias já citadas. Naturalmente se pensa na metodologia de sala de aula invertida, já que o conteúdo pode ser introduzido ao aluno antes do encontro com o professor, presencialmente.

Segundo Horn & Staker, “o ensino híbrido e a aprendizagem baseada na competência, bem implementados em conjunto, formam a base de um sistema de aprendizagem centrado no estudante” (HORN & STAKER, 2015).

Incorporar tal metodologia no ensino formal é algo bem difícil de realizar, principalmente no Ensino Básico, pois há muitas divergências de ideias de caminhos a se seguir. Segundo Castro:

Constatamos hoje instituições escolares que adotam caminhos diversos. Enquanto umas optam por manter o modelo curricular pautado por disciplinas introduzem as metodologias ativas como forma de maior envolvimento dos alunos desenvolvendo o ensino por meio de projetos interdisciplinares. Outras instituições tomam atitudes mais radicais, dispensam as disciplinas, reelaboram os projetos, os espaços e as metodologias fazendo com que cada aluno aprenda de acordo com seu próprio ritmo (CASTRO, 2015).

A educação tradicional mantém o foco no professor, tornando-o protagonista do ensino. Nas metodologias ativas, como no ensino híbrido, é o aluno quem passa a se tornar o protagonista de seu próprio aprendizado.

Porém, acaba sendo um tanto quanto utópico conseguir tal feito. Segundo Horn & Staker:

O desafio, entretanto, é implementar a aprendizagem centrada no estudante em larga escala. Pagar um professor particular para cada aluno naturalmente seria maravilhoso, mas é proibitivamente caro. Diferenciar o ensino para cada

criança – um passo na direção do ensino personalizado que professores em todo o país tenta valentemente dar – é difícil no sistema de ensino de modelo industrial atual. (HORN & STAKER, 2015).

Uma dificuldade que surge, é a falta de professores em diversas áreas do ensino, principalmente no ensino de Física. Segundo Cunha, “de acordo com o MEC faltam 235 mil professores em todas as áreas do Ensino Médio. Em Física o déficit de professores licenciados é da ordem de 23,5 mil” (CUNHA, 2006).

Obviamente suprir a carência de professores no ensino é muito difícil, pois tal carência é devida a uma série de fatores que não exploraremos aqui, neste trabalho. Nosso objetivo é mostrar uma metodologia que seja útil aos professores.

O ensino híbrido vem como uma alternativa aos educadores, pois o mesmo permite o uso de tecnologias para o ensino, além de permitir aos professores acessarem aos alunos de diferentes maneiras. Ela pode liberar os professores para que se tornem planejadores, mentores, facilitadores, tutores, avaliadores e orientadores de ensino para chegar a cada estudante de maneiras antes impossíveis (HORN & STAKER, 2015).

As escolas estão se direcionando para uma atualização do ensino, e, a utilização do ensino híbrido é uma ótima abordagem para se atualizar. Horn & Staker citam o direcionamento das escolas:

Esses benefícios potenciais do ensino online – personalização, acesso e controle de custos – estão afastando as pessoas da educação tradicional e direcionando-as para a nova oportunidade do ensino híbrido. Assim como milhões de indivíduos abandonaram as empresas tradicionais de contabilidade fiscal em troca de acessibilidade e conveniência do Turbo Tax, milhões estão se sentindo atraídos pela personalização, pelo acesso e pelo controle de custos do ensino online. (HORN & STAKER, 2015).

Mesmo que surja certa resistência por parte de professores mais tradicionalistas, o avanço das tecnologias, tanto nas escolas, quanto nas universidades é evidente. Assim, tanto os alunos, quanto os professores passam a fazer parte deste novo contexto de aprendizagem (CASTRO, 2015).

O ensino híbrido acaba sendo confundido com a sala de aula invertida. E ambos, acabam até mesmo se conectando, porém, a diferença é que na metodologia de sala de aula invertida, o aluno tem acesso antecipado à disciplina, já no ensino híbrido, o aluno não tem, necessariamente, acesso antecipado ao conteúdo.

Segundo Valente, a definição de sala de aula invertida é: “uma modalidade de *e-learning* na qual o conteúdo e as instruções são estudados online antes de o aluno

frequentar a sala de aula, que agora passa a ser o local para trabalhar os conteúdos já estudados” (VALENTE, 2014).

A metodologia é tão versátil quanto as outras, ficando a cargo do professor as propostas de atividades. Segundo Valente a metodologia segue algumas regras, sendo elas:

1) As atividades em sala de aula envolvem uma quantidade significativa de questionamento; resolução de problemas e de outras atividades de aprendizagem ativa, obrigando o aluno a recuperar, aplicar e ampliar o material aprendido online; 2) Os alunos recebem feedback imediatamente após a realização das atividades presenciais; 3) Os alunos são incentivados a participar das atividades online e das presenciais, sendo que elas são computadas na avaliação formal do aluno, ou seja, valem nota; 4) tanto o material a ser utilizado online quanto os ambientes de aprendizagem em sala de aula são altamente estruturados e bem planejados (VALENTE, 2014).

Talvez o grande questionamento que surge seja o fato dos alunos poder ser displicentes com relação às atividades *online*, já que os mesmos não terão monitoramento presencial e fica a cargo deles o comprometimento com a realização da atividade.

A regra “3”, das regras citadas por Valente, é capaz de solucionar tal problema, afinal de contas, o estímulo positivo ainda é uma ótima ferramenta para que algo seja realizado, embora a nota da avaliação tenha um peso significativo na conduta do aluno. Entretanto, o método de avaliação também pode ser diferenciado, prazeroso e interessante para o aluno. Neste caso, a nota surge naturalmente, sem ser a ênfase do processo.

Dependendo da ferramenta utilizada pelo professor pode ser impostos aos alunos desafios, ou até mesmo, utilizar a metodologia *gamificação*, que seria uma motivação a mais para os alunos realizarem as atividades online.

Ambas as metodologias citadas nesse item foram a base para a criação do produto educacional, e, por esse motivo, procuramos enfatizar seus conceitos, a fim de ficar claro a metodologia utilizada.

Para a utilização de tais metodologias foram utilizadas ferramentas que já são recorrentes no ensino de Física: a experimentação. Antes de mostrarmos a abordagem realizada com os alunos, vamos discutir sobre a experimentação, no capítulo a seguir.

3.3 Experimentação no Ensino de Física

Ao se tratar de experimentação no ensino de Física é quase redundante, afinal de contas, tal ciência cresceu e evoluiu devido a diversos experimentos.

Segundo Seré (2003), temos tipos diferentes de abordagens com relação ao uso de experimentação no ensino de Física, “a maneira clássica é aquela que o aluno não tem que discutir; ele aprende como se servir de um material, de um método; a manipular uma lei fazendo variar os parâmetros e a observar um fenômeno”. Ainda, segundo o autor, “há outro tipo de abordagem em que a lei não é questionada, ela é conhecida e utilizada para calcular um parâmetro, analogamente ao que é feito em um laboratório de metrologia ou testes” (SERÉ, 2003).

Segundo Da Silva (2010), “na história do ensino de Física do século XX, a experimentação foi principalmente utilizada como um recurso de aprendizagem, como uma forma do aluno entrar em contato com a realidade [...]” (DA SILVA, 2010).

A importância do uso de experimentação no ensino de Física é evidente, pois permite transpor a teoria abordada em sala de modo que o aluno consiga percebê-la através do experimento.

O simples fato do manuseio do experimento por parte dos alunos pode constituir, por si só, um aprendizado. Talvez, a apresentação do conteúdo em sala não seduza os alunos, e, o uso do experimento pode servir como um atrativo aos estudantes (BATISTA, 2009).

A utilização da experimentação traz uma série de benefícios cognitivos, além da investigação de conceitos científicos, melhorando, até mesmo, a criatividade. Segundo Batista:

“[...] a experimentação no ensino de Física não resume todo o processo investigativo no qual o aluno está envolvido na formação e desenvolvimento de conceitos científicos. Há de se considerar também que o processo de aprendizagem dos conhecimentos científicos é bastante complexo e envolve múltiplas dimensões, exigindo que o trabalho investigativo do aluno assuma várias formas que possibilitem o desencadeamento de distintas ações cognitivas, tais como: manipulação de materiais, questionamento, direito ao tateamento e ao erro, observação, expressão e comunicação, verificação das hipóteses levantadas. Podemos dizer que esse também é um trabalho de análise de síntese, sem esquecer a imaginação e o encantamento inerente às atividades investigativas” (BATISTA, 2009).

Temos que levar em conta que não basta apenas aplicar a experimentação por aplicar. A utilização dos experimentos sem nenhuma fundamentação pode acarretar a não-aprendizagem por parte dos alunos, como cita De Oliveira:

A simples realização de atividades experimentais não garante a aprendizagem, pois atividades práticas podem ser utilizadas de forma pouco eficaz, em termos educacionais, como apresentação de teorias estabelecidas ou comprovação de verdades científicas. Nesses casos, aluno e professor apenas reproduzem sequências de procedimentos com o objetivo de obter os mesmos resultados de seus antecessores, sem incentivo à discussão, crítica ou autonomia (DE OLIVEIRA et. al, 2010).

A falta de experimentação no ensino de Física ou até mesmo sua má aplicação, se deve a uma série de obstáculos, como cita De Oliveira:

“[...] os principais obstáculos ao uso da experimentação no ensino de Física são: a) a falta de pesquisas sobre aprendizagem associada à experimentação; b) a despreparação dos professores para trabalharem a Física por meio de atividades experimentais; e c) as más condições de trabalho oferecidas aos professores, que desfavorecem o uso de experimentos, ou seja, escolas não possuem instrumentos ou espaço físico laboratorial, ou as condições materiais disponíveis são insuficientes devido ao grande número de alunos.” (De OLIVEIRA et. al, 2010).

Já foram citados, neste trabalho, a falta de professores qualificados, ou até mesmo a falta de professores, além da condição desfavorável nas escolas para o uso de metodologias ativas. Tais informações não devem ser novidades para os professores atuantes nas escolas. É reiterado que o foco e objetivo deste trabalho não é ater-se a tais condições, mas sim, mostrar uma metodologia de ensino que possa transcender o ensino tradicional, que possa ser motivadora e ao mesmo tempo, eficaz para o ensino em geral, embora seja utilizada para apenas um tema da área de Física, e, que possa servir para demais professores.

Claramente, o professor tem papel fundamental no uso da experimentação na sala de aula, segundo Coelho (2008), “de um ponto de vista didático, a postura do professor frente a experimentação e suas escolhas relacionam-se com sua própria concepção de ciência” (COELHO, 2008).

O professor pode utilizar-se de suas concepções filosóficas e adotar estratégias baseadas, por exemplo, no indutivismo, ou no falseamento de Popper, ou qualquer outra. De qualquer forma a relação entre teoria e experimentação é bastante complexa (COELHO, 2008).

Pode se dizer que o uso da experimentação se fundamenta sobre alguns pilares, que seriam eles; aumentar o interesse dos alunos com relação à disciplina, fundamentar os conceitos a partir dos experimentos, demonstrar como a teoria se relaciona com a prática. Segundo Coelho,

Uma metodologia fundamentada na construção do material experimental favorece a investigação em nível fenomenológico e técnico dos dispositivos e as ações de fazer e testar o material incitam o sujeito a questionar e investigar os princípios e conceitos envolvidos no experimento e a atribuir um significado pessoal a esses conceitos (COELHO, 2008).

Conclui-se, portanto, que uma abordagem teórica metodológica baseada na experimentação é de grande valia para uma melhor conceituação de fenômenos físicos, e se faz necessária quando se busca uma metodologia construtivista no ensino de Física.

4. Astronomia

Neste capítulo será exposta a teoria sobre o principal conteúdo abordado neste trabalho. Fundamentaremos todos os conceitos que foram utilizados. E, tentaremos relacionar com o ensino atual de Astronomia.

Seguiremos na teoria da mesma maneira que confeccionamos o produto. Procuramos manter a mesma ordem dos Parâmetros Curriculares Nacional, porém fizemos um material complementar. Segundo o PCN+, o conteúdo de Astronomia se inicia no Primeiro Ano do Ensino Médio, com o seguinte tema estruturador: “Universo, Terra e Vida” (BRASIL, 2000).

O tema estruturador é ainda subdividido em outros três temas: 1) Terra e Sistema Solar; 2) Universo e sua Origem; 3) Compreensão Humana do Universo (BRASIL, 2000).

Para melhor abordarmos os assuntos dividiremos também este capítulo em subcapítulos, e serão eles: Universo e seus elementos; Sistema Solar; Leis de Kepler; Gravidade.

4.1 Universo e seus elementos

Com certeza, o Universo sempre despertou curiosidade. O ser humano tem a inerente vontade de saber como tudo começou, ou como tudo vai terminar. Utilizar-se dessa curiosidade pode ser um artifício para conquistar o aluno na sala de aula.

Gleiser relata muito bem em seu livro “*A dança do Universo: Dos mitos da criação ao Big Bang*” o questionamento sobre a existência do Universo

Afinal, estamos aqui porque o Universo oferece condições para que a vida inteligente possa evoluir, ao ponto de tornar possível que (pelo menos) uma espécie, que habita um pequeno planeta orbitando em torno de uma pequena estrela situada em uma dentre bilhões de galáxias no Universo, possa se perguntar sobre sua origem (GLEISER, 2006).

O fato de o Universo apenas existir nos permite tal indagação. Ao tratarmos da origem do Universo sempre se levanta certa polêmica, pois o episódio de algo “simplesmente surgir” não parece palpável para a maioria que sente a necessidade que algo tenha que criar. O *Big Bang* é a teoria mais aceita para explicar a origem do Universo, o que significa que não se sabe o que havia antes, mas tem uma boa teoria que explica como tudo surgiu.

Existem alguns modelos para a criação do Universo, segundo conta Gleiser: “Certos modelos propõem a “criação a partir de algo”, outros supõem que “a criação a partir de nada”, e há ainda outros que supõe que “a ordem surgiu do caos primordial”” (GLEISER, 2006).

Para Lemaitre existia um átomo primordial. O modelo de Gamow supunha que partículas estavam presentes no início. Em ambos os casos não é explicado de onde surgiu tanto o átomo primordial, quanto as partículas, mas se tem claro que a partir disso o Universo passa a seguir as leis da Física, mesmo que de forma qualitativa (GLEISER, 2006).

O que leva a crer que toda a matéria e energia estavam todas muito próximas é o fato das galáxias se distanciando. Segundo Hawking:

A descoberta da expansão do universo foi uma das grandes revoluções intelectuais do século XX. Representou uma surpresa total e transformou por completo a discussão sobre a origem do universo. Se as galáxias estão se afastando uma das outras, devem ter sido mais próximas no passado. Com base na taxa de expansão atual, podemos estimar que devem ter estado de fato muito próximas há cerca de dez ou quinze bilhões de anos (HAWKING, 2016).

O mais intrigante é que a expansão do Universo, a partir do Big Bang, não se deu de forma instantânea e sim a partir de um tempo conhecido como tempo de Planck, e seu valor é de 10^{-43} segundos. Segundo Fontinele, para tempos menores que 10^{-43} segundos (tempo de Planck), as teorias físicas conhecidas não se aplicam, devido à violação do princípio da incerteza (FONTINELE, 2020).

Ainda após o tempo de Planck o Universo demorou a começar a ter a forma como conhecemos hoje, segundo conta Hawking:

Poucas horas depois do *big bang*, a produção de hélio e dos outros elementos deve ter parado. E, depois disso, durante milhão de anos seguinte, mais ou menos, o Universo deve ter continuado a expandir-se, sem acontecer nada de especial. Eventualmente, quando a temperatura desceu a alguns milhares de graus e os elétrons e os núcleos já não tinham energia suficiente para dominar a atração eletromagnética entre si, devem ter começado a combinar-se para formar átomos (7). O Universo, no seu conjunto, deve ter

continuado a expandir-se e a arrefecer mais, em regiões ligeiramente mais densas que a média, a expansão deve ter sido mais lenta, por causa da atração gravitacional extra (HAWKING, 1988).

O universo é vasto e profundo, ao olharmos para o céu vemos uma pequena parte dele, ao qual também pertencemos. Nossa galáxia, a Via Láctea, é nosso endereço cósmico.

Segundo Sobrinho, a nossa galáxia é uma galáxia espiral. As suas estrelas estão dispersas por um disco onde se agrupam formando braços. O diâmetro do disco ronda os 120 000 anos-luz. O Sol está nas proximidades do braço de Orion a cerca de 25 000 anos-luz do centro (SOBRINHO, 2012).

E o que são Galáxias? Segundo o Núcleo de Astronomia de Viva do Algarve:

Denominamos galáxia a uma gigantesca acumulação de estrelas, poeiras e gás, que aparece isolada no espaço e cujos constituintes se mantêm unidos entre si devido às mútuas interações gravitacionais, sendo, por vezes, o seu comportamento afetado por galáxias vizinhas. Qualquer galáxia possui milhares de milhões de estrelas (CCVALG).

A Figura 2 traz uma representação de uma galáxia.

Figura 2: Representação artística Via Láctea



Fonte: O Globo

Galáxias são compostas de bilhões de Estrelas. Nosso Sol também é uma estrela e pertence à galáxia Via Láctea. Em termos gerais, podemos dizer que uma estrela (Figura 3) é uma grande “bola luminosa”, constituída por plasma, e que é mantida pela força da gravidade se contrapondo as forças de expansão da fusão nuclear. O plasma é o estado da matéria mais abundante no Universo e é similar ao gás, porém, ionizado (carregado eletricamente) e, por isso, possui propriedades muito diferentes dos outros estados da matéria (sólido, líquido e gasoso) (FRANCISCO, 2013).

Figura 3: Representação artística Estrelas



Fonte: Thinkstock/BBC

Assim como nosso Sol possui planetas (Figura 4) orbitando ao seu redor, há de se imaginar que também existam inúmeros planetas orbitando as demais estrelas. Mas o único que conhecemos que possui vida é o nosso planeta Terra. Segundo a Nasa:

Um planeta é um grande corpo celeste que reflete a luz de uma estrela ao redor do qual ele gira. Os planetas em nosso Sistema Solar são classificados como planetas internos e planetas externos. Os planetas internos, os mais próximos do Sol, são esferas de rocha sólida e incluem Mercúrio, Vênus, Terra, e Marte. Os planetas internos foram constantemente bombardeados por asteroides e meteoritos durante seus primeiros 600 milhões de anos de existência. Os planetas externos são grandes esferas gasosas com anéis e incluem Júpiter, Saturno, Urano, e Netuno. Entre os planetas internos e externos existe um cinturão de asteroides (HEASARC/NASA).

Figura 4: Representação artística planetas do Sistema Solar



Fonte: BBC

Ao olhar para o céu, para diferenciarmos um planeta de uma estrela, podemos observar que as estrelas irão cintilar, devido ao fato da luz advinda das estrelas sofrer refração pelos gases que compõem a nossa atmosfera. Os planetas não possuem luz

própria e apenas refletem a luz de sua estrela próxima, seu brilho parece não oscilar, isso por conta da sua proximidade e faz com que a sua luz refletida não sofra a mesma refração que a luz vinda diretamente das estrelas (HELSCHER, 2018).

Outro astro que observamos no céu é nossa Lua (Figura 5). A Lua é um satélite natural. Satélites naturais são corpos celestes que não emitem luz, assim como os planetas, porém tais corpos não orbitam uma estrela, não diretamente, mas sim orbitam planetas. Nosso Sistema Solar possui 8 planetas e mais de 170 satélites naturais (FRANCISCO, 2014).

Figura 5: A Lua



Fonte: G1 – Globo

Outros astros que sempre estão nas imediações do Sistema Solar são os cometas (Figura 6). Essencialmente, cometas são "pedras de gelo sujo". O gelo dessas pedras é formado por uma mistura de materiais, como: H_2O , CO_2 , NH_3 , CH_4 , tais elementos passam do estado sólido para o gasoso, processo esse chamado de sublimação (SOBRINHO, 2012). E a "sujeira" é constituída por poeira e pedras (dos tamanhos mais variados) (Las CASAS, 2004).

Figura 6: Representação artística – Cometa



Fonte: Thinkstock/BBC

Conhecemos então, nesta seção, alguns dos vários astros presentes no nosso Universo e utilizamos como base para nossa primeira aula do minicurso híbrido.

4.2 Sistema Solar

Conhecemos nosso Sistema Solar totalmente formado, e, em até certo ponto, harmonioso, com o Sol presente no centro e todos os outros planetas orbitando ao seu redor.

Vamos compreender como se teria formado o nosso conhecido Sistema Solar.

Segundo Gamow, a hipótese elaborada por Immanuel Kant era:

O Sol estava inicialmente rodeado por um anel de matéria que não deveria diferir muito em aparência do anel de Saturno. Sob a ação das forças de gravidade newtoniana exercidas pelas diversas partes do anel uma sobre as outras, essa matéria começou a condensar-se em determinado número de corpos globulares que vieram a formar os vários planetas a mover-se em torno do Sol (GAMOW, 1973, p. 8).

Segundo conta Gamow, posteriormente o matemático francês Pierre Simon Laplace, publicou um livro ignorando a obra de Kant e apresentando essencialmente a mesma hipótese (GAMOW, 1973, p. 8).

Porém, a ideia de comparar a nebulosa planetária com os anéis de saturno fizera surgir uma indagação pelo físico escocês James Clerk Maxwell. Para Maxwell, o mesmo deveria ocorrer com os anéis de Saturno, já era sabido na época que tais anéis eram compostos por um aglomerado de corpos inumeráveis, então era de se supor que pela interação gravitacional essas partículas deveriam se condensar e formar satélites ao redor de Saturno, o que de fato não ocorre. (GAMOW, 1973, p. 9).

Agora, até mesmo o leitor deve estar se questionando o porquê não se forma satélites a partir dos anéis de Saturno. Ou até mesmo que a hipótese de Kant-Laplace estava incorreta.

De fato, ocorre a interação gravitacional entre as partículas, os corpos que se movem próximo um dos outros se aproximam cada vez mais, formando um agregado de matéria e esse agregado atrai as partículas menores (GAMOW, 1973, p. 9).

Justamente o fato do anel não ser um disco rígido, faz com que a borda mais interna do anel gire com menor velocidade do que a borda externa. Segundo Halliday, o momento angular $\vec{l}$ da partícula é dado segundo a equação (1):

$$\vec{l} = \vec{r} \times \vec{p} = m(\vec{r} \times \vec{v}) \quad (1)$$

Sendo, $\vec{r}$ (dado em metros [m]) o vetor posição da partícula em relação ao centro, $\vec{p}$ (dado em quilogramas metros por segundo [kg.m/s]) o momento linear da partícula, dado por, $m\vec{v}$, sendo m (dado em quilogramas [kg]) a massa da partícula e $\vec{v}$ (dado em metros por segundo [m/s]) a velocidade (HALLIDAY, 2016).

Ainda, por consequência do movimento dos anéis, o período de rotação da sua borda interna é menor do que o da borda externa. Isso é uma consequência direta da terceira lei de Kepler (que veremos posteriormente) sobre o movimento planetário (GAMOW, 1973, p. 9).

Levando em consideração a interação gravitacional entre as partículas e a diferença de rotação das bordas interna e externa, Maxwell conseguiu concluir que não há massa suficiente no anel para uma condensação rudimentar contra a disruptiva ação das diferenças de velocidades. Logo, o anel é incapaz de condensar-se em satélites individuais (GAMOW, 1973).

Posteriormente o físico alemão Weizsäcker, por volta de outono de 1943, construiu uma nova teoria. Para ele a formação do sistema planetário pode ser descrito da seguinte maneira:

Quando o Sol se formou pela condensação da matéria interstelar, grande parte dela, provavelmente cem vezes maior que a massa total dos atuais planetas, permaneceu no exterior, como um gigantesco envoltório em rotação. (Pode-se encontrar com facilidade a razão deste comportamento na diferença entre os estados de rotação de vários gases interestelares que se condensaram no sol primitivo) (GAMOW, 1973, p. 13).

A ideia é sumariamente parecida com a hipótese Kant-Laplace, porém, para Weizsäcker, a formação dos planetas se deu devido às colisões entre as partículas de poeira e da sua gradual agregação em corpos maiores (GAMOW, 1973, p.13).

Segundo a NASA, nosso Sistema Solar se formou por volta de 4,5 bilhões de anos atrás, de uma densa nuvem interstelar de poeira e gás. A nuvem se colapsou devido às ondas de choque de explosões de estrelas. A matéria no centro se colapsou, devido ao efeito gravitacional, formando o Sol e quase 99 por cento de toda a matéria. O restante formou os planetas, luas e demais astros (NASA, 2019).

Também, segundo a NASA, nosso Sistema Solar é composto da nossa estrela, o Sol, e tudo que orbita ao seu redor – os planetas (Mercúrio, Vênus, Terra, Marte,

Júpiter, Saturno, Urano e Netuno), os planetas anões, como Plutão, dezenas de luas e milhões de asteroides, cometas e meteoros (NASA, 2019).

4.3 Leis de Kepler

Desde os tempos remotos, os movimentos aleatórios dos planetas em relação às estrelas intrigaram os observadores do céu. O movimento retrógrado de Marte, ilustrado na Figura 7, era particularmente enigmático (HALLIDAY et. al, 2012, p. 40).

Figura 7: Movimento retrógrado de Marte



Foto: Halliday

A determinação das órbitas dos planetas foi realizada entre 1601 e 1619, pelo astrônomo e matemático Johannes Kepler, usando um conjunto volumoso de dados precisos sobre os movimentos aparentes compilados pelo dinamarquês Tycho Brahe (YOUNG et. al, 2008, p.14).

Kepler, por meio dos métodos das tentativas, propôs suas três leis empíricas que descrevem, com precisão, o movimento dos planetas (YOUNG et. al, 2008, p.14).

Sua **primeira lei**, chamada de lei das órbitas, diz: “*Cada planeta se move em uma órbita elíptica, com o Sol ocupando um dos focos da elipse*” (YOUNG et. al, 2008, p.14), conforme podemos observar na Figura 8.

Figura 8: Órbita elíptica com o sol em um dos focos

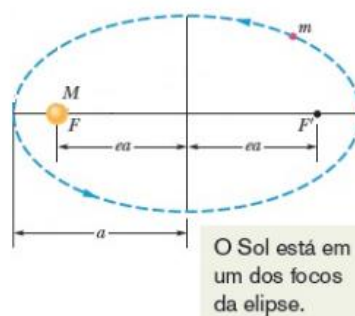


Foto: Halliday

Sua **segunda lei**, a lei das áreas, diz: “*A linha que liga o Sol a um planeta varre áreas iguais a intervalos de tempos iguais*” (YOUNG et. al, 2008, p.14), conforme podemos observar na Figura 9.

Figura 9: Segunda lei de Kepler – Lei das áreas

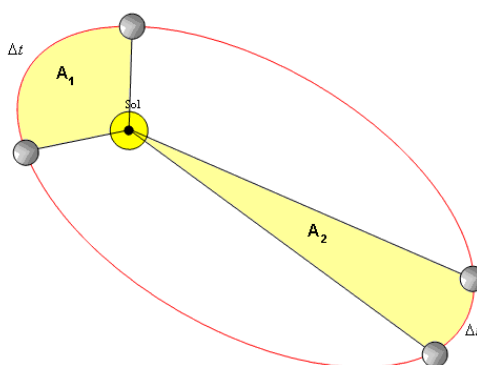


Foto: sofisica.com.br/conteudos/Mecanica/GravitacaoUniversal/figuras/lk2.GIF

As Figuras 8 e 9 estão representadas de maneira exagerada para fins didáticos. Tanto a excentricidade da elipse, quanto a posição do Sol, no foco, são diferentes das que estão demonstradas nas figuras.

Qualitativamente, a segunda lei nos diz que o planeta se move mais devagar quando está mais distante do Sol e mais depressa quando está mais próximo do Sol. Na realidade, a segunda lei de Kepler é uma consequência direta da lei da conservação do momento angular (HALLIDAY et. al, 2012, p. 42).

A **terceira lei** de Kepler, também chamada de lei dos períodos, diz: “*O quadrado do período de qualquer planeta é proporcional ao cubo do semieixo da*

órbita” (HALLIDAY et. al, 2012, p. 42). Tal lei é representada, matematicamente, pela equação (2):

$$T^2 = \left(\frac{4\pi^2}{GM} \right) r^3 \quad (2)$$

O termo $4\pi^2/GM$ é uma constante, pois, tal termo se relaciona apenas com massa do Sol e com a constante Gravitacional.

Esse subcapítulo serviu de inspiração para a elaboração da aula 3 do produto educacional (o minicurso híbrido) descrito nesta dissertação.

4.4 Gravidade

Os cientistas sempre procuram uma espécie de simetria entre fenômenos que aparentemente não possuem relação nenhuma entre si. Seguindo nesta linha de raciocínio, Isaac Newton, em 1665, com 23 anos, prestou uma contribuição fundamental a Física ao demonstrar que a força que mantém a Lua em órbita e a força responsável pela queda da maçã não possui diferença (HALLIDAY et. al, 2012, p. 28).

Segundo Young (2008), a Lei da Gravitação de Newton pode ser enunciada da seguinte maneira:

Cada partícula do universo atrai qualquer outra partícula com uma força diretamente proporcional ao produto das respectivas massas e inversamente proporcional ao quadrado da distância das partículas (YOUNG et. al, 2008 p.1).

Traduzindo matematicamente a lei, temos a equação (3):

$$F_g = \frac{Gm_1m_2}{r^2} \quad (3)$$

A força gravitacional que a partícula 1 exerce sobre a partícula 2 tem o mesmo módulo que a força que a partícula 2 exerce sobre a partícula 1 (HALLIDAY et. al, 2012, p. 30).

Em termos gerais, se pensarmos no exemplo da maçã, o planeta Terra atrai a maçã de mesmo modo que a maçã atrai o planeta Terra, como mostra a Figura 10.

Figura 10: Segunda lei de Kepler – Lei das áreas

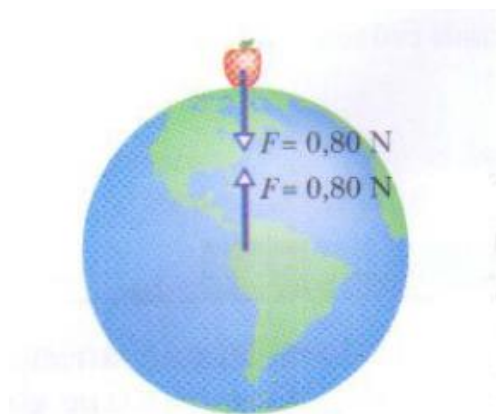


Foto: Halliday

A lei de Newton trata estritamente apenas a partículas, mas podemos aplicá-la a objetos reais, desde que o tamanho desses objetos seja pequeno, em comparação com a distância entre eles. No caso da maçã, Newton provou o importante teorema das cascas, onde diz: *“Uma casca esférica homogênea atrai uma partícula que se encontra fora da casca como se toda a massa da casca estivesse concentrada no seu centro”* (HALLIDAY et. al, 2012, p. 30).

Tal força de interação entre as massas dos corpos é chamada de **gravidade**, e possui o valor de aceleração dado, aproximadamente, por $9,81 \text{ m/s}^2$, na Terra.

Para Einstein, diferentemente de Newton, o tempo não era independente do espaço, o que levou Einstein a pensar sobre a Lei da Gravitação.

Em um experimento mental Einstein imaginou que uma pessoa presa dentro de uma cabine não saberia diferenciar se está presa à Terra ou se está sendo acelerada para cima com aceleração igual a $9,81 \text{ m/s}^2$, conforme ilustra a Figura 11. Esse postulado é chamado de **princípio da equivalência** (HALLIDAY et. al, 2012, p. 45).

Figura 11: (a) Cabine em repouso na Terra. (b) Cabine sendo acelerada pelo espaço interstelar

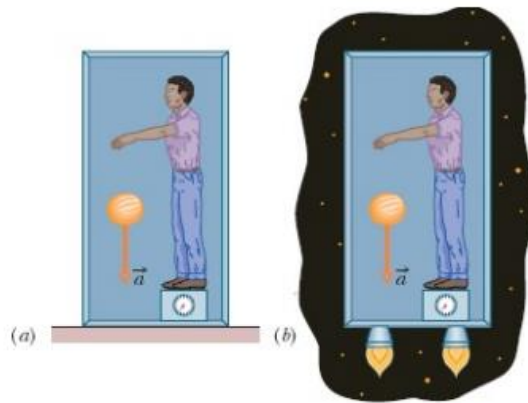


Foto: Halliday

Com esse experimento mental, Einstein conseguiu demonstrar que gravidade e aceleração são a mesma coisa. Para Einstein, o efeito da gravitação se deve à curvatura do espaço tempo, causado pelas massas (HALLIDAY et. al, 2012, p. 45-46).

Logo, para Einstein, o efeito de uma massa modifica o espaço e também o tempo, e, assim, ele formula a Teoria da Relatividade Geral (Figura 12).

Figura 12: Deformação do Tecido do Espaço-tempo

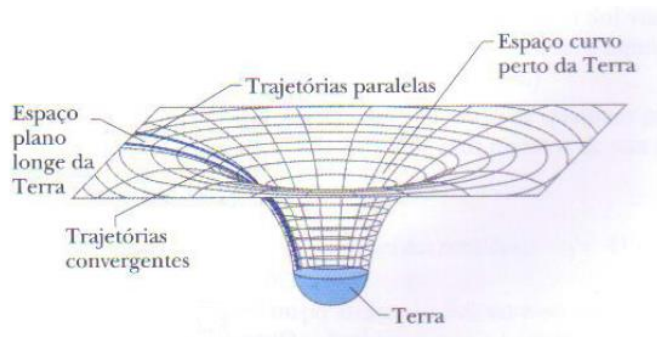


Foto: Halliday

O Sistema de GPS é um bom exemplo da utilização da Teoria de Einstein. Segundo conta Crawford, “os sinais trocados entre relógios a diferentes altitudes estão sujeitos aos efeitos da Relatividade Geral; por outro lado, o movimento do satélite e a rotação da Terra devem ser tomados em conta” (CRAWFORD, 2005).

Embora as teorias de Newton e Einstein tenham sido capazes de descrever com grande precisão a atração de corpos de todos os tamanhos, desde maçãs até planetas e estrelas, ainda não compreendemos perfeitamente a gravidade, nem na escala cosmológica e nem na escala da Física Quântica (HALLIDAY et. al, 2012, p.47).

5. Metodologia

Para a realização deste trabalho procurou aliar o referencial teórico e a metodologia ativa escolhida. Iniciaremos falando sobre a montagem do minicurso híbrido, seguindo com o questionário que foi aplicado aos alunos e, por fim, sobre a aplicação.

5.1 Montagem do Minicurso Híbrido

Inicialmente, foram elaboradas aulas teóricas baseadas na descrição do conteúdo do item 4. As aulas teóricas (Apêndice 3) são disponibilizadas aos alunos em uma plataforma *on-line*. Para completar as aulas *on-line*, foram preparadas quatro videoaulas que deverão ser assistidas em uma programação específica, intercalando atividades à distância e atividades presenciais. As videoaulas foram gravadas no laboratório didático de Física da UNESP de Presidente Prudente e editadas, juntamente com transcrição em LIBRAS. Também, foram elaborados roteiros de experimentos para serem desenvolvidos como atividade nos encontros presenciais.

As aulas teóricas foram divididas em quatro, sendo a primeira aula tratando sobre o Universo e os elementos que o compõe, tais como, estrelas, cometas, buracos negros, planetas e etc.

Com a ideia de seguirmos do macro ao micro, continuamos na segunda aula falando sobre o nosso Sistema Solar, na qual foram mostradas informações sobre todos os planetas do nosso Sistema.

Introduzindo um conceito matemático, que é, geralmente, abordado em Astronomia, falamos sobre as leis de Kepler, as quais as tratamos de maneira teóricas e matemática.

Por fim finalizamos as aulas teóricas falando sobre a gravidade, em que tratamos a abordagem clássica de Newton e, também, a abordagem relativística de Einstein. Todas estão disponíveis Apêndice 1 deste trabalho

Para a montagem das vídeo-aulas, contamos com o auxílio de uma profissional interprete de LIBRAS, a professora Isabela Menezes Marinho, do Instituto Federal de Palmas, TO.

A primeira videoaula foi elaborada para estabelecer uma conexão entre a aula teórica, disponibilizada na plataforma, e a aula presencial. Nela, falou-se sobre a Teoria

do *Big Bang*, abordando a parte histórica da teoria buscando utilizar uma linguagem que os alunos compreendessem.

Como na segunda aula teórica falamos sobre os planetas do Sistema Solar, procuramos, na segunda videoaula, tratar sobre a formação do Sistema Solar e sobre a evolução dos modelos que explicavam o movimento dos corpos no céu.

Na terceira videoaula contou-se um pouco da biografia de Johannes Kepler, tentando mostrar aos alunos a sua trajetória, contribuições científicas e como uma lei ou teoria científica é construída.

Por fim, a quarta videoaula tratou sobre a gravidade, tanto sobre a visão clássica, quanto relativística, assim como a aula teórica.

A Figura 13 mostra um dos momentos de gravação de uma videoaula. Nesta imagem, pode-se perceber a atuação do professor, autor deste trabalho, e da intérprete de LIBRAS, que acompanhou em tempo real cada uma das gravações, para que pudesse fazer, simultaneamente, a tradução.

As videoaulas foram editadas utilizando o *software Vegas Pro*. Cada aula tem aproximadamente, 7 minutos e os links para as videoaulas editadas e finalizadas seguem no Apêndice 3.

Figura 13: Gravação das videoaulas



Foto: Tamires Teixeira

Todas as atividades experimentais, que foram elaboradas para serem desenvolvidas em encontros presenciais, possuíam relação com as videoaulas e com as aulas teóricas disponibilizadas anteriormente na plataforma *Google Sala de Aula*.

Para a parte *on-line* do Minicurso, criamos uma sala de aula na plataforma *Google Sala de Aula*. As videoaulas foram carregadas na plataforma de vídeos *Youtube* e após isso, se fez possível colocá-las na sala de aula *on-line*. A Figura 14 mostra a página inicial da plataforma onde estão disponíveis os materiais correspondentes às aulas teóricas e às videoaulas.

Figura 14: Plataforma *Google Sala de Aula*

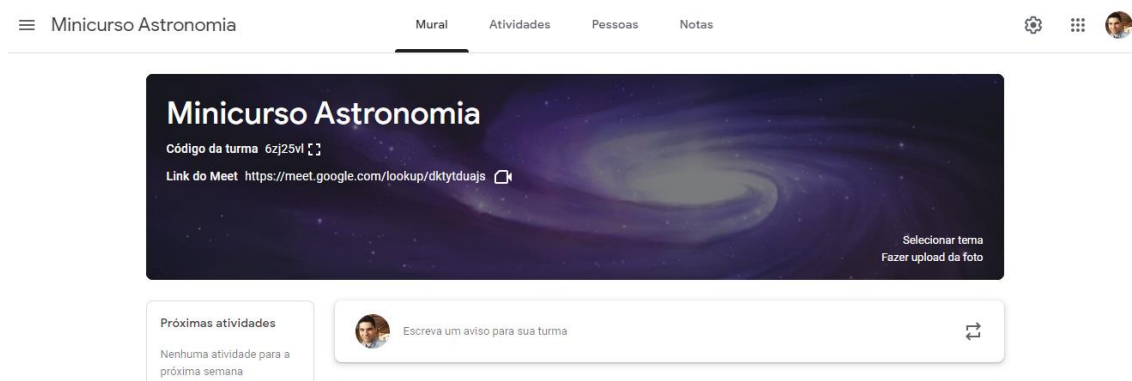


Foto: Print de tela - O Autor

Foram preparadas quatro atividades experimentais para serem realizadas com os alunos presencialmente, e, ainda, foram elaboradas duas atividades experimentais que poderiam ser realizadas *on-line*.

Para a primeira aula presencial experimental, foi elaborado o experimento denominado de “Universo no Balão”, que consiste na construção de um universo utilizando bexigas e canetas *hidrocor*. Essa atividade tem por objetivo compreender expansão do universo e poder calcular a idade do mesmo. Com essa atividade, os alunos podem calcular a idade de seus universos.

Na segunda aula experimental, foram elaboradas duas atividades, sendo a primeira atividade realizada *on-line*. Tal atividade consiste no uso do software *Stellarium* (disponível em stellarium.org/pt/) para se observar o movimento dos planetas no céu dia após dia, e, para com tal observação, os alunos pudessem desenhar suas trajetórias. A parte presencial consiste na construção do Sistema Solar, e com tal atividade tenta-se relacionar a observação feita no *software Stellarium* com o modelo feito em sala de aula.

A terceira aula experimental também possui duas atividades. A primeira atividade permite a verificação da primeira e da segunda leis de Kepler, por meio de um

simulador *on-line*, *Planetary Orbit Simulator* (disponível em astro.unl.edu/naap/pos/animations/kepler.html). Já na parte presencial os alunos puderam observar a terceira lei de Kepler por meio da realização de um experimento.

A quarta aula experimental foi realizada apenas uma atividade prática. A atividade consiste na demonstração do efeito gravitacional sobre o tecido do espaço tempo. Obviamente a atividade proposta tem caráter meramente visual, já que o efeito do experimento é muito pequeno devido à sua massa.

Todos os roteiros experimentais estão dispostos no Apêndice 3.

5.2 Questionário de Opinião

Para avaliar a aceitação da metodologia utilizada e da qualidade do Minicurso desenvolvido, foi proposto um questionário de opinião junto aos alunos participantes. A análise dos dados coletados foi de natureza quali-quantitativa, possibilitando explorar a experiência da inserção do ensino híbrido no modelo atual do Ensino Médio.

Este questionário foi disponibilizado de forma *on-line*, sem a exigência de identificação, uma vez que, o intuito era apenas conhecer a opinião dos alunos. O questionário pode ser visto no Apêndice 2.

5.3 Aplicação do Minicurso de Astronomia

O minicurso proposto foi elaborado para ser aplicado em uma escola pública com o formato de ensino híbrido. O público alvo era os alunos do primeiro ano do Ensino Médio, tendo em vista que o conteúdo de Astronomia está inserido no currículo com tema central “Universo, Terra e Vida”, previsto para ser trabalhado no decorrer do segundo semestre do ano letivo para esta série. Entretanto, alunos das demais séries do Ensino Médio podem participar, à critério do professor, pois trata-se de um minicurso de enriquecimento curricular. O conteúdo abordado no Minicurso híbrido de Astronomia contém informações que vão além daquilo que, normalmente, é trabalhado em sala de aula, no ensino regular.

Para a aplicação deste minicurso, no formato híbrido proposta, estima-se que sejam necessárias duas semanas, contendo cinco encontros presenciais, sendo quatro deles destinados às atividades práticas e um, como encerramento.

Embora o minicurso tenha sido planejado conforme as descrições supracitadas, usando o formato híbrido de ensino, sua aplicação para fins de coleta de dados deste trabalho, ocorreu totalmente de forma remota, devido às justificativas que se seguem.

No final do ano de 2019, uma pandemia, causada pelo Coronavírus (SARS-COV-2), a, então denominada COVID-19, de caráter mundial impactou de forma direta todos os setores de atividades humanas, incluindo o sistema de educação e ensino de todo o planeta.

Segundo Belasco e Fonseca (2020), na Revista Brasileira de Enfermagem “recentes casos e pneumonia de causas desconhecidas ocorridas em Wuhan (China) levaram a descoberta de um novo tipo de coronavírus (2019-nCoV)” (BELASCO, FONSECA, 2020).

Por conta da pandemia, diversos protocolos tiveram que serem adotados, dentre eles, o isolamento e distanciamento social (SBPT, 2020), o qual foi o mais impactante ao sistema de educação, que tiveram suas aulas presenciais suspensas, por tempo indeterminado, pois não se poderiam ter aulas, sem colocar em risco a saúde de profissionais e alunos.

Segundo Vieira, et. al (2021) “No intuito de minimizar os danos, iniciou-se uma corrida contra o tempo por parte dos centros educacionais para que não houvesse a perda do ano letivo. Os colégios particulares colocaram em prática o projeto de aulas por acesso remoto, alguns muito rapidamente a partir do terceiro dia de isolamento social. Isso ocorreu mais naturalmente nas escolas que já utilizavam da plataforma digital para certas atividades como a computação e, sendo assim, o que tiveram que fazer na verdade era ampliar o número de matérias e incluir todo o conteúdo para que os alunos pudessem aderir a essa nova forma de ensino” (VIEIRA, 2021).

O mesmo ocorreu com este trabalho, que já visava uma proposta alternativa de ensino e que precisou sofrer algumas mudanças em sua aplicação para que se pudesse obter resultados satisfatórios para a metodologia aplicada.

A aplicação deste trabalho estava prevista para início de março de 2020 quando as aulas foram suspensas no Brasil, impossibilitando tal aplicação. Com as mudanças, o trabalho foi aplicado em janeiro/fevereiro de 2021, passando a ser desenvolvido totalmente à distância e não mais de forma híbrida, como proposto inicialmente, já que a parte presencial do trabalho foi impedida devido à pandemia da Covid-19. O público

alvo também foi alterado, visando, agora, alunos ingressantes em cursos de Licenciatura do Ensino Superior.

Abriram-se então, inscrições para os alunos dos Cursos de Exatas da Faculdade de Ciências e Tecnologia de Presidente Prudente (FCT/UNESP), focando, principalmente, os alunos dos primeiros anos.

Para a realização das inscrições, foi utilizada a ferramenta gratuita *google forms*, que facilitou a coleta dos dados dos participantes. Tal ferramenta está disponível nas plataformas Google, bastando apenas digitar *docs.google.com/forms/* em um navegador de internet, facilitando o acesso dos alunos para preencher os dados de inscrição. A Figura 15 mostra um folder de divulgação do minicurso junto aos Cursos de Licenciatura da FCT/UNESP.

Figura 15: Folder de divulgação do Minicurso de Astronomia

The image is a promotional flyer for an astronomy minicourse. At the top, it features the title 'Minicurso de Astronomia' in large white letters on a dark blue background with a starry sky and a planet. To the right is the 'unesp' logo and the dates 'De 26/01/2021 a 16/02/2021'. Below the title, the instructor's name 'Prof. Leonardo de Oliveira Peruqui' is listed with his email 'leonardo_peruqui@hotmail.com'. A blue starburst graphic contains the text 'Realização: Departamento de Física FCT/Unesp'. Further down, the registration details are provided: 'Inscrições: 13 a 20 de janeiro de 2021', 'Endereço: https://forms.gle/EXeNzEtNcdyWzeor6', and 'Carga horária: 20 horas'. Two speech bubble-style boxes list the course topics. The first box, titled 'Aulas teóricas (EaD):', lists: 1. Universo e seus elementos: Teoria do Big Bang, 2. Sistema Solar: Corpos celestes, 3. Johannes Kepler: Contribuições científicas, and 4. Gravitação: Uma abordagem clássica e relativística. The second box, titled 'Aulas práticas (Remotas, terças-feiras, às 19h):', lists: 1. Universo num Balão, 2. Software Stellarium e a construção de um Sistema Solar, 3. Simuladores e as Leis de Kepler, and 4. Efeito Gravitacional no espaço-tempo. At the bottom left are the logos for 'MNPEF' (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) and 'SBF' (Sociedade Brasileira de Física).

Minicurso de Astronomia unesp
De 26/01/2021 a 16/02/2021

Prof. Leonardo de Oliveira Peruqui
leonardo_peruqui@hotmail.com

Realização:
Departamento de Física
FCT/Unesp

Inscrições: 13 a 20 de janeiro de 2021
Endereço: <https://forms.gle/EXeNzEtNcdyWzeor6>
Carga horária: 20 horas

Aulas teóricas (EaD):

1. Universo e seus elementos: Teoria do Big Bang
2. Sistema Solar: Corpos celestes
3. Johannes Kepler: Contribuições científicas
4. Gravitação: Uma abordagem clássica e relativística

Aulas práticas (Remotas, terças-feiras, às 19h):

1. Universo num Balão
2. Software *Stellarium* e a construção de um Sistema Solar
3. Simuladores e as Leis de Kepler
4. Efeito Gravitacional no espaço-tempo

MNPEF
Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física

SBF
SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA

Fonte: O autor

6 Resultados e Discussão

Nesta seção serão discutidos os resultados da aplicação do produto educacional que está localizado no apêndice dessa dissertação. Aqui será demonstrado como tal produto foi aplicado e quais foram as constatações que se puderam ser feitas acerca da aplicação do mesmo.

6.1 Participação dos alunos

Em um total, houve 61 inscritos no minicurso de Astronomia, reunindo 11 alunos do curso de Física, 47 do curso de Matemática, 1 aluno do curso de Engenharia Cartográfica e 1 do curso de Educação Física. Também, houve a inscrição de 1 aluno externo à FCT/UNESP. O Gráfico 1 mostra a distribuição dos alunos inscritos no minicurso.

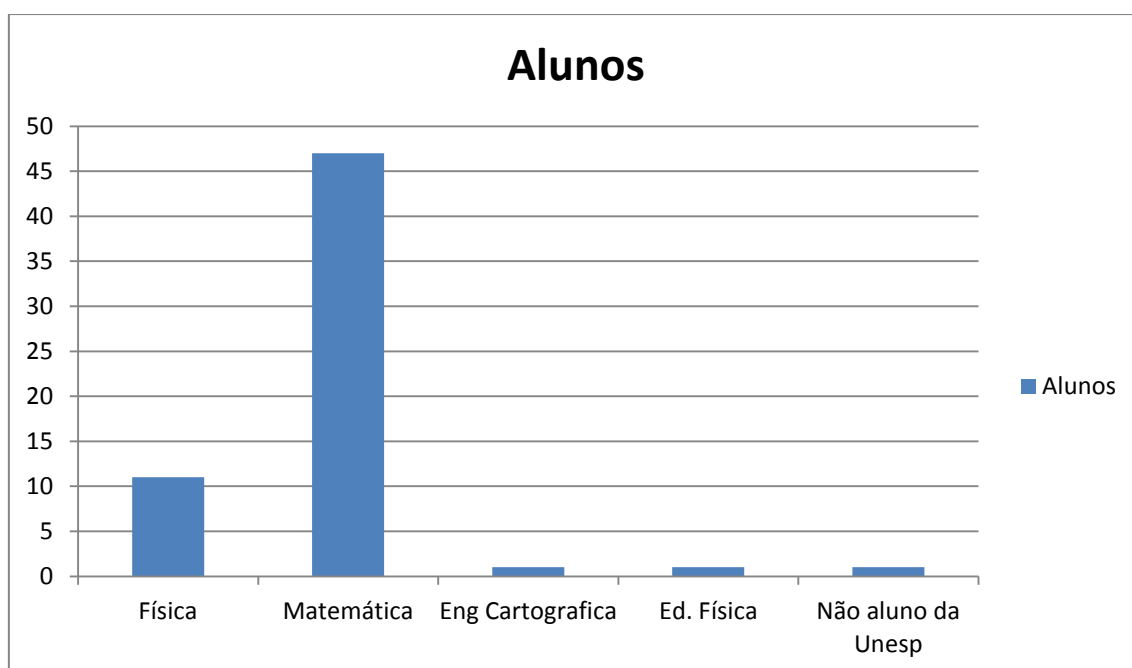


Gráfico 1: Relação de alunos inscritos por curso

Do total de alunos inscritos no minicurso, participaram efetivamente, apenas 38 alunos. A diminuição do número de participantes foi justificada, pelos próprios alunos, pelo fato de o período de desenvolvimento das aulas em tempo real do minicurso, acontecerem no mesmo horário de aula para alguns alunos que haviam se inscrito. O

calendário acadêmico da FCT/UNESP para o ano letivo de 2020 estava em momentos de finalização no período de aplicação do minicurso, em virtude da pandemia.

6.2 Desenvolvimento do Minicurso

Todos os participantes foram cadastrados na plataforma gratuita do *Google Classroom* (Figura 16), onde puderam ter acesso a todos os materiais preparados para as atividades on-line e/ou à distância, além da gravação das aulas dadas em tempo real.

Figura 16: Alunos inscritos na plataforma Google Classroom.

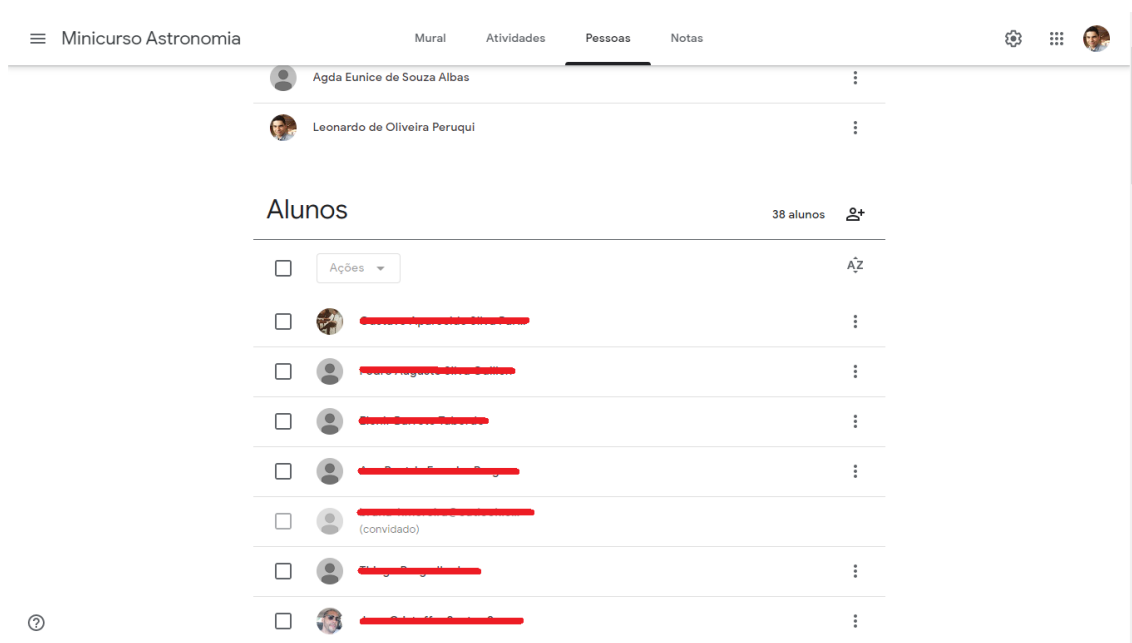


Foto: Print de tela, o Autor.

A ideia primordial da criação e desenvolvimento do minicurso de Astronomia, é promover uma sequência de discussões sobre o tema, sem torná-lo repetitivo, ou seja, as aulas gravadas, o material disponibilizado em PDF e as aulas em tempo real não são similares, porém, complementares.

Para o desenvolvimento do minicurso, foi, então proposto aos alunos, um cronograma conforme o Quadro 1. Este cronograma foi disponibilizado no *Classroom* para todos os alunos participantes.

Quadro 1: Cronograma de desenvolvimento do minicurso

	Atividade	Data da aula on-line
Semana 1	✓ Material PDF “O Universo e seus elementos” ✓ Videoaula “A Teoria do Big Bang” ✓ Roteiro experimental “O Universo em um Balão”	26/01/2021
Semana 2	✓ Material PDF “O Sistema Solar” ✓ Videoaula “Formação do Sistema Solar” ✓ Roteiro experimental “Stellarium”	03/02/2021
Semana 3	✓ Material PDF “Leis de Kepler” ✓ Videoaula “Leis de Kepler” ✓ Roteiro experimental “Simulador das Leis de Kepler”	09/02/2021
Semana 4	✓ Material PDF “Gravitação Universal” ✓ Videoaula “A Gravidade” ✓ Roteiro experimental “Gravitação”	16/02/2021

Fonte: O autor

Os alunos tiveram acesso às videoaulas e ao conteúdo em texto anterior à aula on-line, caracterizando o uso da metodologia de sala de aula invertida. Nesta abordagem, o conteúdo e as instruções são recebidos antes de o aluno frequentar a aula, usando as TDIC, mais especificamente, os ambientes virtuais de aprendizagem (VALENTE, 2018), nos quais o aluno tem flexibilidade de tempo e local para realizarem suas pesquisas e leituras prévias.

Será descrito, a seguir, o desenvolvimento de cada uma das aulas on-line, bem como a participação dos alunos nas atividades propostas. Em seguida, serão apresentados os resultados referentes à participação dos alunos nas atividades desenvolvidas em cada uma destas aulas remotas, bem como a importância dos materiais disponibilizados no Classroom para fundamentação de tais atividades desenvolvidas.

6.2.1 Desenvolvimento das aulas remotas

Aula 1: O Universo em um Balão (26/01/2021)

A aula iniciou com uma breve explicação de como iria transcorrer o mini curso. Em seguida, iniciou-se as explicações de maneira expositiva, primeiro pontuando sobre a teoria e depois realizando um experimento com os alunos.

O tema abordado foi sobre a expansão do Universo. Por meio de observações Hubble, foi abordado conceitos relacionados a um afastamento das galáxias e uma expansão do Universo, além da probabilidade de ter sido originado de algum ponto, descrevendo assim a Teoria do Big Bang.

Para representar a malha do espaço-tempo do Universo, foi utilizada uma bexiga e para representar as galáxias foi utilizada caneta hidrocor colorida. As galáxias foram desenhadas sobre a bexiga, como podem observar na Figura 17, que corresponde a um *print* da tela da aula gravada em tempo real.

Figura 17: Representação de uma galáxia desenhada sobre uma bexiga.



Foto: Print de tela, o Autor.

O experimento realizado com a bexiga teve a participação dos alunos, de forma virtual. Foi disponibilizado a eles, por meio do *Classroom*, um material em que eles poderiam completar/responder, de acordo com o desenvolvimento da atividade pelo professor, no ambiente remoto. A Figura 18 mostra, novamente, parte da gravação da

aula, onde está sendo mostrado aos alunos o arquivo que eles deveriam responder durante a explicação do professor.

Figura 18: Realização do experimento juntamente com os alunos.

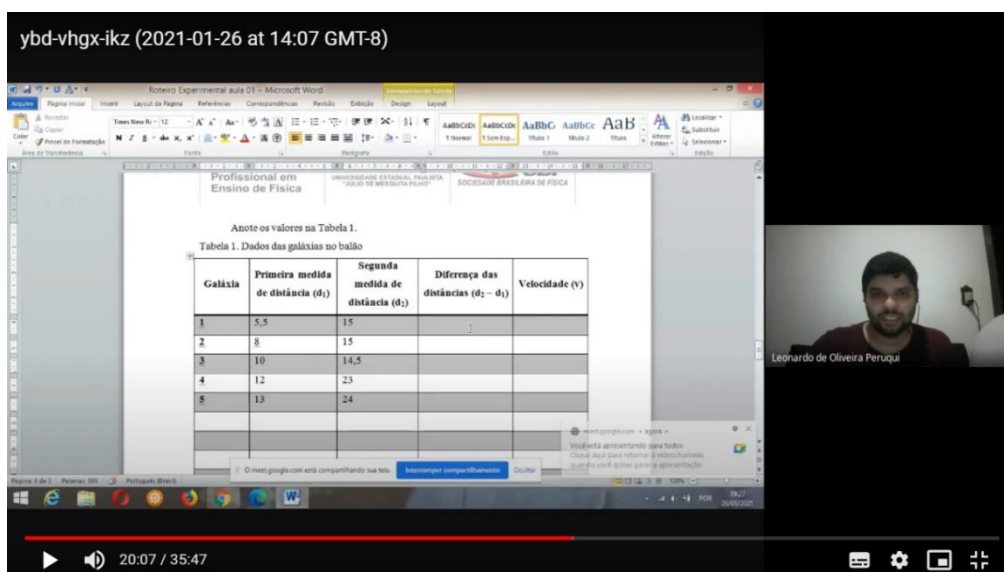


Foto: Print de tela, o Autor.

Após a realização do experimento foi aplicado um questionário por meio da plataforma de formulário do Google, disponível no Anexo 1 deste trabalho. As respostas a este questionário, referente ao tema abordado em aula, serão discutidas em breve.

Aula 2: Software Stellarium (03/02/2021)

Na segunda aula foi abordado o tema das órbitas planetárias, mais especificamente, como elas são observadas aqui do nosso planeta. Sem dúvidas, as trajetórias mais complexas de serem observadas no céu do planeta Terra são as trajetórias dos planetas vizinhos no Sistema Solar.

Porém, para realizar observações dessas trajetórias demandam um tempo, pois as mesmas devem ser feitas dia após dia, e por tal motivo, fica difícil realizar essa observação olhando para o céu.

Tendo isso em mente, e utilizando a facilidade que a tecnologia permite, foi utilizado um *software* gratuito e relativamente fácil de operar: o *Stellarium*. A Figura 19 mostra um dos momentos iniciais da aula, em que foi apresentado o software Stellarium aos participantes, bem como as ferramentas que ele oferece. Neste momento inicial, buscou-se mostrar aos alunos como usar tais ferramentas para obter a maior quantidade

possível de informações sobre a posição e o movimento dos corpos celestes, com ênfase nos planetas vizinhos da Terra.

Figura 19: Utilização do software *Stellarium*.

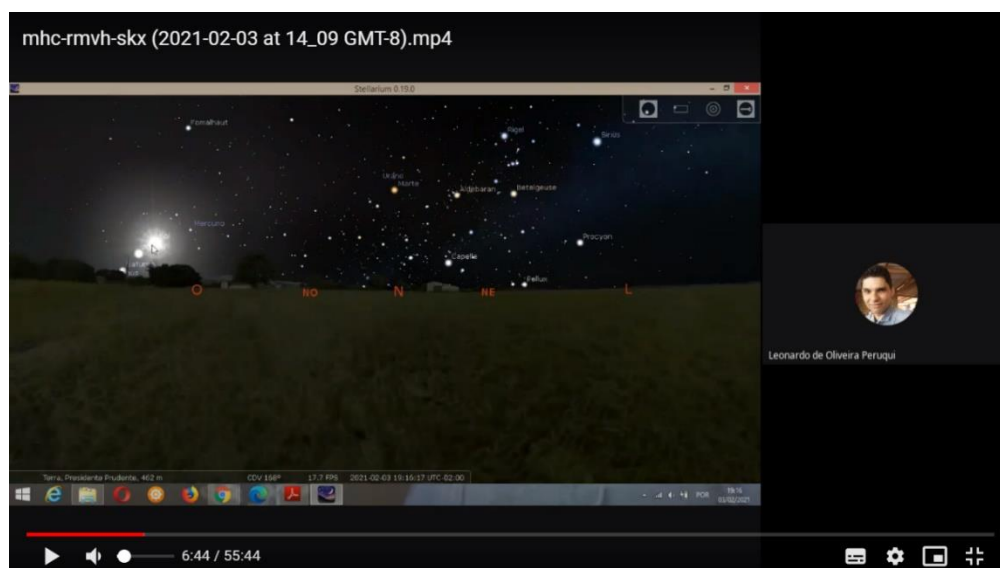


Foto: Print de tela, o Autor.

Utilizando o recurso de transmissão de tela, do *Google Meet*, foi possível mostrar para os alunos como realizar a atividade experimental proposta para esta aula. A Figura 20 mostra uma parte da aula remota, em que se iniciou a atividade experimental utilizando o software *Stellarium*.

Figura 20: Visualização de Vênus no Stellarium

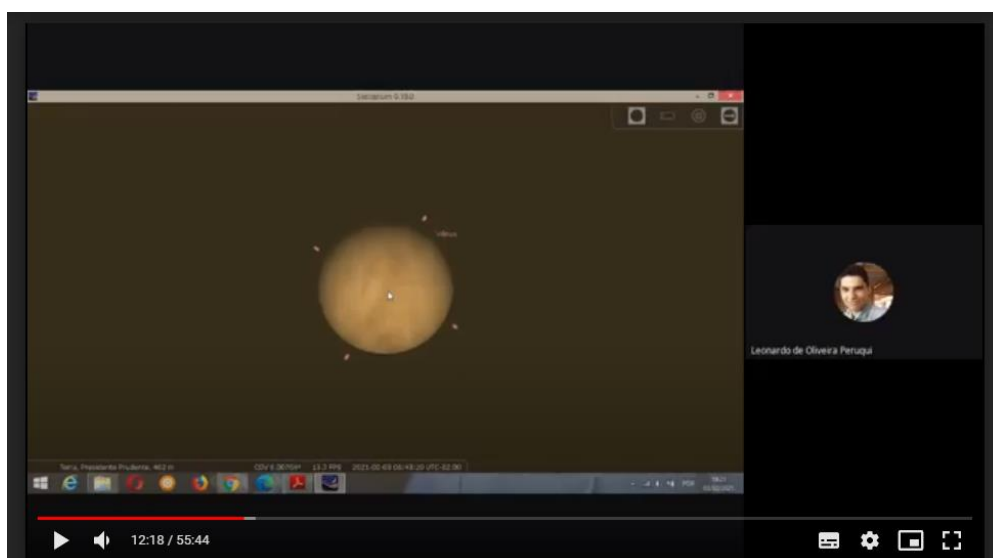


Foto: Print de tela, o Autor.

Vale lembrar que o *software Stellarium* não necessita de conexão com a internet para sua utilização. Essa versatilidade permite ao professor utilizá-la tanto no ensino à distância, quanto presencialmente, desde que a escola tenha sala de informática ou equipamentos de multimídia.

Para um enriquecimento da aula foram mostradas algumas funcionalidades do software, tais como visualizações de outros astros, como mostra a Figura 21, ou a possibilidade de trocar a localização para outros planetas, como mostra a Figura 22, ambas correspondendo ao *print* destes momentos da aula remota.

Figura 21: Alteração de localidade no *Stellarium*.

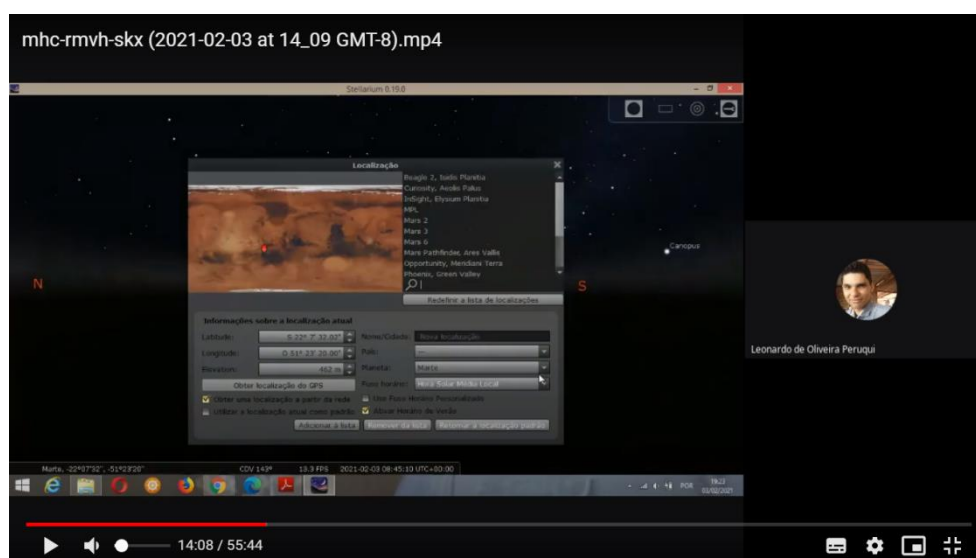


Foto: Print de tela, o Autor.

Por fim foi realizada juntamente com os alunos a visualização da trajetória dos planetas no céu, conforme se passavam os dias, como podem ver nas Figuras 22 e 23.

A ideia de aplicação deste simulador com a metodologia híbrida é de que os alunos realizem tal atividade antes do encontro em sala de aula. Porém, ressalta-se aqui, a versatilidade de tal recurso, pois o mesmo pode ser realizado com o professor junto à turma, ou com cada aluno individualmente em sua casa, ou ainda, pode ser realizada no ambiente escolar.

Para a atividade prática, deixa-se a sugestão da já conhecida montagem do Sistema Solar da maneira mais fidedigna possível a fim de facilitar aos alunos, a compreensão de escala do Sistema Solar.

Figura 22: Posição de Marte, 03/02/2021 às 14:03:22 visualizada no *Stellarium*.

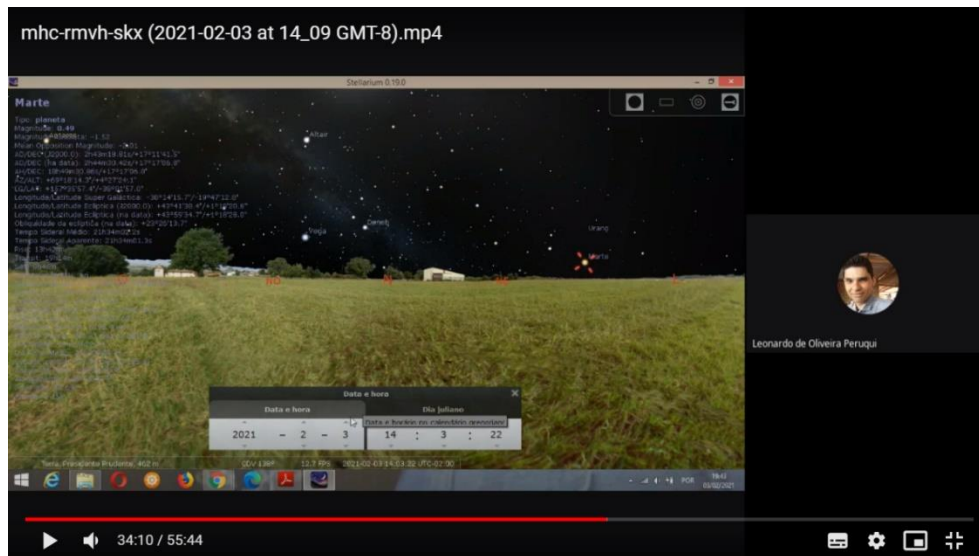


Foto: Print de tela, o Autor.

Figura 23: Posição de Marte 02/06/2021 às 13:03:53 visualizada no *Stellarium*.

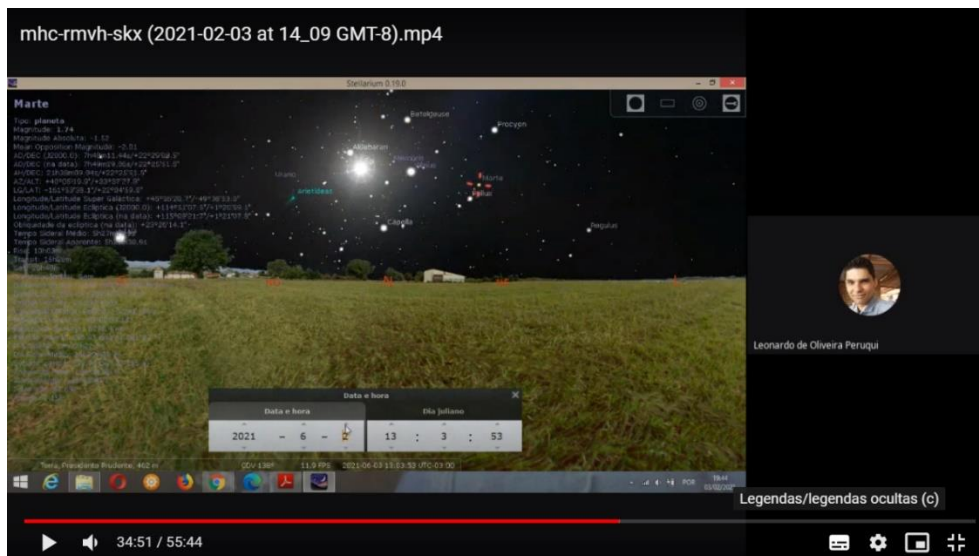


Foto: Print de tela, o Autor.

Após a realização da atividade foi aplicado aos alunos um questionário, disponível na plataforma de formulários Google. Este questionário pode ser visualizado no Anexo 1 deste trabalho, em que algumas respostas serão discutidas posteriormente.

Aula 3: Simulador das Leis de Kepler (09/02/2021)

O tema abordado na terceira aula foram as leis de Kepler. Novamente se fez uso de um simulador para demonstrar a Primeira e Segunda leis de Kepler e, foi utilizado um experimento prático para poder demonstrar a terceira lei de Kepler.

O Simulador utilizado foi o *Planetary orbit simulator* (Figura 24) disponível no site da Universidade de Lincoln – Nebraska, no domínio (astro.unl.edu/naap/pos/animations/kepler.html).

Figura 24: Simulador *Planetary Orbit Simulator*.

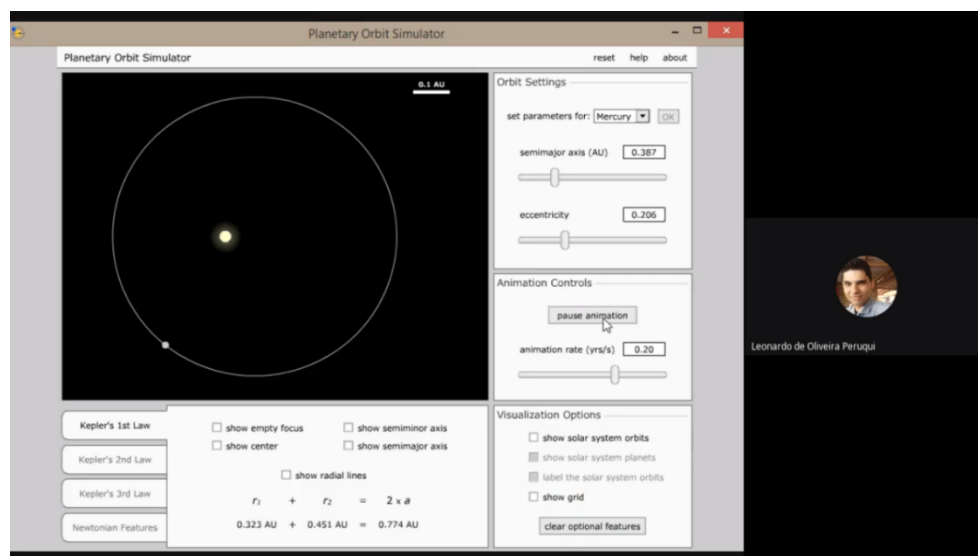


Foto: Print de tela, o Autor.

O próprio simulador dividia em seções cada lei de Kepler, assim como, algumas funcionalidades newtonianas que, no caso da respectiva aula, não foram aprofundadas. Pode se observar alguns parâmetros sobre a primeira lei de Kepler, por meio do simulador, na Figura 25, momento em que foi apresentado aos alunos na aula remota em tempo real.

Figura 25: Parâmetros primeira lei de Kepler *Planetary orbit simulator*.

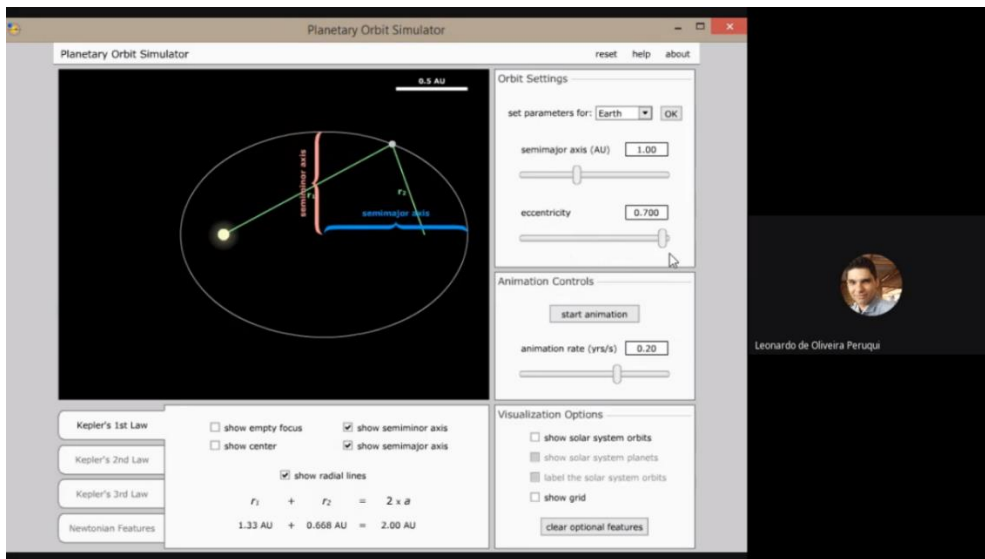


Foto: Print de tela, o Autor.

Assim como a primeira lei, têm-se as funcionalidades sobre a segunda lei. Como se trata das áreas descritas nas orbitas, esse é o principal parâmetro adotado pelo simulador. A Figura 26 mostra o momento em que foi abordada a lei de Kepler, sobre as áreas descritas nas órbitas dos planetas.

Figura 26: Segunda lei de Kepler *Planetary Orbit Simulator*

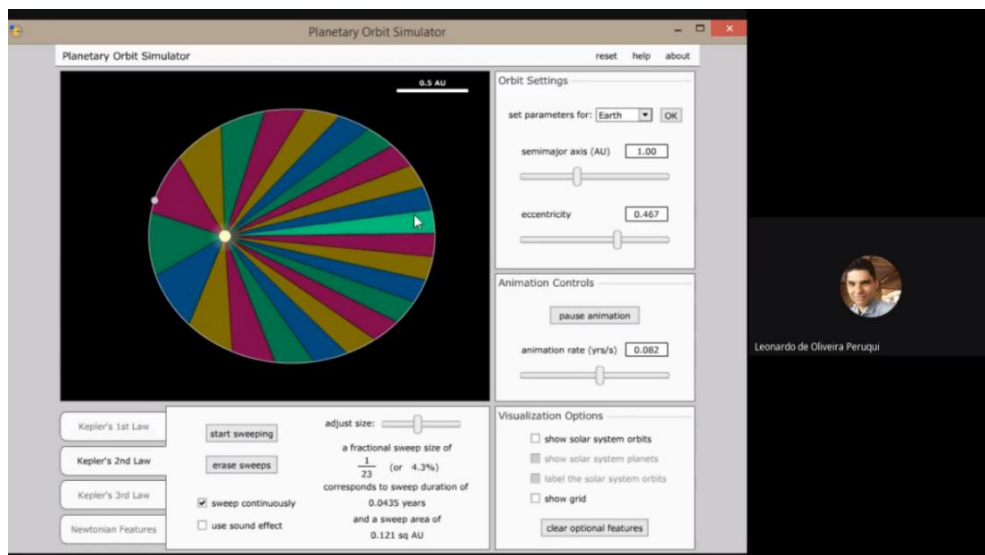


Foto: Print de tela, o Autor.

Para a terceira lei de Kepler foi utilizado uma atividade prática, como mencionado anteriormente. Essa atividade foi realizada de maneira demonstrativa e de

forma remota, utilizando materiais simples, como barbante, tubo de caneta e uma borracha escolar, como objeto representando um planeta. A Figura 27 mostra o momento em que o professor apresenta tais materiais, no início da realização do experimento.

Figura 27: Atividade prática terceira lei de Kepler



Foto: Print de tela, o Autor.

A atividade experimental consistia em girar o objeto com diferentes tamanhos de barbante (diferentes raios), diminuindo a medida do barbante conforme o objeto estava sendo girado. Com este procedimento, pôde-se demonstrar facilmente e visivelmente como a velocidade se alterava pelo simples fato de o comprimento do barbante ser diminuído.

Após a realização da aula, foi disponibilizado aos alunos o questionário na plataforma de formulários do Google (Anexo 1), para o qual, algumas das respostas também serão apresentadas e discutidas posteriormente.

Aula 4: Gravitação (16/02/2021)

Por fim, a última aula teve como objetivo demonstrar como um corpo massivo deforma o tecido do espaço tempo, ideia esta proposta por Albert Einstein. Para isso, foi realizada uma atividade experimental demonstrativa, utilizando materiais simples como esferas e um tecido apoiado em alguma superfície, onde o mesmo pudesse ser deformado.

O experimento consistia em posicionar uma esfera maior de modo que a mesma siga em direção ao centro do tecido. Após o posicionamento desta esfera no centro, uma

esfera menor foi lançada sobre o tecido. Era importante mostrar aos alunos que, se o lançamento da esfera fosse praticamente tangente ao tecido, ela faria alguns giros até que culminar no centro do tecido, juntamente da esfera maior. A Figura 28 mostra o momento de realização desta atividade na aula remota.

Figura 28: Experimento visual deformação do espaço-tempo.



Foto: Print de tela, o Autor.

A aula foi desenvolvida, portanto, com uma breve explicação sobre a gravidade pela visão de Newton e pela visão de Einstein, sempre fazendo ligações com os conteúdos vistos anteriormente, culminando na atividade prática.

Após a realização da atividade, novamente foi disponibilizado aos alunos um questionário na plataforma de formulário Google (Anexo 1), cujas respostas serão analisadas a seguir.

6.2.2 Análise das atividades realizadas pelos alunos

Aula 1: O Universo em um Balão

O primeiro ciclo de aula se inicia com a videoaula mostrando a teoria que melhor explica o início de todo o universo, que o anulo pôde ter acesso no *link* disponível nos anexos deste trabalho. O arquivo em texto mostrou alguns corpos

celestes do cosmo. Por fim, a aplicação do experimento na aula remota, em tempo real, via *Google Meet*, e a aplicação do questionário finalizando o ciclo da primeira aula.

Para avaliar as respostas dadas pelos alunos às atividades, foi realizada uma análise qualitativa. Em uma análise qualitativa, segundo Minayo o verbo principal é compreender. Compreender é exercer a capacidade de se colocar no lugar do outro tendo em vista que, como seres humanos, temos condições de exercitar esse entendimento. Para compreender, é preciso levar em conta a singularidade do indivíduo, porque sua subjetividade é uma manifestação do viver total (MINAYO, 2012).

Tem-se então a análise da atividade desenvolvida nessa primeira aula remota. Algumas respostas podem ser vistas nos Quadros 2 ao Quadro 5.

Quadro 2. Respostas da Questão 1 da primeira aula.

Questão	Aluno	Resposta
<i>Quais suposições você pode fazer, a partir da diferença das distâncias antes do balão totalmente inflado e depois?</i>	Aluno 1	<i>“Observei que as galáxias mais próximas e as mais distantes da galáxia de referência antes do balão ser inflado sofrem um maior aumento na sua distância depois dele ser totalmente inflado”</i>
	Aluno 2	<i>“As galáxias de distanciaram depois de ter inflado a bexiga”</i>
	Aluno 6	<i>“Quando o balão ainda não está cheio, faz referência a antes da explosão do Big Bang, após o balão ser totalmente inflado, faz referência a explosão, onde a o distanciamento das Galáxias”</i>
	Aluno 21	<i>“Analisando o balão antes de ser inflado, as galáxias em relação a nossa galáxia de referência, se encontram a uma certa distância. Porém quando o balão é inflado as galáxias em relação a nossa galáxia de referência, estão aumentando esta distância a cada instante de tempo que medimos”</i>
	Aluno 28	<i>“Tem a ver com força gravitacional”</i>

Fonte: O Autor

Pode-se perceber que boa parte dos alunos respondeu de forma satisfatória a questão, já que o objetivo era correlacionar o experimento inicial com a ideia de expansão do Universo. A resposta menos satisfatória foi do Aluno 28, que compreendeu a interação gravitacional entre os corpos no universo, porém, confundiu-se sobre a suposição do afastamento das galáxias desenhadas na bexiga, que representava a expansão do universo.

Quadro 3. Respostas da questão 2 da primeira aula.

Questão	Aluno	Resposta
<i>“Quais constatações você pode fazer relacionando a velocidade de distanciamento das galáxias e a distância da sua galáxia de referência?”</i>	Aluno 2	<i>“As galáxias mais distantes tiveram uma velocidade maior de afastamento em relação as galáxias mais próximas”</i>
	Aluno 3	<i>“As galáxias distantes tiveram uma velocidade maior de afastamento em relação as galáxias mais próximas.”</i>
	Aluno 10	<i>“As velocidades são próximas, mesmo com os balões”</i>

Fonte: O Autor

Observando as demais respostas, percebeu-se que foram similares entre si e, por isso, não foram apresentadas no Quadro 3. A única resposta que foi um pouco discrepante com o que se esperava foi do Aluno 10, já que a ideia era mostrar que a velocidade de afastamento era maior, conforme a bexiga era inflada.

Quadro 4. Respostas questão 3 da primeira aula

Questão	Aluno	Resposta
<i>“Com o experimento realizado, as ideias de Hubble fazem sentido? Explique”</i>	Aluno 3	<i>“Sim, pois o experimento conseguiu comprovar o que Hubble disse sobre a relação entre a velocidade e as distâncias das galáxias”</i>
	Aluno 4	<i>“Sim, pois a lei de Hubble afirma que a velocidade de afastamento de uma galáxia é proporcional, e é o que acontece com o experimento realizado.”</i>
	Aluno 22	<i>“Através do experimento, observamos claramente as ideias de Hubble, que diz que quanto mais distantes da Terra, mais rapidamente as galáxias afastam-se, fato esse que sugere a possibilidade de vivermos em um Universo em constante expansão.”</i>

Fonte: O Autor

A maioria dos alunos respondeu à questão de forma similar. A resposta do Aluno 22, no entanto, foi surpreendentemente aprofundada, o que demonstra uma total compreensão do assunto abordado, correlacionando a experimentação com a ideia de expansão do Universo amparada por Hubble. Não foi possível observar respostas

insatisfatórias com relação a essa questão, o que é bastante otimista para o experimento e a questão relacionada a ele.

Quadro 5. Respostas da questão 4 da primeira aula.

Questão	Aluno	Resposta
<i>Como você relaciona o experimento do universo no balão com a Teoria do Big Bang?"</i>	Aluno 32	<i>"A ideia é entender e tentar visualizar, através do experimento, o que Hubble enxergou na expansão do universo, observando as galáxias se afastando, podendo comparar o conceito físico (entendido por eles) e o conceito simples do experimento".</i>
	Aluno 16	<i>"A relação que se pode estabelecer é que quando surgiu o universo tínhamos toda a massa e o seu conjunto concentrado em um ponto, que era muito instável e essa instabilidade fez com que em um certo momento se expandisse em uma velocidade maior que a velocidade da luz. Logo, quando inflamos um balão realizamos essa expansão porém adaptada ao nosso tempo e velocidade dentro do limite da Terra."</i>
	Aluno 1	<i>"As galáxias se afastam cada vez mais rápido à medida que se afastam, assim como os pontos no balão, ou seja, pode ser observado a expansão do Universo ao longo do tempo. Relacionando assim, o experimento do universo no balão com a Teoria do Big Bang"</i>

Fonte: O Autor

A ideia fundamental desta primeira aula era demonstrar a validade da Teoria do Big Bang, por meio da videoaula apresentada anteriormente e com o livro texto, que mostra alguns elementos existentes no universo. A junção da videoaula, do material teórico escrito e a aula remota, foi uma estratégia utilizada para aumentar o interesse dos alunos com relação ao tema. A realização da atividade experimental auxiliou em mostrar como se pode corroborar teorias por meio de observações de um experimento simples.

A maioria das respostas atendeu ao objetivo para a primeira aula, demonstrando que, por meio da experimentação simples, podem-se ensinar conceitos complexos.

Aula 2: Software Stellarium

O segundo ciclo foi desenvolvido sobre o sistema solar, mantendo a ideia de partir de uma área ampla para um ponto mais específico. No livro texto do minicurso, disponibilizado no ambiente virtual (*Classroom*), continha o conteúdo sobre os planetas do sistema solar e a videoaula disponibilizada explicava sua formação. Já a atividade experimental buscou mostrar como se vê o movimento dos planetas no céu e como os mesmos descrevem trajetórias bastante excêntricas.

Para finalizar esse conjunto de atividades (texto, videoaula e aula experimental remota), aplicou-se o questionário para verificar a compreensão dos alunos com relação ao conteúdo aplicado.

As respostas para as questões, com ênfase na realização do segundo experimento, são mostradas nos Quadros 6 ao 8.

Quadro 6. Respostas da questão 1 da segunda aula.

Questão	Aluno	Respostas
<i>“Você encontrou muita diferença entre as trajetórias dos planetas?”</i>	Aluno 1	<i>“Sim, muita. Pois houve planetas que avançaram e retornaram, outros que avançavam, retrocediam e continuavam, e alguns que avançavam, subiam bastante, depois retornavam e logo continuavam seu trajeto. Assim, pude perceber órbitas muito diferentes de um planeta para outro conforme os dias eram passados, uma vez que suas distâncias ao Sol e à Terra eram todas distintas umas das outras.”</i>
	Aluno 16	<i>“Não muito, através do experimento prático no Stellarium foi possível observar a trajetória pelos planetas. A diferença seria mais a velocidade com que os planetas realizam a trajetória em um ano”.</i>
	Aluno 11	<i>“Não já que todos os planetas possuem trajetórias circulares”.</i>

Fonte: O Autor

Com a questão mostrada no Quadro 6, buscava justamente verificar a premissa fundamental do experimento, que era demonstrar as trajetórias dos planetas por meio do *software Stellarium*.

O Aluno 1 demonstrou uma resposta bastante satisfatória. Porém, os outros dois alunos responderam diferente do que se esperava. Ambos responderam conceitos verdadeiros a respeito da trajetória dos planetas, porém, não corroborou com o que se esperava com relação ao experimento.

Quadro 7. Respostas da questão 2 da segunda aula.

Questão	Aluno	Resposta
<i>“Como você explicaria tais trajetórias imaginando a Terra no centro do Sistema Solar?”.</i>	Aluno 1	<i>“Sabendo que os planetas giram em torno da Terra e que possuem órbitas diferentes entre si, observadas dia após dia, então a justificativa seria a de que os planetas estariam girando em torno da terra e mantendo seus Epíclis para cada planeta, como sugerido por Ptolomeu, onde cada um deles também estariam realizando uma órbita menor em torno de um centro invisível, enquanto ainda mantinham sua órbita maior em torno da Terra.”</i>
	Aluno 31	<i>“Por meio de epíclis que os planetas descrevem em torno da Terra”</i>
	Aluno 8	<i>“Se a Terra realmente fosse o centro, as trajetórias se manteriam iguais as do nosso Sistema, por não ser, as trajetórias ficam estranhas, não fazendo um ciclo exato.”</i>
	Aluno 14	<i>“Imagino que seria como a da lua”.</i>

Fonte: O Autor

A questão mostrada no Quadro 7 procurava verificar a compreensão dos alunos com relação às teorias Heliocêntricas e Geocêntricas, permitindo que os alunos correlacionassem a criação dos epíclis para explicar as órbitas observadas aqui da Terra.

Com relação a essa questão, pôde-se observar que houve alunos que citaram os epiciclos, porém, das respostas analisadas, dois alunos não o mencionaram em suas respostas. Este resultado mostra que a maioria dos alunos participante compreenderam os conceitos abordados na aula. Aqueles quem não mencionaram os chamados “epiciclos” correspondem a um número aceitável para esta coleta de dados.

Quadro 8. Resposta da questão 3 da segunda aula.

Questão	Aluno	Resposta
<i>“Explique o motivo de adiantarmos dia após dia, ao invés de adiantarmos as horas”</i>	Aluno 5	<i>“Porque ao adiantarmos os dias podemos ver as trajetórias dos planetas”,</i>
	Aluno 40	<i>“Se adiarmos as horas, o movimento dos planetas passariam mais lentamente. Portanto, devido a isso, foram adiantado os dias para que desta forma fosse possível ver a movimentação e como os planetas se movimentam de formas diferentes das estrelas se comparados aos planetas.”</i>
	Aluno 33	<i>“Por causa da rotação, isso é fundamental, pois regula temperatura, regula o ritmo de atividades humanas”</i>
	Aluno 14	<i>“Pela percepção do movimento do planeta observado dia após dia no mesmo horário.”</i>
	Aluno 23	<i>“Pelo movimento de translação, a cada dia que passa a terra está em uma posição diferente, os demais planetas também”.</i>

Fonte: O Autor

Na questão apresentada no Quadro 8, procurou-se verificar se os alunos compreenderam que, para observarmos a trajetória dos planetas, era necessário adiantar dia após dia, pois, queríamos analisar a posição do planeta no mesmo horário com relação a sua translação. Caso adiantássemos as horas iríamos analisar o movimento dos planetas com relação ao movimento de rotação do planeta Terra.

Com as respostas elencadas no Quadro 8, pôde-se perceber que os alunos 5, 14 e 23 compreenderam o fato de adiantar os dias para poder notar a alteração de posição do planeta no céu, com relação ao movimento de translação. Outras respostas, como do Aluno 40, relacionaram o fato de adiantar os dias para poder passar mais rápido, o que não está totalmente errado, porém, não era o objetivo que a questão procurava avaliar. A

resposta mais confusa foi do Aluno 33 que fugiu completamente do tema. De acordo com sua resposta, a rotação do planeta tem tal função, mas não era o que procurava com a questão em si.

Pode-se tirar da análise deste ciclo, que a ideia do experimento parece razoável, porém, necessita de alguns ajustes, tanto na demonstração do experimento, como em relação à elaboração do questionário, para torna-lo mais claro aos alunos.

Aula 3: Simulador das Leis de Kepler

Para o terceiro ciclo do minicurso, procurou-se demonstrar as leis de Kepler. No material escrito da aula (livro texto), o qual os alunos tiveram acesso no ambiente virtual, foram enunciadas todas as leis de Kepler, explicando cada uma delas. Já na videoaula foi abordada uma breve história de como teria sido elaborada tais leis. E, por fim, na aula remota, em tempo real, houve a apresentação do experimento, utilizando uma simulação para demonstrar tais leis. Ao final da aula remota, como já mencionado anteriormente, foi aplicado um questionário, via formulário Google, envolvendo o assunto abordado na aula remota e, também, amparado pelos materiais disponíveis no *Classroom*. As respostas mais relevantes são mostradas nos Quadros 9 ao 14.

Quadro 9. Respostas da questão 1 da terceira aula.

Questão	Aluno	Resposta
<i>“Qual a posição do Sol em relação ao centro? E em relação ao foco vazio?”</i>	Aluno 5	<i>“O sol é um dos focos da elipse. O sol e o foco vazio tem a mesma distância do centro”</i>
	Aluno 36	<i>“O Sol se posiciona, não no centro, mas sim em um dos focos”</i>
	Aluno 18	<i>“O Sol é deslocado do centro e do foco vazio”</i>
	Aluno 20	<i>“Como a trajetória das órbitas dos planetas tratam-se de elipses, temos que o sol nunca estará no centro, e sim em um dos focos da elipse, como diz a primeira lei de Kepler. O foco vazio estará na mesma distância do centro que do que o sol e se encontrará na reta que passa por esses dois pontos (sol e centro da elipse)”</i>
	Aluno 33	<i>“o Sol nasce à esquerda do leste, mais ao Norte e após o início do outono e no inverno, à</i>

		<i>direita do leste, mais ao sul</i>
--	--	--------------------------------------

Fonte: O Autor

De acordo com as respostas dadas à questão apresentada no Quadro 9, a maioria dos alunos compreendeu seu contexto, correlacionado com a primeira lei de Kepler, na qual tem-se órbitas elípticas com o Sol se localizando em um dos focos. A resposta que não foi condizente com o contexto da questão foi do Aluno 33, mostrando uma leve confusão a respeito do posicionamento do Sol.

Quadro 10. Respostas da questão 2 da terceira aula.

Questão	Aluno	Resposta
<i>“O que acontece com a elipse quando aumenta a excentricidade e quando diminui?”</i>	Aluno 2	<i>“Quando aumenta os focos ficam mais distantes do centro e quando diminui eles se aproximam”</i>
	Aluno 6	<i>“Pelo experimento, quando eu aumento a excentricidade, os focos aumentam de distancia em relação ao centro e quando eu diminuo, eles se aproximam”</i>
	Aluno 31	<i>“Quando aumentamos a excentricidade a elipse tende a ficar mais "achatada" e quando diminuimos sua excentricidade a elipse tende a se parecer com uma circunferência”.</i>
	Aluno 32	<i>“Quando aumenta a excentricidade os focos aumentam em relação ao centro, consequentemente, quando a excentricidade diminui os focos diminuem em relação ao centro.”</i>
	Aluno 16	<i>“Quando a excentricidade é aumentada o semieixo maior aumenta em relação ao semieixo menor. Quando a excentricidade diminui o semieixo menor volta a ter a mesmo tamanho que o semieixo maior.”</i>

Fonte: O Autor

A segunda questão, mostrada no Quadro 10, foi amplamente respondida de forma satisfatória por todos os alunos participantes do minicurso. Outras respostas poderiam ter sido elencadas, porém são todas similares às aquelas apresentadas no Quadro 10. Com estas respostas, percebe-se um alto grau de compreensão dos alunos com

relação ao simulador no que tange demonstrar a relação entre o formato da elipse e sua excentricidade.

Quadro 11. Respostas da questão 3 da terceira aula.

Questão	Aluno	Resposta
<i>“O que acontece com os semieixos menor e maior quando a barra de excentricidade está no máximo? E as linhas radiais quando o planeta está perto do Sol, e quando está longe?”</i>	Aluno 10	<i>“Quando a barra de excentricidade está no máximo podemos ver as diferenças dos semi eixos, o semi eixo Y diminuiu e o X aumentou. Os raios mudam conforme a excentricidade, quando está alta podemos ver que quando ele está próximo do sol ele aumenta sua velocidade”</i>
	Aluno 6	<i>“Quando a o aumento de excentricidade, observasse que um semieixo aumenta e outro diminui. Observei que quando as linhas radiais está perto do sol a velocidade é mais rápida, e quando está longe do sol, ele diminui a sua velocidade.”</i>
	Aluno 26	<i>Quando aumenta a excentricidade vai aumentando o eixo x (eixo maior) é maior do que o eixo y (eixo menor). E quando eu olho para as linhas radiais, quando está próximo temos apenas um raio, e quando aumentamos a excentricidade temos dois raios, sendo um em relação ao centro e outro em relação ao eixo maior. E quando aumentamos a excentricidade aumenta a distancia dos raios também aumentam se comparado quando a excentricidade esta no zero.</i>

Fonte: O Autor

A questão 3, mostrada no Quadro 11 é essencialmente parecida com a questão 2 (Quadro 10), onde ambas se referem a excentricidade da elipse. O objetivo dessa questão era verificar se os alunos compreenderam que o raio de uma esfera (elipse de excentricidade nula) se torna diferente quando aumentamos a excentricidade, já que as linhas radiais se ligavam aos focos da elipse.

Boa parte dos alunos conseguiu perceber o surgimento de uma nova linha radial, porém, alguns não se deram conta de onde partia tal raio. Novamente, aqui, notou-se,

mediante a maioria de respostas coerentes, que houve um amplo entendimento sobre o tema, por parte dos alunos.

Quadro 12. Respostas da questão 4 da terceira aula.

Questão	Aluno	Resposta
<i>“Ao arrastar uma área sobre a outra, elas possuem o mesmo tamanho? Aumentando a excentricidade elas mantiveram o que houve com relação ao tamanho das áreas?”</i>	Aluno 32	<i>“Conforme vamos passando a área para o outro lado, ela encaixa perfeitamente, ou seja, possuem o mesmo tamanho, não importa o tamanho que esteja, pois forma a mesma área em tempos iguais”;</i>
	Aluno 25	<i>“Sim. As áreas são as mesmas, o que muda é a velocidade.”</i>
	Aluno 18	<i>“Sim, ao arrastar uma área sobre a outra, percebemos que elas possuem o mesmo tamanho. Ao aumentar a excentricidade, elas mantiveram o mesmo tamanho das áreas, apesar do formato diferente”</i>
	Aluno 21	<i>“Sim, mesmo aumentando a excentricidade da elipse as áreas se mantiveram do mesmo tamanho”</i>

Fonte: O Autor

O objetivo da questão mostrada no Quadro 12 era avaliar a compreensão dos alunos com relação à segunda lei de Kepler, na qual os planetas varrem áreas iguais em tempos iguais. Pode-se perceber que o simulador demonstrou de forma satisfatória a segunda lei de Kepler, e os alunos puderam compreendê-la perfeitamente, de acordo com as respostas oferecidas por eles.

Quadro 13. Respostas da questão 5 da terceira aula

Questão	Aluno	Resposta
<i>“No segundo caso, onde a excentricidade era 0.300, o que mudou a respeito das bordas das áreas? E o que vocês observam quando o planeta está mais perto do Sol? E quando está mais longe, o que acontece?”</i>	Aluno 27	<i>“Quando a órbita da Terra está próxima ao Sol, as bordas das áreas da trajetória são maiores, como o planeta tem que percorrer uma borda maior no mesmo tempo, a órbita aumenta sua velocidade. Quanto mais longe, a borda das áreas serão menores, a velocidade diminui num mesmo tempo”</i>
	Aluno 34	<i>“As bordas ficaram com tamanhos diferentes. Quanto mais próximo o planeta do sol as</i>

		<i>bordas da área aumentaram e quanto mais distantes do sol menores eram as bordas das áreas”</i>
	Aluno 22	<i>“Quando a excentricidade era maior, observa-se que as bordas das áreas, mudam de tamanho, quanto mais próximo do sol, maior é a borda, isso se da, pois o planeta “anda” mais rápido, ao se aproximar do sol, para que sejam formadas mesmas áreas e ao ficar mais longe do sol, o planeta “anda” mais devagar.”</i>
	Aluno 32	<i>“As bordas ficaram com tamanhos diferentes. Quanto mais próximo o planeta do sol as bordas da área aumentaram e quanto mais distantes do sol menores eram as bordas das áreas.”</i>

Fonte: O Autor

O objetivo da questão 5, mostrada no Quadro 13, era demonstrar que a borda das áreas aumentava e diminuía conforme alterava a excentricidade. Neste caso, o aumento e diminuição das bordas se davam ao fato de que as áreas deveriam se manter iguais. A questão procurava, portanto, verificar a compreensão dos alunos a respeito dessa relação, e, com isso, a velocidade do objeto que está em órbita deveria aumentar quando próxima do objeto que está sendo orbitado.

Pelas respostas elencadas no Quadro 13, pode-se notar que os alunos compreenderam o assunto, o que demonstra que o simulador foi capaz de expressar as ideias da segunda lei de Kepler.

Para a terceira lei de Kepler não se fez uso do simulador, foi realizado um experimento, e para tal experimento foi elaborada a questão mostrada no Quadro 14, juntamente com algumas respostas dadas pelos alunos participantes.

Quadro 14. Respostas da questão 6 da terceira aula.

Questão	Aluno	Resposta
<i>“Compare as velocidades quando o comprimento do barbante diminuiu. O que aconteceu? E, por que motivo aconteceu?”</i>	Aluno 13	<i>“A velocidade aumentou quando o comprimento do barbante diminuiu, isso ocorre porque o seu raio diminuiu também”</i> ,
	Aluno 26	<i>“Quando o barbante diminui a velocidade aumenta, logo o planeta leva menos tempo pra percorrer sua órbita”</i>

	Aluno 8	<i>“Conforme o barbante diminuiu a borracha aumentou seu numero de giros e sua velocidade é maior. Todos os planetas que estão próximos do sol orbitam mais rápidos e conseguem cumprir sua órbita em menos tempo do que os planetas distante”</i>
	Aluno 21	<i>“A velocidade conforme o barbante diminui vai aumentando, pois o tamanho do raio de sua orbita vai se tornando cada vez menor. Isto está intrinsecamente ligado a quantidade de momento angular do planeta, em relação a distância (raio) ao seu eixo de rotação, assim quanto maior o raio mais tempo levará para realizar a volta, e quanto menor o raio mais rapidamente para percorrer a orbita.”</i>

Fonte: O Autor

Pode se notar que as respostas elencadas para a questão mostrada no Quadro 14 foram condizentes com o objetivo do experimento e da questão. Ambos procuravam verificar se os alunos relacionariam o aumento da velocidade do objeto com o seu raio de órbita, ora, essa relação é condizente com a terceira lei de Kepler e pode ser demonstrada por meio de um simples experimento.

Aula 4: Gravitação

Finaliza-se o minicurso com o quarto ciclo, demonstrando o efeito gravitacional no tecido do espaço-tempo. Para auxiliar no desenvolvimento deste tema, foi disponibilizado no *Classroom*, o texto da aula, que mostrava a diferença das ideias de Newton e Einstein com relação à gravidade. Também, disponibilizado antecipadamente no *Classroom*, a videoaula demonstrava, de maneira mais visual, tais diferenças para melhorar a compreensão dos alunos e, por fim, utilizou-se um experimento visual na aula remota, em tempo real, para mostrar como seria o efeito da deformação do espaço-tempo. Ao final desta aula virtual, os alunos novamente responderam a um questionário para avaliar a compreensão sobre o assunto abordado. As questões e suas respectivas respostas, dadas por alguns alunos participantes, são mostradas nos Quadros 15 ao 18.

Quadro 15. Respostas da questão 1 do da quarta aula

Questão	Aluno	Resposta
<i>“Na primeira observação, quando é solta apenas a esfera maior, o que acontece?”</i>	Aluno 5	<i>“Ela deforma o tecido do espaço tempo”</i>
	Aluno 13	<i>“O tecido do pano em que a bola fica é distorcido”</i>
	Aluno 23	<i>“Quando é solta apenas a esfera maior ocorre uma deformação no tecido”.</i>
	Aluno 30	<i>“A esfera maior ao ser solta no tecido, vemos que o tecido sofre uma "deformação" devido ao peso da esfera”</i>
	Aluno 10	<i>“Quando é solta apenas a esfera acontece que o pano é um pouco abaixado”</i>

Fonte: O Autor

A primeira questão sobre o tema desta aula, mostrada no Quadro 15, era simples. Procurava-se apenas verificar se os alunos compreenderam a premissa de que a esfera deformaria o tecido do experimento realizado, e, a partir dessa premissa, e, em seguida, avaliar a compreensão acerca do restante do experimento. Diante das respostas dadas pelos alunos, todos apresentaram uma compreensão satisfatória, ou seja, não houve respostas divergentes.

Quadro 16. Respostas da questão 2 da quarta aula

Questão	Aluno	Resposta
<i>“Relate o que acontece quando a esfera menor é apenas solta no tecido”</i>	Aluno 19	<i>“Ela vai direto em direção onde está a esfera maior”</i>
	Aluno 20	<i>“A esfera menor vai em direção da esfera maior, acompanho a distorção que foi formada anteriormente pela esfera maior”.</i>
	Aluno 28	<i>“A esfera menor vai em direção a esfera maior”</i>
	Aluno 31	<i>“Quando a esfera menor é apenas solta, ela segue em linha reta em direção a esfera maior. Ela segue a deformação causada pela esfera maior indo direto ao seu encontro.”</i>
	Aluno 10	<i>“Vai direto em direção a onde está a esfera maior”</i>

Fonte: O Autor

Para a questão mostrada no Quadro 16, notou-se que os alunos conseguiram relatar de forma satisfatória que, quando a esfera menor é apenas solta ela segue em direção à esfera maior, seguindo a deformação ocasionada pela esfera maior previamente colocada no centro do tecido. Isso demonstra que os alunos tiveram uma boa compreensão, tanto do experimento, quanto da questão em si, e, conseguiram criar essa relação apenas observando o experimento.

Quadro 17. Respostas da questão 3 da quarta aula

Questão	Aluno	Respostas
<i>“Descreva a trajetória da esfera menor quando esta é solta com certa velocidade”</i>	Aluno 16	<i>“A esfera menor faz uns giros antes de ir para a deformação do centro”</i>
	Aluno 26	<i>“A esfera menor gira algumas vezes sobre o tecido em volta da esfera maior até parar no centro”.</i>
	Aluno 9	<i>“Ocorre a queda livre que é um movimento uniformemente acelerado e unidimensional, cuja aceleração é a aceleração da gravidade”</i>
	Aluno 28	<i>“Perde velocidade”</i>

Fonte: O Autor

Com relação à questão mostrada no Quadro 17, houve respostas, como dos Alunos 26 e 16, que foram bastante condizentes com o que se pedia, porém, cabe destacar as respostas dos Alunos 9 e 28. Ambas as respostas, sob ponto de vista Físico, não estão erradas, pois, o que acelera a esfera menor, é realmente a gravidade e essa perde velocidade devido ao atrito com o pano e o ar. Porém, as respostas não condiziam com o esperado. Talvez não tenha ficado tão clara a ideia de o experimento ser uma demonstração meramente superficial e visual, que não necessitava do conceito físico.

Quadro 18. Respostas da questão 4 da quarta aula.

Questão	Aluno	Resposta
<i>“Foi dito que o efeito causado é apenas visual, que é realizado por outras forças. Quais forças são responsáveis pela deformação em cada caso?”</i>	Aluno 6	<i>“A força da gravidade faz com que a esfera vai em direção ao centro”</i>
	Aluno 29	<i>“O experimento é visual porque a interação obtida não é a interação entre as próprias esferas. No experimento visual, temos a deformação no tecido”</i>

		<i>ocorrendo devido à força peso gerada pela massa da esfera maior. Já na interação dos planetas, temos que a força responsável pela deformação no tecido espaço-tempo é a força de aceleração gravitacional”</i>
	Aluno 9	<i>“Força de atrito, gravitacional, arraste, magnético”</i>
	Aluno 36	<i>“A gravidade”</i>

Fonte: O Autor

De uma maneira geral, pode-se dizer que alguns alunos se manifestaram de forma mais completa em suas respostas à questão mostrada no Quadro 18, ao passo que outros foram mais simples em suas concepções. Mas, a maioria dos alunos respondeu de forma satisfatória a essa questão. A resposta que foi mais discrepante foi do Aluno 9, que mencionou forças que não possuem relação com o experimento realizado.

Após a realização das aulas e aplicação dos questionários pode-se dizer que o minicurso transcorreu de forma tranquila, mesmo sendo totalmente virtual. Obviamente, alguns ajustes podem ser realizados para adequar o minicurso à uma plataforma totalmente remota. Entretanto, essas adaptações podem ser feitas naturalmente pelos professores que vierem a desenvolver o minicurso proposto, tendo em vista o contexto escolar ao qual ele e seus alunos estarão inseridos.

6.3 Avaliação do Minicurso

Para avaliar opinião dos participantes com relação ao minicurso oferecido, foi elaborado um questionário no formulário Google e disponibilizado aos participantes no final da última aula *on line*. Dos participantes do minicurso, 23 alunos responderam ao questionário de opinião.

O Gráfico 2 mostra os resultados para a primeira questão de opinião colocada aos alunos. Note que a maioria dos alunos (61%) consideraram o minicurso mediano, seguido de 35% que o consideraram fácil. Somente 4% (correspondente a um aluno da turma), considerou o minicurso difícil.

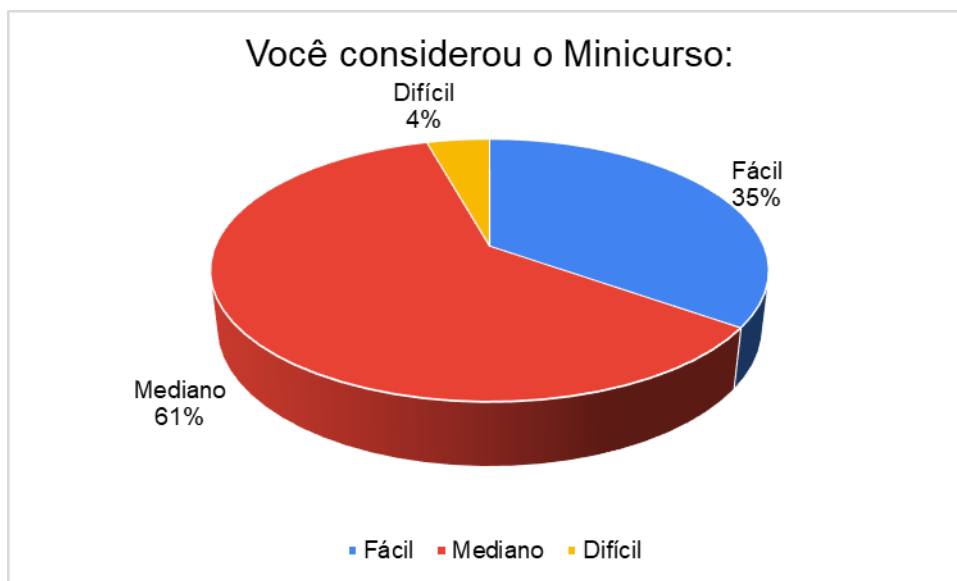


Gráfico 2: Resposta dos alunos quanto ao nível de dificuldade do minicurso.

Fonte: Elaborado pelo formulário google

O Gráfico 3 mostra os resultados para a segunda questão de opinião sobre o material de apoio oferecido aos participantes. De forma geral, os alunos consideraram o material completo ou satisfatório. Nenhum aluno considerou o material incompleto. Estes resultados mostram que o conteúdo catalogado na forma de arquivo para leitura e videoaula foi adequado e compreensível. Este resultado é importante para o trabalho, pois mostra que o material elaborado atende às expectativas dos estudantes no sentido de abordar o conteúdo básico de Astronomia de uma forma significativa e completa.

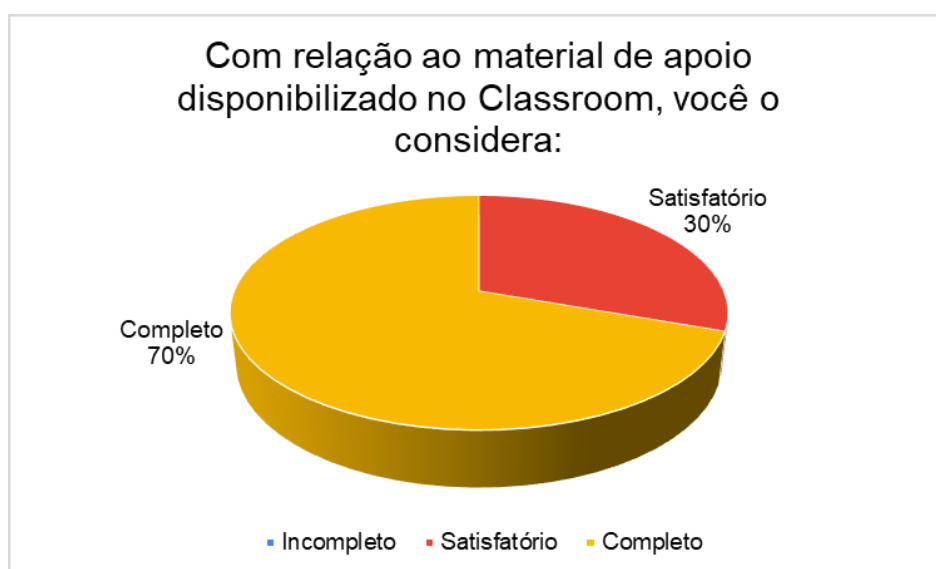


Gráfico 3: Resposta dos alunos quanto ao material disponibilizado

Fonte: Elaborado pelo formulário google

O Gráfico 5 mostra a opinião dos participantes sobre as aulas on-line. Dos resultados, observa-se que a maioria dos participantes do minicurso (87%), consideraram as aulas on-line bem estruturadas e os demais (13%) consideraram mediana. Este resultado também é satisfatório, tendo em vista as alterações realizadas na proposta, ou seja, as aulas oferecidas de forma on-line foram preparadas inicialmente para serem oferecidas de forma presencial, o que iria caracterizar o ensino híbrido. Todas essas aulas on-line envolveram, de certa forma, um experimento que deveria ser realizado pelos alunos participantes. Entretanto, com as adaptações, os experimentos foram apenas demonstrados nas aulas on-line, pelo professor. Esta forma de apresentação descaracterizou totalmente a ideia inicial de uma aula prática. Porém, a opinião dos alunos mostrou que a aula atendeu às expectativas de desenvolvimento do minicurso, no modelo totalmente virtual, como foi aplicado à turma.

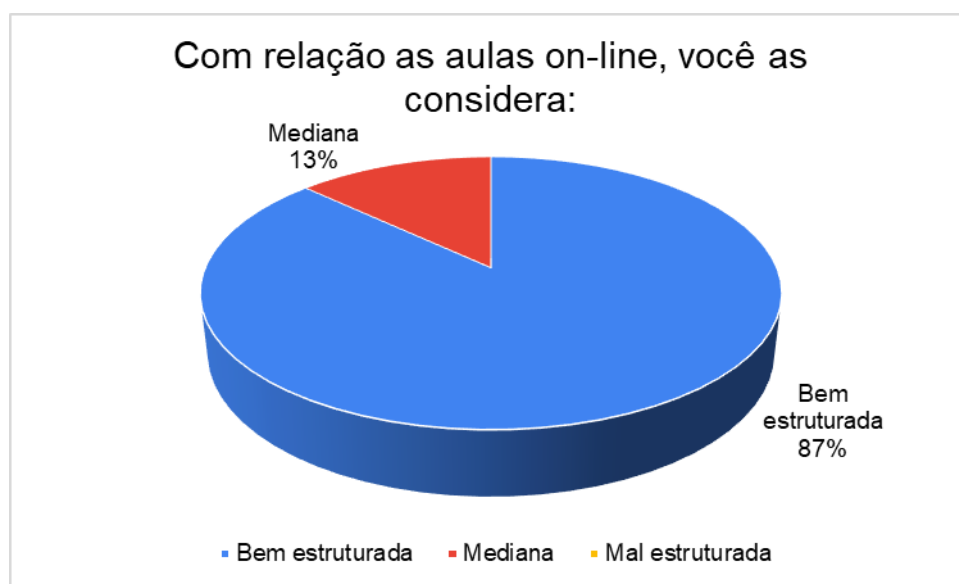


Gráfico 4: Resposta dos alunos quanto à estrutura das aulas on-line

Fonte: Elaborado pelo formulário google.

Para complementar os resultados obtidos mediante a Questão 4, sobre as aulas on-line, foi apresentado aos participantes uma questão aberta para que eles expressassem suas opiniões com relação aos experimentos mostrados pelo professor nas aulas on-line. O Quadro 18 mostra algumas opiniões consideradas relevantes para o trabalho.

Quadro 19: Opinião dos alunos quanto aos experimentos mostrados nas aulas on-line.

Qual sua opinião sobre as atividades experimentais apresentadas on line?	
Aluno	Resposta
Aluno 1	<i>São atividades bem representativas, e super interessantes de fazer, além disso são feitas com materiais de fácil acesso para todos.</i>
Aluno 7	<i>Elas ajudam a dar uma nova perspectiva, facilitando a compreensão do conteúdo.</i>
Aluno 8	<i>Apesar de não ser o ideal e não ter o mesmo impacto que o presencial, o professor conseguiu passar o entendimento através das atividades experimentais online.</i>
Aluno 11	<i>Foi interessante, mas seria melhor se fosse presencial</i>
Aluno 16	<i>Coesas e de fácil visualização, sempre bem contextualizadas com o que estávamos vendo na teoria.</i>
Aluno 17	<i>Na minha opinião foi um método bastante atrativo mesmo sendo tudo online</i>
Aluno 19	<i>Mesmo sendo em EAD as atividades experimentais foram bem aproveitadas e chamaram muito a atenção e a vontade de fazer</i>

Fonte: O autor

A partir da análise das opiniões mostradas no Quadro 19, pôde-se perceber uma boa aceitação e um bom aproveitamento das atividades experimentais demonstradas nas aulas on-line, por parte dos participantes. Não houve nenhuma resposta fora dos padrões mostrados, ou seja, que fossem contrárias ou divergentes das opiniões apresentadas. As respostas dos demais alunos foram similares àquelas apresentadas no Quadro 18 e por isso não foram mostradas. Algumas respostas foram mais sucintas como, por exemplo, “excelente”, “muito instrutivas”, “gostei muito”, “foram muito interessantes”.

Para finalizar a coleta de opiniões sobre o minicurso desenvolvido de forma on-line, foi perguntado aos alunos o que poderia ser melhorado no minicurso. Algumas respostas consideradas relevantes são mostradas no Quadro 20.

Quadro 20. : Sugestões dos alunos para melhorar o minicurso oferecido

Quais suas sugestões de alterações para melhorar o minicurso oferecido?	
Aluno	Resposta
Aluno 2	<i>Mais aulas com um aprofundamento maior.</i>
Aluno 3	<i>Considero o curso bem satisfatório, não vejo pontos negativos, infelizmente não podemos realizar os experimentos presencialmente pois acho que seria muito mais proveitoso, porém eu gostei das aulas e o conteúdo passado no minicurso</i>

Aluno 5	<i>Minha sugestão para um novo minicurso seria, a ampliação de aulas experimentais com ênfase nas teorias e suas respectivas fórmulas. Ficaria legal relacionar didaticamente um determinado experimento x com sua fórmula ou teoria y.</i>
Aluno 8	<i>Apresentar alguns slides nas aulas penso que agregaria no entendimento dos conteúdos por parte dos alunos.</i>
Aluno 13	<i>Trazer curiosidades intrigantes do universo.</i>
Aluno 20	<i>Os experimentos poderiam ser gravados e apresentados com a explicação ao vivo do que foi feito, se for novamente no formato online.</i>

Fonte: O autor

Observando o Quadro 20, a resposta do Aluno 3 foi selecionada por ter sido justificada. Outros alunos tiveram a mesma opinião, porém, com expressões mais simples, e, por isso, não foi mostrada. Com relação à resposta apresentada pelo Aluno 2, pode-se dizer que, de fato, não houve um aprofundamento do conteúdo oferecido na aula on-line. Entretanto, para a proposta inicial, na qual essa aula seria presencial, o professor teria a oportunidade de realizar esse aprofundamento de forma natural, considerando que haveria a participação ativa dos alunos durante o desenvolvimento das atividades propostas. Da mesma forma, as sugestões dos alunos 8 e 13 também seriam contempladas, tendo em vista que o professor poderia elaborar uma apresentação de slides de apoio durante o desenvolvimento de cada atividade experimental, e, ao mesmo tempo, trazer as infinitas curiosidades para a sala de aula, além de permitir que os alunos também façam suas contribuições, já que estariam todos compartilhando informações enquanto estivessem realizando os experimentos. Estas sugestões, extremamente relevantes, devem ser levadas em consideração pelos professores que aderirem este minicurso para ser desenvolvido em ocasião futura oportuna, no sistema híbrido, como proposto inicialmente. A sugestão do Aluno 5, também relevante, fica a critério do professor quem for utilizar essa proposta, pois, embora o minicurso esteja estruturado, ele é passível de flexibilizações de horários e implementações de outras aulas/atividades, como, por exemplo, discussão sobre filmes de ficção relacionados ao tema, aprofundamento teórico, etc. Da mesma forma, a resposta do aluno 20 também é importante, pois, caso o professor opte por realizar o minicurso de forma totalmente on-line, a possibilidade de gravar os experimentos é uma excelente sugestão para trabalhar com a sala de aula invertida seguida de uma discussão mais aprofundada em sala, sobre os conceitos teóricos envolvidos no experimento.

Vale ressaltar que, ao final do desenvolvimento do minicurso, os alunos receberam um Certificado de participação. A Figura 29 mostra o Certificado oferecido aos participantes.

Figura 29: Certificado oferecido aos participantes do Minicurso de Astronomia



Fonte: O autor

7. Considerações finais

A proposta de um minicurso de Astronomia no formato híbrido de ensino não foi totalmente atendida com o desenvolvimento deste trabalho, devido à excepcional situação pandêmica instalada durante o período de aplicação do minicurso. Entretanto, algumas considerações importantes devem ser abordadas com relação ao desenvolvimento geral desta proposta. Sobre a elaboração de todo o material pertencente ao Minicurso, pode-se dizer que, para as aulas teóricas e práticas, foi realizada uma ampla pesquisa para elaborar um material com linguagem acessível e atrativo para os alunos. Pensou-se, ainda, na maneira como os alunos deveriam desenvolver as atividades práticas, procurando reunir as metodologias ativas (da sala de aula invertida e ensino híbrido) à outras, como atividade em time, por exemplo. O intuito era que, de posse dessas metodologias, o aluno pudesse atuar ativamente no seu aprendizado, fazendo uso, inclusive da interação social. As metodologias ativas propostas para serem utilizadas, aliada à interação social entre os alunos e à mediação do professor, são ferramentas chave para o desenvolvimento cognitivo potencial dos alunos, como previsto pela teoria de Vygotsky.

Quanto às videoaulas, pode-se dizer que a elaboração transcorreu de forma simples, uma vez que, uma aula comum, utilizando a metodologia expositiva, foi elaborada. O diferencial foi a filmagem atrelada à tradução para LIBRAS. Isso permite que o Minicurso Híbrido de Astronomia seja utilizado de forma inclusiva, embora parte do material, como os experimentos, por exemplo, necessite adaptação para outras exigências, como a deficiência visual, por exemplo. Entretanto, essa adaptação poderá ser facilmente realizada pelo professor, buscando materiais táteis para desenvolvimento das atividades práticas e/ou usando técnicas de audiodescrição para desenvolvê-las, como, por exemplo o *software Stellarium*.

Com relação às adaptações feitas para a aplicação do minicurso em um modelo totalmente on-line, pode-se dizer que estas foram realizadas de maneira diferente daquela programada inicialmente, porém tranquila. As adaptações necessárias para as aulas on-line envolvendo as atividades experimentais foram planejadas e delineadas para promover uma boa aproximação dos alunos para com as atividades. Por isso, em cada aula, foi mostrado, com detalhes, o desenvolvimento de cada etapa experimental, abrindo espaços para a participação dos alunos e esclarecimento de dúvidas em tempo

real. Para uma melhor compreensão do avanço dos alunos com relação ao conteúdo seria adequada a aplicação de um questionário prévio. Entretanto, tal aplicação, não foi realizada, diante de todo o contexto já aqui relatado. Com o questionário de opinião aplicado aos alunos participantes, pode-se dizer que, de uma forma geral, houve uma boa aceitação do minicurso, oferecido de forma totalmente on-line. As sugestões para algumas alterações que viessem a melhorar a qualidade do minicurso forma extremamente relevantes, abrindo possibilidades de implementar o modelo elaborado, embora a maneira como foi apresentado, atendeu às expectativas tanto do professor, quanto dos alunos participantes do minicurso.

Referências Bibliográficas

- ALVES, L. R. G.; MINHO, M. R. da S.; DINIZ, M. V. C.; **Gamificação: diálogos com a educação**. In: FADEL, L., Maria.; et al.(Org.). Gamificação na educação. São Paulo: Pimenta Cultural, 2014, p. 74-97.
- ALVES, L.; **Educação à distância: conceitos e história no Brasil e no mundo**. Revista Brasileira de Aprendizagem Aberta e a Distância, v. 10, 2011.
- BATISTA, M. C.; FUSINATO, P. A.; BLINI, R. B.; **Reflexões sobre a importância da experimentação no ensino de Física**. Acta Scientiarum. Human and Social Sciences, v. 31, n. 1, p. 43-49, 2009.
- BELASCO, Angélica Gonçalves Silva; FONSECA, Cassiane Dezoti da. Coronavírus 2020. Revista brasileira de enfermagem, v. 73, n. 2, 2020.
- BOLLELA, V. R.; et al. **Aprendizagem baseada em equipes: da teoria à prática**. Medicina (Ribeirão Preto. Online), v. 47, n. 3, p. 293-300, 2014.
- BRASIL. **Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. PCN + Ensino Médio. Física**. Brasília. MEC. 2000
- CASTELLS, M. A sociedade em Rede: do conhecimento à política. In: CASTELLS, M.; CARDOSO, G. (Org.). **A Sociedade em Rede: do conhecimento à ação política**. Conferência. Belém: Imprensa Nacional, 2005.
- CASTRO, E. A.; et al. **ENSINO HÍBRIDO: DESAFIO DA CONTEMPORANEIDADE?. Projeção e docência**, v. 6, n. 2, p. 47-58, 2015.
- CAMP, G.; **Problem-based learning: A paradigm shift or a passing fad?**. Medical Education Online, v. 1, n. 1, p. 4282, 1996.
- CCVALG. Núcleo de Astronomia. Centro de Ciências Viva do Algarve. **“O que são galáxias?”**. Disponível em <http://www.ccvalg.pt/astronomia/galaxias/o_que_sao_as_galaxias.htm>. Acesso em 13/08/2019.
- COELHO, S. M.; NUNES, A. D.; WIEHE, L. C. N.; **Formação continuada de professores numa visão construtivista: contextos didáticos, estratégias e formas de aprendizagem no ensino experimental de Física**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 25, n. 1, p. 7-34, 2008.

COUTINHO, C. P.; CHAVES, J. H.,. **O estudo de caso na investigação em Tecnologia Educativa em Portugal**. 2002.

CRAWFORD, Paulo. **A Teoria da Relatividade e o GPS**. 2005.

CUNHA, S. L. S.; **Reflexões sobre o EAD no Ensino de Física**. Revista brasileira de ensino de física. Vol. 28, n. 2 (abr./jun. 2006), p. 151-153, 2006.

DA SILVA, M. N. M.; DA ROCHA FILHO, J. B.; **O papel atual da experimentação no ensino de Física**. 2010.

DANIELS, H. **Vygotsky e a pedagogia**. Edições Loyola, 2003.

DE MORAES, M. A. A.; MANZINI, E. J.; **Concepções sobre a aprendizagem baseada em problemas: um estudo de caso na Famema**. Revista Brasileira de Educação Médica, v. 30, n. 3, p. 125-135, 2006.

DE OLIVEIRA, M. M. L.; et al. **Práticas experimentais de Física no contexto do ensino pela pesquisa: uma reflexão**. FALHAS E SOLUÇÕES, p. 101, 2010.

FONTINELE DOS SANTOS, Caio Matheus et al. **Uma proposta didático-matemática para o uso da escala de Planck: dos fótons aos buracos negros**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 42, 2020.

FRANCISCO, P. Site Astronomia. **“O que são estrelas? Que tipo de estrelas existem?”**. 2013. Disponível em <<http://www.siteastronomia.com/o-que-sao-estrelas-que-tipos-estrelas-existem>> Acesso em 13/08/2019.

FRANCISCO, P.; Site Astronomia. **“Os 10 maiores satélites do sistema solar”**. 2014. Disponível em < <http://www.siteastronomia.com/os-10-maiores-satelites-do-sistema-solar>>. Acesso em 13/08/2019.

GAMOW, G.; **Biografia da Terra**. Tradução de Ruth Lobato e Monteiro Lobato. 5. ed. Porto Alegre, Globo, 1973. 250 p.

GLEISER, Marcelo. **A dança do universo: dos mitos de criação ao big-bang**. Editora Companhia das Letras, 2006.

HALLIDAY, D.; Fundamentos de física, volume 1: mecânica / David Halliday, Robert Resnick, Jearl Walker – 10. Ed. – Rio de Janeiro, LTC, 2016. 167 p.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J.; Fundamentos de Física, volume 2: gravitação ondas e termodinâmica; tradução e revisão técnica Ronaldo Sérgio de Biasi – Rio de Janeiro. Editora LTC, 2012 - 296p.

HAWKING, Stephen W.; DA COSTA, Alice Gomes. **Uma breve história do tempo: do Big Bang aos buracos negros**. Rio de Janeiro: Rocco, 1988.

HAWKING, Stephen. **O universo numa casca de noz**. Editora Intrinseca, 2016.

HEASARC/NASA - High Energy Astrophysics Science Archive Research Center. “Os Planetas”. Disponível em <https://heasarc.gsfc.nasa.gov/nasap/docs/solar2_p/planets_p.html>. Acesso em 13/08/2019.

HELSCHER, Luciane Seibel; PREDIGER, Aline; SHUH, Elisangela Draghetti. **O dia e a noite**. 2018.

HORN, M. B.; STAKER, H.; CHRISTENSEN, C.; **Blended: usando a inovação disruptiva para aprimorar a educação**. Penso Editora, 2015

Las CASAS, R.; UFMG – Observatório Astronômico Frei Rosário. “**Nossa Localização na Via Lactea**”. 2001. Disponível em < <http://www.observatorio.ufmg.br/pas33.htm>>. Acesso em 13/08/2019.

MARQUES, R.; **A pedagogia construtivista de Lev Vygotsky (1896-1934)**. Disponível em <http://www.eses.pt/usr/ramiro/docs/etica_pedagogia/A%20Pedagogia%20construtivista%20de%20Lev%20Vygotsky.pdf>, v. 17, n. 03, p. 2010, 2007.

MASSON, T., J.; et al. **Metodologia de ensino: aprendizagem baseada em projetos (pbl)**. In: Anais do XL Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia (COBENGE), Belém, PA, Brasil. sn, 2012. p. 13.

MICHAELSEN, L. K.; KNIGHT, A. B.; and FINK, L. D.; “**Team-Based Learning: A Transformative use of Small Groups in College Teaching**” (2004). Centers for Teaching and Technology - Book Library. 199.

MINAYO, Maria Cecília de Souza. Análise qualitativa: teoria, passos e fidedignidade. *Ciência & saúde coletiva*, v. 17, p. 621-626, 2012.

MORÁN, J.; **Mudando a educação com metodologias ativas**. Coleção Mídias Contemporâneas. Convergências Midiáticas, Educação e Cidadania: aproximações jovens, v. 2, n. 1, p. 15-33, 2015.

MOREIRA, M. A.; **Ensino de Física no Brasil: retrospectiva e perspectivas**. Revista brasileira de ensino de física. São Paulo. Vol. 22, n. 1 (mar. 2000), p. 94-99, 2000.

MOREIRA, M. A.; **Teorias da Aprendizagem**. São Paulo – EPU – 1999

NASA. **Our solar System**. Disponível em < <https://solarsystem.nasa.gov/solar-system/our-solar-system/in-depth/>> Acesso em 15/08/2019

REGO, T. C.; **Vygotsky: uma perspectiva histórico-cultural da educação**. Editora Vozes Limitada, 2013.

SARAIVA, M. F. O.; “*A expansão do universo*”. Instituto Federal. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Disponível em <<http://www.if.ufrgs.br/~fatima/ead/expansao-universo.htm>>. Acesso em 26/03/2019

SBPT. Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisiologia. **Orientações da OMS para prevenção da COVID-19**. Disponível em <sbpt.org.br/portal/covid-19-oms/>. Acesso em 21/06/2021.

SÉRÉ, M.-G.; COELHO, S. M.; NUNES, A. D.; **O papel da experimentação no ensino da física**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 20, n. 1, p. 30-42, 2003.

SILVEIRA, D.; G1 – **Brasil ganha 10 milhões de internautas em 1ano, aponta IBGE**. Disponível em <g1.globo.com/economia/tecnologia/noticia/2018/12/20/numero-de-internautas-cresce-em-cerca-de-10-milhoes-em-um-ano-no-brasil-aponta-ibge.ghtml> 20/12/2018. Acesso em 13/08/2019.

SOBRINHO, Laurindo. À ASTRONOMIA, Curso de Iniciação; ASTRONÓMICAS, Observações; SOBRINHO, Laurindo. A Via Láctea e o Universo Local. 2012

VALENTE, J. A.; **Aprendizagem Ativa no Ensino Superior: a proposta da sala de aula invertida**. Depto. de Multimeios, Nied e GGTE-Unicamp & Ced–PucSP, 2013.

VALENTE, J. A.; **Blended learning e as mudanças no ensino superior: a proposta da sala de aula invertida**. Educar em Revista, n. 4, p. 79-97, 2014.

VALENTE, José Armando. **A sala de aula invertida e a possibilidade do ensino personalizado: uma experiência com a graduação em midialogia. Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática**. Porto Alegre: Penso, p. 26-44, 2018.

VAN DER VEER, R.; VALSINER, J.; **Vygotsky: uma síntese**. Edições Loyola, 1996.

VIANNA, Y. **Gamification, Inc : como reinventar empresas a partir de jogos /... [et al.]**. — 1. Ed. – Rio de Janeiro : MJV Press, 2013.116p.

VIEIRA, Anna Myrian T. Lannes et al. O impacto da pandemia–Coronavírus no uso de tecnologia educacional: uma pesquisa exploratória no Estado do Rio de Janeiro. Sustainable Business International Journal, v. 1, n. 93, 2021.

VILLANI, A.; **Reflexões sobre o ensino de Física no Brasil: práticas, conteúdos e pressupostos**. Revista de Ensino de Física, v. 6, n. 2, p. 76-95, 1984.

VYGOTSKY, L. S.; **Pensamento e linguagem**. 1. Ed. Brasileira. São Paulo, Martins Fontes, 1987. 135 p.

VYGOTSKY, L. S.; **The collected works of LS Vygotsky: Problems of the theory and history of psychology**. Van der Veer. Springer Science & Business Media, 1997.

YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A.; Física II: Termodinâmica e ondas/ Young e Freedman. Tradução: Cláudia Santana Martins. Revisão técnica: Adir Moysés Luiz – 12ª ed. – São Paulo. Editora: Pearson, 2008 - 329p.

Apêndice 1: Questionários aplicados das aulas online

Figura 30. Questionário primeira aula online parte 1.

08/08/2021

Atividade Aula 1

Atividade Aula 1

Gostaria que respondessem o questionário abaixo com o que compreenderam da aula

***Obrigatório**

1. Nome Completo *

2. 1. Quais suposições você pode fazer, a partir da diferença das distâncias antes do balão totalmente inflado e depois?

3. 2. Quais constatações você pode fazer relacionando a velocidade de distanciamento das galáxias e a distância da sua galáxia de referência?

4. 3. Com o experimento realizado, as ideias de Hubble fazem sentido? Explique.

<https://docs.google.com/forms/d/1tZaue0SI4UD-v4MVft91SrGRJcuTdKlrc7cHlbnJ6G0/edit>

1/2

Foto: o Autor.

Figura 31. Questionário primeira aula online parte 2

08/08/2021

Atividade Aula 1

5. 4. Como você relaciona o experimento do universo no balão com a Teoria do Big Bang?

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google.

Google Formulários

<https://docs.google.com/forms/d/1tZaue0Si4UD-v4MVft91SrGRJcuTdKirC7cHlbNJ6G0/edit>

2/2

Foto: o Autor

Figura 32. Questionário segunda aula online

08/08/2021

Atividade Aula 2

Atividade Aula 2

*Obrigatório

1. Nome completo *

2. 1. Você encontrou muita diferença entre as trajetórias dos planetas?

3. 2. Como você explicaria tais trajetórias imaginando a Terra no centro do sistema Solar?

4. 3. Explique o motivo de adiantarmos dia após dia, ao invés de adiantarmos as horas.

<https://docs.google.com/forms/d/1ptmLoya6DfHm-Nwgc6rcvOYwTj40y8Uiftzm1LICMZl/edit>

1/2

Foto: o Autor

Figura 33. Questionário terceira aula online parte 1.

08/08/2021

Atividade Aula 3

Atividade Aula 3

*Obrigatório

1. Nome completo *

2. 1 - Qual a posição do Sol em relação ao centro? E em relação ao foco vazio?

3. 2 - O que acontece com a elipse quando aumenta a excentricidade e quando diminui?

4. 3 - O que acontece com os semieixos menor e maior quando a barra de excentricidade está no máximo? E as linhas radiais quando o planeta está perto do Sol, e quando está longe?

https://docs.google.com/forms/d/1zWOnzR7CykP2Ccu6LUDqV_38_5gvWOzUeR7Wyup7Nuo/edit

1/2

Foto: o Autor

Figura 34. Questionário terceira aula online parte2.

08/08/2021

Atividade Aula 3

5. 4 - Ao arrastar uma área sobre a outra, elas possuem o mesmo tamanho? Aumentando a excentricidade elas mantiveram o que houve com relação ao tamanho das áreas?

6. 5 - No segundo caso, onde a excentricidade era 0.300, o que mudou a respeito das bordas das áreas? E o que vocês observam quando o planeta está mais perto do Sol? E quando está mais longe, o que acontece?

7. 6 - Compare as velocidades quando o comprimento do barbante diminuiu. O que aconteceu? E, por que motivo aconteceu?

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google.

Google Formulários

https://docs.google.com/forms/d/1zWOnzR7CykP2Ccu6LUDqV_38_5gvWOzUeR7Wyup7Nuo/edit

2/2

Foto: o Autor

Figura 35. Questionário quarta aula online parte 1.

08/08/2021

Atividade Aula 4

Atividade Aula 4

***Obrigatório**

1. Nome Completo *

2. 1 - Na primeira observação, quando é solta apenas a esfera maior, o que acontece?

3. 2- Relate o que acontece quando a esfera menor é apenas solta no tecido.

4. 3 - Descreva a trajetória da esfera menor quando esta é solta com certa velocidade.

https://docs.google.com/forms/d/1daZ8WTdYNG2_FhId1oEBJZ6PbtjMWVoWqqnxJvwP1IQ/edit

1/2

Foto: o Autor.

Figura 36. Questionário quarta aula parte 2.

08/08/2021

Atividade Aula 4

5. 4 - Foi dito que o efeito causado é apenas visual, que é realizado por outras forças. Quais forças são responsáveis pela deformação em cada caso?

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google.

Google Formulários

https://docs.google.com/forms/d/1daZ8WTdYNG2_FhId1oEBJZ6PbtjMWVoWqqnxJvwP1IQ/edit

2/2

Foto: o Autor

Apêndice 2. Pesquisa de satisfação sobre o minicurso

Figura 37. Pesquisa de satisfação parte 1.

08/08/2021

Pesquisa Satisfação Minicurso de Astronomia

Pesquisa Satisfação Minicurso de Astronomia

Essa pesquisa

***Obrigatório**

1. Nome completo

2. Você considerou o conteúdo do curso *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Muito difícil
- ☐ Difícil
- ☐ Mediano
- ☐ Fácil
- ☐ Muito fácil

3. Com relação ao material de apoio disponibilizado no classroom, você o considera

*

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Completo
- ☐ Satisfatório
- ☐ Incompleto

<https://docs.google.com/forms/d/1FpQEIErSbvMksYiLeFj07sQWZ5QSNQ9DpxH0od8W0Tw/edit>

1/2

Foto: o Autor.

Figura 38. Pesquisa de satisfação parte 2.

08/08/2021

Pesquisa Satisfação Minicurso de Astronomia

4. Com relação as aulas ao vivo, você as considera *

Marcar apenas uma oval.

☐ Bem estruturada

☐ Mediana

☐ Mal estruturada

5. Qual sua opinião sobre as atividades experimentais apresentadas on line? *

6. Qual sua sugestão de alterações para melhorar o minicurso oferecido? *

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google.

Google Formulários



Apêndice 3: Produto Educacional

MINICURSO DE ASTRONOMIA: UMA PROPOSTA DE ENSINO HÍBRIDO

Leonardo de Oliveira Peruqui

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Presidente Prudente, no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientadora:

Agda Eunice de Souza Albas

Presidente Prudente
2021



MINICURSO DE ASTRONOMIA: UMA PROPOSTA DE ENSINO
HÍBRIDO

Leonardo de Oliveira Peruqui



Sumário

Introdução.....	98
Sequência Didática.....	99
Aula 1: Universo e seus elementos.....	100
Aula 2: Sistema Solar.....	110
Aula 3: Leis de Kepler.....	125
Aula 4: Gravitação.....	130
Links para as videoaulas.....	138
Roteiros experimentais.....	139
Roteiro Experimental: O Universo no balão.....	140
Roteiro Experimental online: Stellarium.....	145
Roteiro Experimental: Confecção Sistema Solar.....	151
Roteiro Experimental online: Planetary Orbit Simulator.....	153
Roteiro Experimental: Terceira lei de Kepler.....	159
Roteiro Experimental: Deformação do espaço-tempo.....	161

		
---	---	---

Introdução

O trabalho educacional a seguir é uma proposta que utiliza a metodologia de ensino Híbrido e sala de aula invertida, tendo certa versatilidade de aplicação no ensino à distância.

Com o intuito de enriquecer os métodos aplicados em sala de aula este produto surge para ampliar as opções de ensino para além da metodologia tradicional.

Aqui não se vão tecer críticas à metodologia tradicional expositiva, mas sim tentar criar uma nova metodologia para ensinar determinado conteúdo, já que ambas podem ser aplicado em conjunto.

O conteúdo escolhido para a criação deste produto foi o de Astronomia, conteúdo esse que quase passa despercebido na grade curricular, já que o mesmo só é ministrado no último bimestre do Primeiro Ano do Ensino Médio, na grade curricular do Estado de São Paulo.

O objetivo de tornar o conteúdo mais atrativo aos olhos dos alunos não renega a matemática que há nele envolvida, afinal de contas, o conteúdo de Física deve conter as equações matemáticas para que se possa obter um grau maior de compreensão do conteúdo aplicado.

Por vezes a matemática utilizada e explicada de maneira maçante torna o aluno cada vez mais desinteressado, e por tal motivo, novas metodologias devem ser implementadas a fim de resgatar o interesse do aluno sobre qualquer conteúdo.

Fica a cargo do leitor que se interessar em aplicar o produto a seguir mantê-lo da maneira como está ou realizar as devidas alterações dependendo do nível de Ensino que estiver aplicando ou até mesmo ajustar conforme o andamento da turma.

Sequência didática

A sequência didática para este produto estima um total de 5 encontros, podendo ser eles presencial ou à distância. A ideia inicial e primordial é que tais encontros sejam presenciais. No caso os alunos terão acesso a parte do assunto que será trabalhado em aula anterior aos encontros com a metodologia de sala de aula invertida.

Encontros	Aula invertida			Presencial
Encontro 1	Aula 1: Universo e seus elementos	Videoaula 1: A teoria do Big Bang		Roteiro Experimental: Universo no Balão
Encontro 2	Aula 2: O Sistema Solar	Videoaula 2: A formação do Sistema Solar	Roteiro Experimental Atividade online: <i>Stellarium</i>	Roteiro Experimental: Confecção Sistema Solar
Encontro 3	Aula 3: Leis de Kepler	Videoaula 3: Kepler e suas leis	Roteiro Experimental Atividade online: <i>Planetary Orbit Simulator</i>	Roteiro Experimental: Terceira lei de Kepler
Encontro 4	Aula 4: Gravitação	Videoaula 4: A Gravidade		Roteiro Experimental: Deformação espaço-tempo
Encontro 5	Discussão sobre o conteúdo trabalhado e conclusão.			

Fica a ressalva a respeito dos Encontros 2 e 3, ambos possuem uma atividade online e uma atividade presencial, a sugestão é que com a não possibilidade de realizá-las se faça todas no encontro presencial. A Atividade com o *Stellarium* pode ser realizada com o professor à distância juntamente com os alunos, ou estando presencialmente em uma sala com recursos de informática, podendo assim não realizar a confecção do Sistema Solar. A atividade com o simulador *Planetary Orbit Simulator* pode ser realizada em conjunto com a atividade da terceira lei de Kepler. Tais sugestões são para uma melhor adequação do conteúdo proposto.

Aula 1: Universo e seus elementos

Prof. Ms. Leonardo Peruqui

Objetivo da aula: Apresentar os diferentes corpos celestes que compõem o Universo, bem como as características principais de cada um.

Conteúdo: Universo: Elementos que o compõe; Estrelas; Planetas; Buracos Negros; Cometas; Satélites Naturais; Galáxias

Universo: Elementos que o compõe

Sabemos que nosso universo é vasto e gigantesco, e conhecemos ainda pouco sobre ele, se formos tomar a proporção de seu tamanho. Exploramos pouco sobre ele. Conhecemos bastante nossa “vizinhança”, em até certo modo, mas, fora do Sistema Solar, sabemos pouco.

Os antigos olhavam o céu e faziam uma possível relação entre os movimentos dos corpos celestes com a vida na Terra. Há algum tipo de interação, mas não da maneira como pensavam. Vamos ver como funciona essa interação nas aulas seguintes.

Nessa aula veremos alguns dos corpos celestes mais conhecidos, e, também, suas características, curiosidades e como podemos localizá-los, quando possível, no céu.

Estrelas

Em termos gerais, podemos dizer que uma estrela é uma grande “bola luminosa”, constituída por plasma, e que é mantida pela força da gravidade. O plasma é o estado da matéria mais abundante no Universo e é similar ao gás, porém, ionizado (carregado eletricamente) e, por isso, possui propriedades muito diferentes dos outros estados da matéria (sólido, líquido e gasoso) (FRANCISCO, 2013). A Figura 1 ilustra algumas estrelas observadas no céu.



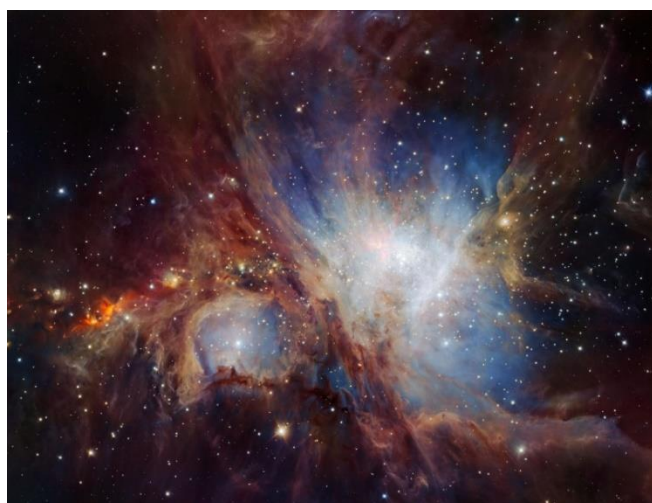
Figura 1: Estrelas

Fonte: Thinkstock/BBC

Como se formam as estrelas? A teoria mais aceita é de que as estrelas se formam da contração de imensas nuvens de gás e poeira interestelar e que nesse processo, concomitantemente à formação da estrela central, forma-se em torno, todo o sistema planetário (Las CASAS, MOURÃO, 1998).

E onde elas são formadas? As estrelas são formadas nas nebulosas. Nebulosa, basicamente, é uma imensa nuvem de gás e poeira entre as estrelas. Excitadas pela radiação das estrelas vizinhas, as moléculas desses gases, quando voltam ao seu estado fundamental, emitem a luminosidade, que é essencial para que possamos ver a nebulosa aqui da Terra (MOURÃO, 1998). A Figura 2 mostra a nebulosa de Órion.

Figura 2: Nebulosa de Órion



Fonte: ESO/H. Drass

Planetas

Um planeta é um grande corpo celeste que reflete a luz de uma estrela ao redor do qual ele gira. Os planetas em nosso Sistema Solar são classificados como planetas internos e planetas externos. Os planetas internos, os mais próximos do Sol, são esferas de rocha sólida e incluem Mercúrio, Vênus, Terra, e Marte. Os planetas internos foram constantemente bombardeados por asteroides e meteoritos durante seus primeiros 600 milhões de anos de existência. Os planetas externos são grandes esferas gasosas com anéis e incluem Júpiter, Saturno, Urano, e Netuno. Entre os planetas internos e externos existe um cinturão de asteroides (HEASARC/NASA). A Figura 3 ilustra os planetas do nosso Sistema Solar, no qual, o Sol ocupa o centro e os planetas orbitam em torno dele.

Não vamos nos ater muito aos planetas, pois veremos mais a respeito deles na próxima aula, em que falaremos do nosso Sistema Solar e sobre cada planeta em si.

Figura 3: Planetas sistema solar



Fonte:BBC

Ainda existem os exoplanetas, que são planetas descobertos além do nosso Sistema Solar. Esses planetas se encontram longe do nosso Sistema Solar e orbitam outras estrelas. Sendo assim, podemos, então, definir que um exoplaneta como um corpo celeste que não emite luz e que orbita outras estrelas.

Ainda temos uma classe de planetas que são os planetas andarilhos (ou planeta de livre flutuação). Trata-se, geralmente, de um corpo, aproximadamente, do tamanho de Júpiter, que habita o espaço entre as estrelas, sem estar ligado pela gravidade a qualquer uma delas (como a Terra está ligada ao Sol, por exemplo). Isso significa que é um planeta sem uma estrela-mãe (ROMANZOTI, 2014).

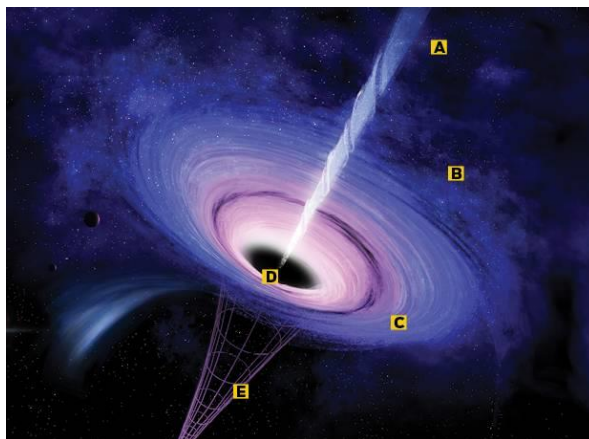
Conhece-se pouco sobre esses planetas, pois uma das formas de identificar um planeta e suas características é através do trânsito que o mesmo faz em torno da estrela que ele orbita. Observando a diminuição do brilho da estrela pode-se obter informações úteis sobre os planetas.

Buracos Negros

Para se compreender como pode formar-se um buraco negro, precisamos primeiro, compreender o ciclo de vida de uma estrela. Uma estrela forma-se quando uma grande porção de gás (sobretudo hidrogênio) se contrai por causa da atração gravitacional das suas partes. À medida que a estrela se contrai, os átomos do gás colidem uns com os outros, cada vez com mais frequência e com velocidades cada vez maiores, e, então, o gás aquece. Em certo momento, o gás estará tão quente que, quando os átomos de hidrogênio (H) colidem já não ressaltam, mas juntam-se para formar hélio (H₂). O calor libertado nesta reação, que é como a explosão de uma bomba de hidrogênio, o que faz a estrela brilhar (HAWKING, 1988).

O campo gravitacional da estrela é tão intenso que altera as trajetórias dos raios luminosos no espaço-tempo em relação ao que deviam ser, se a estrela não estivesse presente. À medida que a estrela se contrai, o campo gravitacional na sua superfície torna-se mais forte e os cones de luz encurvam-se mais para dentro. Isto torna mais difícil a luz da estrela escapar e, então, a luz parece mais fraca e mais vermelha vista por um observador distante. Quando a estrela se contraiu até certo raio crítico, o campo gravitacional na superfície acabou por se tornar tão forte que os cones de luz se encurvam para dentro de modo que a luz já não pode escapar-se. Esta região é aquilo a que chamamos de buraco negro, como se pode observar na ilustração da Figura 3 (HAWKING, 1988).

Figura 4: Buraco Negro.



Fonte: SuperInteressante.

Ainda de acordo com a Figura 3, um buraco negro é composto de:

- (A) **Jatos relativísticos:** saem do buraco negro e percorrem galáxias com velocidade próxima a da luz, acredita-se serem partículas do *disco de acreção*;
- (B) **Disco de acreção:** composto de gás ou plasma que se movem em espiral (estrutura formada por materiais difusos em movimento orbital ao redor de um corpo central);
- (C) **Ergosfera:** Fica próximo do horizonte de eventos. Ali, o campo gravitacional gira junto com o buraco negro;
- (D) **Horizonte de eventos:** Ou “ponto de não retorno”. É uma fronteira teórica no espaço tempo ao redor do buraco negro;
- (E) **Singularidade:** Matematicamente, é um ponto no espaço onde a densidade é infinita e o tempo passa diferente com relação a um observador fora do buraco negro.

Cometas

Essencialmente, cometas são "pedras de gelo sujo". O gelo dessas pedras é formado, principalmente, por material volátil (passa diretamente do estado sólido para o

estado gasoso) e a "sujeira" é constituída por poeira e pedras (dos tamanhos mais variados) (Las CASAS, 2004).

Cometas são objetos do Sistema Solar (estão presos gravitacionalmente ao Sol). Ao contrário dos planetas, cujas órbitas são quase circulares (a distância de um planeta ao Sol varia pouco), os cometas têm órbitas muito elípticas, o que realça o seu aproximar –afastar-se do Sol. Quanto mais distante for o *afélio* de um cometa (ponto de sua órbita mais distante do Sol), mais tempo o cometa levará para dar uma volta completa em torno do Sol (Las CASAS, 2004).

Figura 5: Cometa.



Fonte: Thinkstock/BBC

Quando um cometa começa a se aproximar do Sol ele começa a se aquecer, e, então, os gases presentes nele começam a se volatilizar e são “soprados” na direção contrária do vento solar. Um cometa é visível pela “cabeleira”, que corresponde à nuvem de gases e grãos a sua volta, e, pela cauda, que são os gases soprados para longe do cometa, como ilustra a Figura 5.

Satélites naturais

Satélites naturais são corpos celestes que não emitem luz, assim como os planetas, porém tais corpos não orbitam uma estrela, não diretamente, mas sim orbitam planetas. Nosso Sistema Solar possui 8 planetas e mais de 170 satélites naturais (FRANCISCO, 2014).

Nosso planeta Terra possui um satélite natural, a Lua (Figura 6). Convencionalmente, também chamamos os satélites naturais dos outros planetas de luas.

Dos oitos planetas existentes no Sistema Solar, apenas dois não possuem satélites naturais. São eles: Mercúrio e Vênus.

Figura 6: Lua.



Fonte: G1 Globo

Galáxias

Denominamos galáxia a uma gigantesca acumulação de estrelas, poeiras e gás, que aparece isolada no espaço e cujos constituintes se mantêm unidos entre si devido às mútuas interações gravitacionais, sendo, por vezes, o seu comportamento afetado por galáxias vizinhas. Qualquer galáxia possui milhares de milhões de estrelas (CCVALG).

Sabemos hoje, que a existência de galáxias só foi possível devido à criação de uma pequena assimetria nos primeiros segundos de vida do Universo. Essa assimetria permitiu que, ao longo dos milhões de anos que se seguiram, fossem formados aglomerados de gás e poeiras que, depois, com o nascimento de estrelas, dessem origem às galáxias. Caso essa assimetria não tivesse ocorrido, o Universo teria evoluído perfeitamente homogêneo, sem a existência de quaisquer das estruturas celestes que hoje conhecemos. No entanto, as causas da pequena assimetria, que fez do nosso Universo aquilo que hoje conhecemos, permanecem, ainda, um enigma (CCVALG).

Ao longo do seu trabalho, Hubble² classificou as galáxias segundo a sua aparência em espirais, espirais barradas, elípticas e irregulares, que, mais tarde se juntaram às lenticulares.

Hubble e Humason (1931) determinaram distâncias de algumas dessas nebulosas espirais usando a já conhecida relação entre período e luminosidade de variáveis cefeidas³. Constataram que essas nebulosas estavam muito distantes e que quanto maior a distância, maior era a velocidade de recessão. A lei de Hubble se aplica somente às galáxias distantes, pois galáxias próximas possuem movimentos peculiares (que não se devem à expansão) resultantes de interação gravitacional com outras galáxias e aglomerados de galáxias. Em galáxias distantes, o erro gerado por não considerar o movimento peculiar é muito pequeno (IF/UFRGS).

A Figura 7 mostra a Via Láctea, a galáxia onde se encontra o nosso Sistema Solar. Ela é classificada como uma galáxia do tipo espiral barrada.

Figura 7: Via Láctea.



Fonte: O Globo

² Edwin Hubble (1889 – 1953) era advogado de formação, mas foi bem sucedido na Astronomia. Dedicou sua observação no afastamento de galáxias.

³ Luminosidade de variáveis cefeidas é o brilho de estrelas cefeidas, que são gigantes. O tamanho das cefeidas e seu brilho variam com grande regularidade.

Referências

FRANCISCO, P. Site Astronomia. “*O que são estrelas? Que tipo de estrelas existem?*”. 2013. Disponível em <<http://www.siteastronomia.com/o-que-sao-estrelas-que-tipos-estrelas-existem>> Acesso em 24/03/2019.

FRANCISCO, P.; Site Astronomia. “*Os 10 maiores satélites do sistema solar*”. 2014. Disponível em <<http://www.siteastronomia.com/os-10-maiores-satelites-do-sistema-solar>>. Acesso em 24/03/2019.

HAWKING, S. W.; “*Uma breve história do tempo*”. 1988. Editora: Intrínseca. Abril de 2009. 156 p.

HEASARC - High Energy Astrophysics Science Archive Research Center. “*Os Planetas*”. Disponível em <https://heasarc.gsfc.nasa.gov/nasap/docs/solar2_p/planets_p.html>. Acesso em 24/03/2019.

Instituto de Física. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. “*Lei de Hubble*”. Disponível em <<https://www.if.ufrgs.br/oei/cgu/leihub/leihub.htm>>. Acesso em 24/03/2019.

Las CASAS, R.; UFMG – Observatório Astronômico Frei Rosário. “*Cometas*”. 2004. Disponível em <<http://www.observatorio.ufmg.br/pas56.htm>>. Acesso em 24/03/2019.

Núcleo de Astronomia. Centro de Ciências Viva do Algarve. “*O que são galáxias?*”. Disponível em <http://www.ccvalg.pt/astrologia/galaxias/o_que_sao_as_galaxias.htm>. Acesso em 24/03/2019.

ROMANZOTI, N.; HypeScience. “*Planetas andarilhos, os planetas solitários que vagam pelo universo*”. 2014. Disponível em <<https://hypescience.com/planetas-andarilhos-os-planetes-solitarios-que-vagam-pelo-universo/>>. Acesso em 24/03/2019.

UFMG – Observatório Astronômico Frei Rosário. Las CASAS, R.; MOURÃO, D.; 1998. “*Nascimento de Estrelas*”. Disponível em <<http://www.observatorio.ufmg.br/pas06.htm>>. Acesso em 24/03/2019.

COSTA, J. R. V.; Edwin Hubble. Disponível em <<http://www.zenite.nu/edwin-hubble/>>. Acesso em 24/03/2019



NASA, ESA, G. BACON. Cefeídas e Estrelas variáveis. Disponível em <http://www.astronoo.com/pt/artigos/cefeidas.html>. Acesso em 24/03/2019

AULA 2: Sistema Solar

Prof. Ms. Leonardo Peruqui

Objetivo da aula: Apresentar Sistema Solar e os planetas pertencentes a ele, bem como suas características principais.

Conteúdo: Sistema Solar; Mercúrio; Vênus; Terra; Marte; Júpiter; Saturno; Urano; Netuno.

Sistema Solar

Na aula passada vocês puderam conhecer alguns corpos celestes existentes no nosso universo. Nesta aula conheceremos um pouco melhor nossos vizinhos, no caso nossa vizinhança inteira, vamos compreender nosso Sistema Solar. O sistema planetário que chamamos de lar está localizado em um braço espiral externo da Via Láctea.

Nosso sistema solar consiste de nossa estrela, o Sol, e tudo ligado a ela pela gravidade - os planetas Mercúrio, Vênus, Terra, Marte, Júpiter, Saturno, Urano e Netuno, planetas anões como Plutão, dezenas de luas e milhões de asteróides, cometas e meteoróides (SHEKTMAN, THOMPSON. NASA 2019).

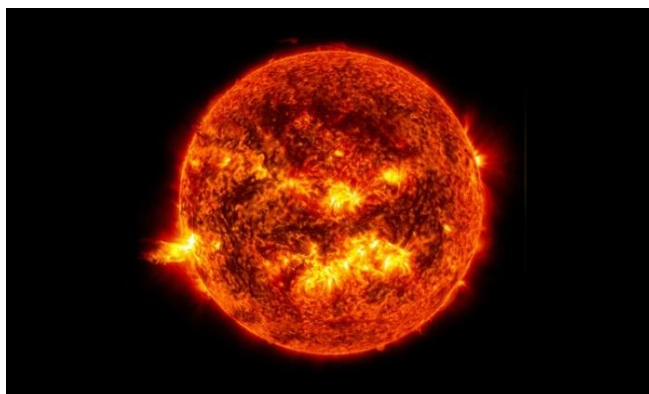
Planetas do sistema solar	
Planetas Rochosos	Planetas Gasosos
Mercúrio	Júpiter
Vênus	Saturno
Terra	Urano
Marte	Netuno

Tabela 1. Planetas rochosos e planetas gasosos. Fonte: O Autor

Sol

O Sol é uma estrela anã amarela, uma bola quente de gases brilhantes no coração do nosso Sistema Solar. Sua gravidade mantém o Sistema Solar unido, mantendo tudo - desde os maiores planetas até as menores partículas de detritos - em sua órbita

(SHEKTMAN, THOMPSON. NASA 2019). A Figura 1 mostra uma imagem da nossa estrela.



Informações sobre o Sol:

Raio: 695.508 km

Massa: $1,988 \times 10^{30}$ kg

Temperatura efetiva = 5772 K

Luminosidade = $3,828 \times 10^{26}$ watts

Distância da Terra: 149,60 milhões de km

Temperatura central: 10×10^6 K

Densidade média: 1,4 g/cm³

Gravidade: 274 m/s²

Dados: NASA

Figura 1. O Sol.

Fonte: NASA/SDO

O Sol é muito mais massivo do que nosso planeta, sua massa equivale a massa de 332.946 Terras, e para preenchermos o volume total do Sol precisaríamos de 1,3 milhão de Terras para preenchê-lo (SHEKTMAN, THOMPSON. NASA 2019).

Podemos ver, na Figura 2, a comparação entre nosso planeta e o Sol.

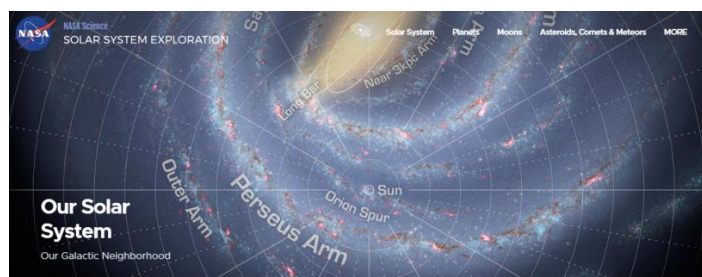
Figura 2. Comparação Sol e Terra.



Fonte: NASA/ESA

O Sol e tudo o que o orbita está localizado na Via Láctea. Mais especificamente, nosso Sol está em um braço espiral chamado Orion Spur que se estende para fora do braço de Sagitário.

Figura 3. Localização Sistema solar na Via Láctea



Fonte: NASA/ESA

O Sol e o resto do Sistema Solar se formaram a partir de uma gigantesca nuvem rotativa de gás e poeira chamada nebulosa solar, há cerca de 4,5 bilhões de anos. O Sol, como outras estrelas, é uma bola de gás. Em termos do número de átomos, é composto por 91,0% de hidrogênio e 8,9% de hélio. Em massa, o Sol é de cerca de 70,6% de hidrogênio e 27,4% de hélio (SHEKTMAN, THOMPSON. NASA 2019).

Mercúrio

O menor planeta do nosso Sistema Solar e mais próximo do Sol, Mercúrio é apenas um pouco maior que a Lua da Terra (Figura 3). Da superfície de Mercúrio, o Sol apareceria três vezes maior do que quando visto da Terra, e a luz do Sol seria sete vezes mais brilhante (SHEKTMAN, THOMPSON. NASA 2019).



Informações sobre Mercúrio:

Raio: 2440 km
Distância do Sol: 58 milhões de quilômetros
Dia: 59 dias terrestres
Ano: 88 dias terrestres
Inclinação eixo de rotação: 0°
Massa: $3,302 \times 10^{23}$ Kg
Densidade média: 5,43 g/cm³
Gravidade: 3,7 m/s²
Temperatura média: 179°C
Dados: NASA

Figura 4. Mercúrio.

Fonte: NASA

Mercúrio está se movendo mais rápido em sua órbita elíptica em torno do Sol (e está mais próximo do Sol), e, por isso, cada rotação não é acompanhada por um “nascer e pôr do Sol”, como para a maioria dos outros planetas. O Sol da manhã parece se levantar brevemente, se erguer e subir novamente de algumas partes da superfície do planeta (SHEKTMAN, THOMPSON. NASA 2019).

Mercúrio é o segundo planeta mais denso, depois da Terra. A superfície de Mercúrio se assemelha à da Lua da Terra, marcada por muitas crateras de impacto resultantes de colisões com meteoroides e cometas. Em vez de uma atmosfera, Mercúrio possui uma exosfera fina composta de átomos lançados da superfície pelo vento solar e meteoroides marcantes. Mercúrio não tem lua (SHEKTMAN, THOMPSON. NASA 2019).

Vênus

Vênus é o segundo planeta do Sistema Solar e nosso vizinho planetário mais próximo. A Figura 4 mostra uma imagem de Vênus. Similar em estrutura e tamanho à Terra, Vênus gira lentamente na direção oposta da maioria dos planetas. Sua atmosfera espessa absorve o calor em um efeito estufa descontrolado, tornando-o o planeta mais quente do nosso Sistema Solar com temperaturas superficiais quentes o suficiente para derreter o chumbo (SHEKTMAN, THOMPSON. NASA 2019).



Informações sobre Vênus:

Raio: 6052 km
Distância do Sol: 67 milhões Km
Dia: 243 dias terrestres
Ano: 225 dias terrestres
Inclinação eixo de rotação: 177,3°
Massa: $4,869 \times 10^{24}$ Kg
Densidade média: 5,25 g/cm³
Gravidade: 8,87 m/s²
Temperatura média: 482° C
Dados: NASA

Figura 4. Vênus.

Fonte: NASA



A rotação e a órbita de Vênus são incomuns de várias maneiras. Vênus é um dos dois planetas que giram de leste a oeste. Apenas Vênus e Urano têm essa rotação "para trás". Ele completa uma rotação em 243 dias terrestres - o dia mais longo de qualquer planeta em nosso sistema solar, até mais do que um ano inteiro em Vênus. (SHEKTMAN, THOMPSON. NASA 2019).

Vênus é em muitos aspectos semelhante à Terra em sua estrutura. Tem um núcleo de ferro que tem aproximadamente 2.000 milhas (3.200 quilômetros) de raio. Acima disso, um manto feito de rocha quente se agita lentamente devido ao calor interior do planeta. Do espaço, Vênus é branco brilhante porque está coberto de nuvens que refletem e dispersam a luz do Sol (SHEKTMAN, THOMPSON. NASA 2019).

A atmosfera de Vênus consiste principalmente em dióxido de carbono, com nuvens de gotículas de ácido sulfúrico. A atmosfera espessa retém o calor do Sol, resultando em temperaturas superficiais superiores a 870 graus Fahrenheit (470 graus Celsius). A atmosfera tem muitas camadas com diferentes temperaturas. Vênus não tem luas (SHEKTMAN, THOMPSON. NASA 2019).

Terra

Nosso planeta natal é o terceiro planeta do Sistema Solar e o único lugar que conhecemos até agora que é habitado por seres vivos. Enquanto a Terra é apenas o quinto maior planeta do Sistema Solar, é o único com água líquida na superfície (SHEKTMAN, THOMPSON. NASA 2019). Nosso planeta apresenta um aspecto azul devido à sua atmosfera, como pode ser observado na Figura 5.



Figura 5. Terra.
Fonte: NASA

Informações sobre a Terra:

Raio: 6371 km
Distância do Sol: 150 milhões Km
Dia: 23,9 horas
Ano: 365,5 dias
Inclinação eixo de rotação: 23,45°
Massa: $5,976 \times 10^{24}$ Kg
Densidade média: 5,515 g/cm³
Gravidade: 9,807 m/s²
Temperatura média: 15°C
Dados: NASA

À medida que a Terra orbita o Sol, ela completa uma rotação a cada 23,9 horas. Demora 365,25 dias para completar uma viagem ao redor do Sol. Esse trimestre extra de um dia representa um desafio para o nosso sistema de calendário, que conta um ano como 365 dias. Para manter nossos calendários anuais consistentes com nossa órbita ao redor do Sol, a cada quatro anos adicionamos um dia. Esse dia é chamado de dia bissexto, e o ano em que é adicionado é chamado de ano bissexto (SHEKTMAN, THOMPSON. NASA 2019).

A Terra é composta de quatro camadas principais, começando com um núcleo interno no centro do planeta, envolvido pelo núcleo externo, pelo manto e pela crosta.

O núcleo interno é uma esfera sólida feita de ferro e níquel em cerca de 1 quilômetros de raio. Lá a temperatura é, aproximadamente, 9.800 graus Fahrenheit (5.400 graus Celsius). Em torno do núcleo interno está o núcleo externo. Essa camada tem cerca de 2.300 quilômetros de espessura, feita de fluidos de ferro e níquel (SHEKTMAN, THOMPSON. NASA 2019).

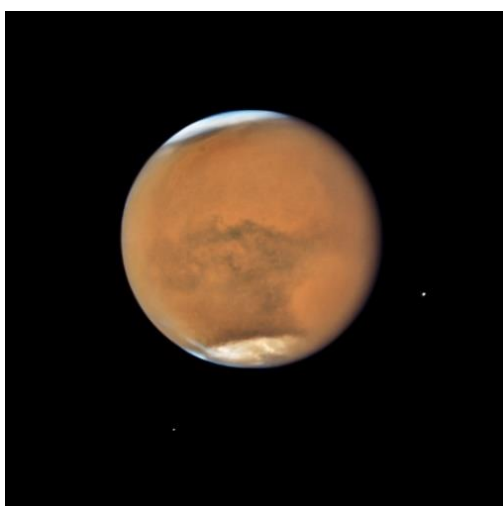
Como Marte e Vênus, a Terra tem vulcões, montanhas e vales. A litosfera da Terra, que inclui a crosta (continental e oceânica) e o manto superior, é dividida em placas enormes que estão em constante movimento. O oceano global da Terra, que cobre quase 70% da superfície do planeta, tem uma profundidade média de cerca de 4 quilômetros e contém 97% da água da Terra. Quase todos os vulcões da Terra estão escondidos sob esses oceanos (SHEKTMAN, THOMPSON. NASA 2019).

Perto da superfície, a Terra tem uma atmosfera que consiste em 78% de nitrogênio, 21% de oxigênio e 1% de outros gases, como argônio, dióxido de carbono e

néon. A atmosfera afeta o clima de longo prazo da Terra e o clima local de curto prazo e nos protege de grande parte da radiação nociva proveniente do Sol. A Terra tem uma temperatura muito hospitaleira e mistura de substâncias químicas que tornaram a vida possível aqui. A Terra é o único planeta que tem uma única Lua (SHEKTMAN, THOMPSON. NASA 2019).

Marte

O quarto planeta do Sistema Solar, Marte (Figura 6) é um mundo deserto, frio e poeirento, com uma atmosfera muito fina. Este planeta dinâmico tem estações, calotas polares, vulcões extintos, canyons e clima (SHEKTMAN, THOMPSON. NASA 2019).



Informações sobre Marte:

Raio: 3390 km
 Distância do Sol: 228 milhões km
 Dia: 24,6 horas
 Ano: 687 dias terrestres
 Inclinação eixo de rotação: 25,19°
 Massa: $6,421 \times 10^{24}$ kg
 Densidade média: 3,94 g/cm³
 Gravidade: 3,72 m/s²
 Temperatura média: -63° C
 Dados: NASA

Figura 6. Marte.

Fonte: NASA

Como Marte orbita o Sol, ele completa uma rotação a cada 24,6 horas, o que é muito semelhante a um dia na Terra (23,9 horas). Os dias de Marte são chamados de soles - abreviação de "dia solar". Um ano em Marte dura 669,6 Sois, o que equivale a 687 dias terrestres (SHEKTMAN, THOMPSON. NASA 2019).

Marte tem um núcleo denso em seu centro, com raio entre 930 e 1.300 milhas (1.500 a 2.100 quilômetros). É feito de ferro, níquel e enxofre. Em torno do núcleo há um manto rochoso com espessura de 740 a 1.880 quilômetros, e acima disso, uma crosta feita de ferro, magnésio, alumínio, cálcio e potássio. Essa crosta tem entre 10 e 50 quilômetros de profundidade (SHEKTMAN, THOMPSON. NASA 2019).



O “Planeta Vermelho” é na verdade de muitas cores. Na superfície, vemos cores como marrom, douradas e castanhas. A razão pela qual Marte parece avermelhado é devido à oxidação - ou ferrugem - do ferro nas rochas, regolito (solo marciano) e poeira de Marte. Essa poeira é expelida para a atmosfera e, de longe, faz com que o planeta pareça quase vermelho (SHEKTMAN, THOMPSON. NASA 2019).

Marte parece ter tido um passado aguado, com antigas redes de vales fluviais, deltas e lagos, bem como rochas e minerais na superfície que só poderiam ter se formado em água líquida. Algumas características sugerem que Marte sofreu inundações enormes há cerca de 3,5 bilhões de anos (SHEKTMAN, THOMPSON. NASA 2019).

Marte tem uma atmosfera fina composta principalmente de dióxido de carbono, nitrogênio e argônio. Aos nossos olhos, o céu seria nebuloso e vermelho por causa da poeira suspensa, em vez da familiar tonalidade azul que vemos na Terra. A atmosfera esparsa de Marte não oferece muita proteção contra impactos de objetos como meteoritos, asteroides e cometas (SHEKTMAN, THOMPSON. NASA 2019).

Os cientistas não esperam encontrar vida, atualmente, em Marte. Em vez disso, eles estão procurando sinais de vida que existiam há muito tempo, quando Marte estava mais quente e coberto de água. Marte tem duas pequenas luas, Phobos e Deimos, que podem ser asteroides capturados (SHEKTMAN, THOMPSON. NASA 2019).

Júpiter

Júpiter é o quinto planeta do nosso Sistema Solar e é, de longe, o maior planeta – mais de duas vezes mais massivo que todos os outros planetas combinados. As listras e redemoinhos de Júpiter são, na verdade, nuvens frias e ventosas de amônia e água, flutuando em uma atmosfera de hidrogênio e hélio. A icônica Grande Mancha Vermelha de Júpiter é uma tempestade gigante, maior que a Terra, que assola há centenas de anos, como pode-se observar na Figura 7 (SHEKTMAN, THOMPSON. NASA 2019).



Informações sobre Júpiter:

Raio: 69911 km

Distância do Sol: 778 milhões km

Dia: 10 horas

Ano: 12 anos terrestres

Inclinação eixo de rotação: 3,13°

Massa: $1,9 \times 10^{27}$ Kg

Densidade média: 1,33 g/cm³

Gravidade: 24,8 m/s²

Temperatura média (nuvens): -121° C

Dados: NASA

Figura 7. Júpiter.

Fonte: NASA

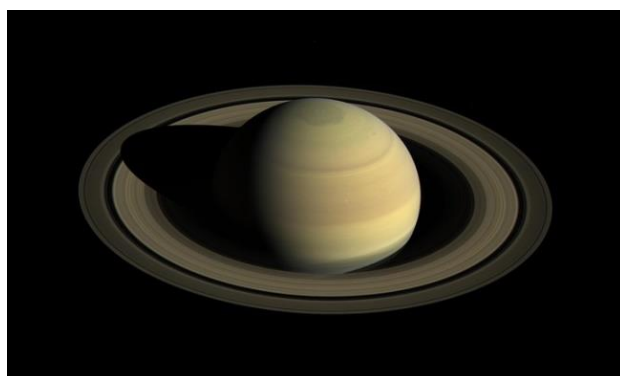
Júpiter tem o dia mais curto do sistema solar. Um dia em Júpiter leva apenas cerca de 10 horas (o tempo que leva para Júpiter girar ou girar uma vez), e Júpiter faz uma órbita completa ao redor do Sol (um ano no tempo jupiteriano) em cerca de 12 anos terrestres (4.333 dias terrestres) (SHEKTMAN, THOMPSON. NASA 2019).

A composição de Júpiter é semelhante à do Sol - principalmente hidrogênio e hélio. Nas profundezas da atmosfera, a pressão e a temperatura aumentam, comprimindo o gás hidrogênio em um líquido. Isso dá a Júpiter o maior oceano do sistema solar - um oceano feito de hidrogênio em vez de água (SHEKTMAN, THOMPSON. NASA 2019).

Como gigante de gás, Júpiter não tem uma superfície verdadeira. O planeta é principalmente redemoinho de gases e líquidos. Enquanto uma espaçonave não teria nenhum lugar para pousar em Júpiter, não seria capaz de voar ilesa também. As pressões extremas e temperaturas profundas no planeta esmagariam, derreteriam e vaporizariam espaçonaves que tentassem voar para o planeta. A aparência de Júpiter é uma tapeçaria de bandas e manchas de nuvens coloridas. O planeta de gás provavelmente tem três camadas de nuvens distintas em seus "céus" que, juntas, se estendem por cerca de 44 milhas (71 quilômetros). Com quatro grandes luas e muitas luas menores, Júpiter forma uma espécie de sistema solar em miniatura. Júpiter tem 79 luas confirmadas (SHEKTMAN, THOMPSON. NASA 2019).

Saturno

Saturno (Figura 8) é o sexto planeta e o segundo maior planeta do nosso Sistema Solar. Adornado com um deslumbrante sistema de anéis de gelo, Saturno é único entre os planetas. Não é o único planeta que *tem* anéis, mas nenhum é tão espetacular ou tão complexo quanto o de Saturno (SHEKTMAN, THOMPSON. NASA 2019).



Informações sobre Saturno:

Raio: 58232 km

Distância do Sol: 1,4 bilhão de Km

Dia: 10,7 horas

Ano: 29 anos terrestres

Inclinação eixo de rotação: 26,73 °

Massa: $5,668 \times 10^{26}$ kg

Densidade: 0,69 g/cm³

Gravidade: 10,44 m/s²

Temperatura média (nuvens): -125°C

Dados: NASA

Figura 8. Saturno.

Fonte: NASA

Saturno tem o segundo dia mais curto do sistema solar. Um dia em Saturno leva apenas 10,7 horas. Seu eixo é inclinado em 26,73 graus em relação à sua órbita em torno do Sol, que é semelhante à inclinação de 23,5 graus da Terra. Isso significa que, assim como a Terra, Saturno experimenta as estações (SHEKTMAN, THOMPSON. NASA 2019).

Como Júpiter, Saturno é feito principalmente de hidrogênio e hélio. No centro de Saturno há um núcleo denso de metais como ferro e níquel, cercados por material rochoso e outros compostos solidificados pela intensa pressão e calor. Como gigante de gás, Saturno não possui uma superfície verdadeira. O planeta está basicamente girando gases e líquidos (SHEKTMAN, THOMPSON. NASA 2019).

Saturno está coberto de nuvens que aparecem como listras fracas, correntes de jato e tempestades. O planeta tem muitos tons diferentes de amarelo, marrom e cinza. O ambiente de Saturno não é propício à vida como a conhecemos. Atualmente, Saturno tem 53 luas confirmadas com nove luas provisórias adicionais aguardando confirmação (SHEKTMAN, THOMPSON. NASA 2019).

Acredita-se que os anéis de Saturno sejam pedaços de cometas, asteroides ou luas quebradas que se separaram antes de chegarem ao planeta, dilacerados pela poderosa gravidade de Saturno. O sistema de anéis de Saturno se estende a até 175.000 milhas (282.000 quilômetros) do planeta, mas a altura vertical é tipicamente de cerca de 30 pés (10 metros) nos anéis principais (SHEKTMAN, THOMPSON. NASA 2019).

Urano

O sétimo planeta do Sistema Solar e com o terceiro maior diâmetro, Urano é muito frio e ventoso. O gigante de gelo é cercado por 13 anéis fracos e 27 pequenas luas, enquanto gira a um ângulo de quase 90 graus em relação ao plano de sua órbita (SHEKTMAN, THOMPSON. NASA 2019). A Figura 9 mostra o aspecto de Urano.



Informações sobre Urano:

Raio: 25362 km

Distância do Sol: 2,9 bilhões de Km

Dia: 17 horas e 14 minutos

Ano: 84 anos terrestres

Inclinação eixo de rotação: 97,8°

Massa: $86,8 \times 10^{24}$ kg

Densidade: 1,27 g/cm³

Gravidade: 8,87 m/s²

Temperatura média (nuvens): -224,2°C

Dados: NASA

Figura 9. Urano.

Fonte: NASA

Um dia em Urano leva cerca de 17 horas (o tempo que leva para Urano girar ou girar uma vez) (SHEKTMAN, THOMPSON. NASA 2019).

Urano é o único planeta cujo equador está quase em ângulo reto com sua órbita, com uma inclinação de 97,77 graus - possivelmente o resultado de uma colisão com um

objeto do tamanho da Terra há muito tempo. Esta inclinação única faz com que ele possua as estações mais extremas do Sistema Solar.

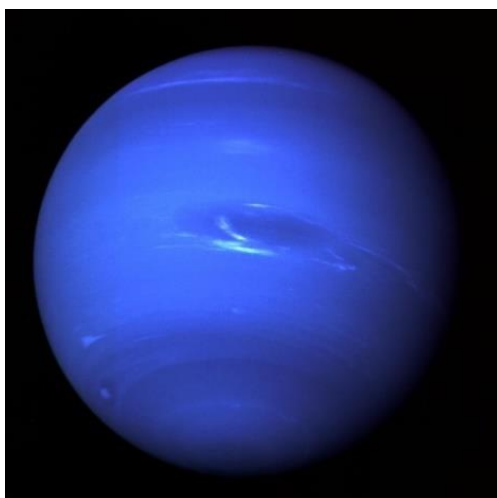
Urano é um dos dois gigantes do gelo no sistema solar exterior (o outro é Netuno). A maioria (80% ou mais) da massa do planeta é composta de um fluido denso quente de materiais "gelados" - água, metano e amônia - acima de um pequeno núcleo rochoso (SHEKTMAN, THOMPSON. NASA 2019).

Como gigante de gelo, Urano não tem uma superfície verdadeira. O planeta é principalmente fluidos rodopiantes. A atmosfera de Urano é principalmente hidrogênio e hélio, com uma pequena quantidade de metano e vestígios de água e amônia. O metano dá a Urano sua assinatura azul, como mostra a Figura 8. A atmosfera planetária de Urano, com uma temperatura mínima de 49K (-224,2 graus Celsius), torna ainda mais frio que Netuno, em alguns lugares (SHEKTMAN, THOMPSON. NASA 2019).

O ambiente de Urano não é propício à vida como a conhecemos. Urano tem 27 luas conhecidas e tem dois conjuntos de anéis. O sistema interno de nove anéis consiste principalmente em anéis cinza-escuros estreitos. Existem dois anéis externos: o mais interno é avermelhado, como anéis empoeirados em outras partes do sistema solar, e o anel externo é azul (SHEKTMAN, THOMPSON. NASA 2019).

Netuno

Escuro, frio e açoitado pelos ventos supersônicos, o gigante do gelo Netuno é o oitavo e mais distante planeta do nosso Sistema Solar, Mais de 30 vezes mais longe do Sol do que a Terra, Netuno é o único planeta do nosso Sistema Solar que não é visível a olho nu (SHEKTMAN, THOMPSON, NASA2019).



Informações sobre Netuno:

Raio: 24622 km

Distância do Sol: 4,5 bilhões km

Dia: 16 horas

Ano: 165 anos terrestres

Inclinação eixo de rotação: 28,3°

Massa: $102,4 \times 10^{24}$ kg

Densidade: 1,64 g/cm³

Gravidade: 11,15 m/s²

Temperatura média (nuvens): -193° à -153° C

Dados: NASA

Figura 10. Netuno.

Fonte: NASA

Um dia em Netuno leva cerca de 16 horas (o tempo que leva para que Netuno gire ou gire uma vez). Às vezes, Netuno está ainda mais longe do Sol do que o planeta anão Plutão. A órbita ovalada e altamente excêntrica de Plutão, a coloca dentro da órbita de Netuno por um período de 20 anos a cada 248 anos terrestres (SHEKTMAN, THOMPSON, NASA2019).

Netuno é um dos dois gigantes do gelo no Sistema Solar exterior (o outro é Urano). Igualmente a Urano, Netuno possui massa (80% ou mais) composta de um fluido denso quente de materiais "gelados" - água, metano e amônia - acima de um pequeno núcleo rochoso (SHEKTMAN, THOMPSON, NASA2019).

Netuno não tem uma superfície sólida. Sua atmosfera (composta principalmente de hidrogênio, hélio e metano) se estende a grandes profundidades, fundindo-se gradualmente em água e outros gelos derretidos sobre um núcleo sólido e pesado com aproximadamente a mesma massa que a Terra (SHEKTMAN, THOMPSON, NASA2019).

A atmosfera de Netuno é composta principalmente de hidrogênio e hélio com apenas um pouco de metano. O vizinho de Netuno, Urano, tem uma cor azul-esverdeada devido a esse metano atmosférico, mas Netuno é um azul mais vívido e mais brilhante, o que permite supor que deva haver um componente desconhecido que causa uma cor mais intensa (SHEKTMAN, THOMPSON, NASA2019).

Netuno é o mundo mais ventoso do nosso sistema solar. Apesar de sua grande distância e baixo consumo de energia do Sol, os ventos de Netuno podem ser três vezes mais fortes que os de Júpiter e nove vezes mais fortes que os da Terra (SHEKTMAN, THOMPSON, NASA2019).

O ambiente de Netuno não é propício à vida como a conhecemos. Netuno tem 13 luas conhecidas e uma lua provisória que aguarda confirmação oficial. Netuno tem cinco anéis conhecidos. Começando perto do planeta e se movendo para fora (SHEKTMAN, THOMPSON, NASA2019).

Referências

SHEKTMAN, L.; THOMPSON, J. NASA's Science writers. Solar System. Disponível em < <https://solarsystem.nasa.gov/solar-system/our-solar-system/overview/> > Acesso em 15/03/2019.

SHEKTMAN, L.; THOMPSON, J. NASA's Science writers. Sun. 2019. Disponível em <<https://solarsystem.nasa.gov/solar-system/sun/in-depth/>> Acesso em 15/03/2019

SHEKTMAN, L.; THOMPSON, J. NASA's Science writers. Mercury. 2019. Disponível em <<https://solarsystem.nasa.gov/planets/mercury/in-depth/>>. Acesso em 15/03/2019

SHEKTMAN, L.; THOMPSON, J. NASA's Science writers. Venus. 2019. Disponível em <<https://solarsystem.nasa.gov/planets/venus/in-depth/>> Acesso em 15/03/2019

SHEKTMAN, L.; THOMPSON, J. NASA's Science writers. Earth. 2019. Disponível em <<https://solarsystem.nasa.gov/planets/earth/in-depth/>> Acesso em 15/03/2019

SHEKTMAN, L.; THOMPSON, J. NASA's Science writers. Mars. 2019. Disponível em <<https://solarsystem.nasa.gov/planets/mars/in-depth/>> Acesso em 15/03/2019

		
---	---	---

SHEKTMAN, L.; THOMPSON, J. NASA's Science writers. Jupiter. 2019. Disponível em <<https://solarsystem.nasa.gov/planets/jupiter/in-depth/>> Acesso em 15/03/2019

SHEKTMAN, L.; THOMPSON, J. NASA's Science writers. Saturn. 2019. Disponível em <<https://solarsystem.nasa.gov/planets/saturn/in-depth/>> Acesso em 15/03/2019

SHEKTMAN, L.; THOMPSON, J. NASA's Science writers. Uranus. 2019. Disponível em <<https://solarsystem.nasa.gov/planets/uranus/in-depth/>> Acesso em 15/03/2019

SHEKTMAN, L.; THOMPSON, J. NASA's Science writers. Neptune. 2019. Disponível em < <https://solarsystem.nasa.gov/planets/neptune/in-depth/>> Acesso em 15/03/2019

Aula 03: Leis de Kepler

Prof. Ms. Leonardo Peruqui

Objetivo da aula: Apresentar e definir as três leis de Kepler.

Conteúdo: Introdução; Primeira Lei de Kepler; Segunda Lei de Kepler; Terceira Lei de Kepler.

Introdução

Segundo Young, a palavra planeta deriva de um termo grego que significa “errante” e, na verdade, os planetas mudam constantemente de posição no céu em relação ao fundo das estrelas. Um dos maiores êxitos intelectuais dos séculos XVI e XVII foi a verificação de três fatos: a Terra também é um planeta, todos os planetas descrevem órbitas em torno do Sol e os movimentos aparentes dos planetas vistos da Terra podem ser usados para uma determinação precisa de suas órbitas (YOUNG et al, p. 13, 14; 2008).

Na atividade passada vocês foram capazes de perceber como é o movimento dos planetas vistos da Terra. E fizeram constatações do movimento planetário similar ao que Kepler realizou. Puderam notar o quão intrigante é tais movimentos.

Segundo Halliday, Johannes Kepler⁴ (1571-1630), após uma vida de estudos, descobriu leis empíricas que governam esses movimentos. Tycho Brahe⁵ (1546-1601), o último dos grandes astrônomos a fazer observações sem o auxílio de um telescópio, compilou uma grande quantidade de dados a partir dos quais Kepler foi capaz de deduzir as três leis do movimento planetário que hoje levam seu nome (HALLIDAY et al, p. 41; 2012). Vamos, agora, conhecer cada uma delas.

⁴ Johannes Kepler foi um matemático e astrônomo alemão, responsável pela elaboração das leis do movimento planetário.

⁵ Tycho Brahe foi um dinamarquês que estudou direito e filosofia, importante observador na astronomia, suas observações contribuíram para a formulação as leis do movimento planetário, desenvolvida por Kepler.

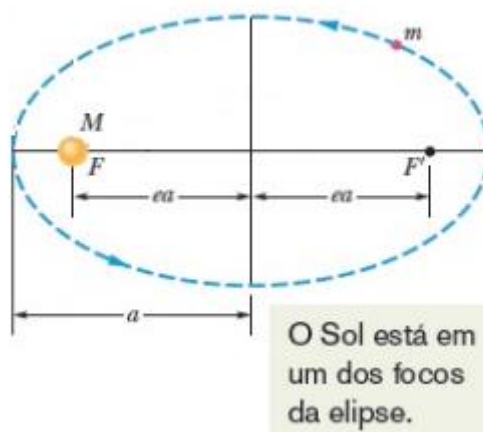
Primeira lei de Kepler

Também conhecida como “lei das órbitas”, essa lei diz o seguinte: *todos os planetas se movem em órbitas elípticas, com o Sol em um dos focos (F e F')* (HALLIDAY et al, p. 41; 2012).

Inicialmente, vamos considerar a órbita elíptica mencionada na primeira lei de Kepler. A Figura 1 mostra a geometria de uma elipse. A dimensão maior corresponde ao eixo maior, e a é a metade do comprimento do eixo maior; esse comprimento é o semieixo maior (YOUNG et al, p. 13, 14; 2008).

A distância de cada foco até o centro da elipse é igual a ea , onde e é um número sem dimensões entre 0 e 1 denominado excentricidade (YOUNG et al, p. 13, 14; 2008). Dizemos que uma excentricidade nula corresponde a uma circunferência, na qual os dois focos se reduzem a um único ponto central, chamado centro da circunferência (HALLIDAY et al, p. 41; 2012).

Figura 1. Elipse



Fonte: Halliday

Segunda lei de Kepler

A segunda lei de Kepler é, também, conhecida como “lei das áreas”. Tal lei diz o seguinte: *a reta que liga um planeta ao Sol varre áreas iguais no plano da órbita do planeta em intervalo de tempos iguais* (HALLIDAY et al, p. 41; 2012).

Qualitativamente, a segunda lei nos diz que o planeta se move mais devagar quando está mais distante do Sol e mais depressa quando está mais próximo do Sol. Na realidade, a segunda lei de Kepler é uma consequência direta da lei de conservação do momento angular. Vamos provar esse fato (HALLIDAY et al, p. 41; 2012).

A área da cunha sombreada na Figura 2(a) é praticamente à área varrida no intervalo de tempo Δt , em segundos (s), pelo segmento de reta entre o Sol e o planeta, cujo comprimento é r , dado em metros (m). A área ΔA , dada em metro ao quadrado (m^2), da cunha é, aproximadamente, igual à área de um triângulo de base $r\Delta\theta$ e altura r . Como a área de um triângulo é igual à metade da base vezes a altura, $\Delta A \approx \frac{1}{2}r^2\Delta\theta$. Essa expressão para ΔA se torna mais exata quando Δt (e, portanto, $\Delta\theta$) tende a zero. A equação (1) resume, matematicamente, a descrição acima.

$$\frac{\Delta A}{\Delta t} = \frac{1}{2}r^2 \frac{\Delta\theta}{\Delta t} = \frac{1}{2}r^2\omega \quad (1)$$

Na equação (1), ω é a velocidade angular, dada por $2\pi/s$ do segmento de reta que liga o Sol ao planeta (HALLIDAY et al, p. 42; 2012, adaptado pelo autor).

A Figura 2(b) mostra o momento linear p do planeta. Sabemos que $L = rp$, sendo L o momento angular do corpo em órbita, dado em quilograma metro quadrado por segundo ($Kg \ m^2/s$), logo,

$$L = rp = (r)(mv) = r(m\omega r) = mr^2\omega \quad (2)$$

Combinando as equações (1) e (2) temos:

$$(3)$$

$$\frac{\Delta A}{\Delta t} = \frac{L}{2m}$$

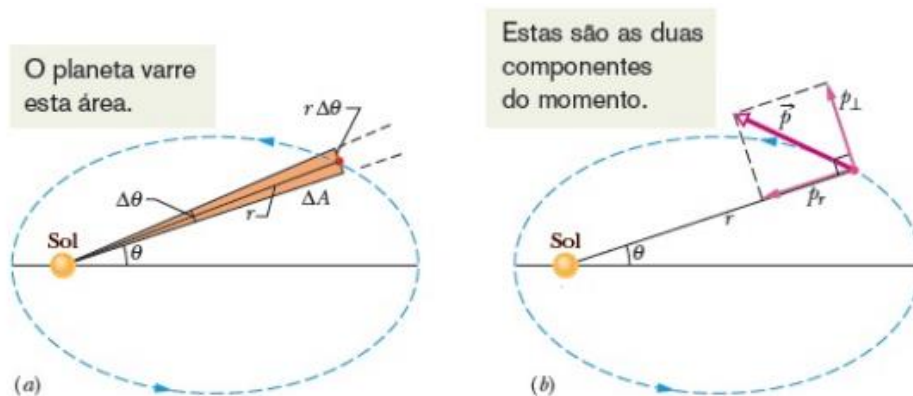


Figura 2. (a) Área varrida pelo segmento de reta que liga o planeta ao Sol. (b) Momento linear do planeta.

Fonte: Halliday

Terceira lei de Kepler

A terceira lei de Kepler, também é chamada de “lei dos períodos”. Tal lei diz o seguinte: *o quadrado do período de qualquer planeta é proporcional ao cubo do semieixo da órbita* (HALLIDAY et al, p. 42; 2012).

Temos que tal lei é dada pela equação (4)

$$\frac{T^2}{a^3} = K \quad (4)$$

Falaremos mais a respeito dessa constante K na próxima aula.

O que podemos obter de tal relação é que não importa a distância do planeta em relação ao astro que ele está orbitando. A relação entre o período, dado em segundos e o semieixo da órbita, dado em metros, sempre será uma constante, se aplicarmos a equação (4) corretamente. Com isso, podemos relacionar até mesmo uma órbita de um planeta com o outro, sem se importar com o astro que eles orbitam. Podemos observar tal constância na Tabela 1.

Planeta	Semieixo maior a (10^{10} m)	Período T (anos)	T^2/a^3 (10^{-34} anos ² /m ³)
Mercúrio	5,79	0,241	2,99
Vênus	10,8	0,615	3,00
Terra	15,0	1,00	2,96
Marte	22,8	1,88	2,98
Júpiter	77,8	11,9	3,01
Saturno	143	29,5	2,98
Urano	287	84,0	2,98
Netuno	450	165	2,99

Tabela 1. Lei de Kepler para os períodos do sistema solar

Fonte: O autor, adaptado de Halliday

Referências

COSTA, J. R. V. Tycho Brahe. Astronomia no Zênite, jan 2006. Disponível em: < <http://www.zenite.nu/tycho-brahe/> > Acesso em 04/05/2019.

FRAZÃO, D.; Johannes Kepler. Biografia atualizada. 2019. Disponível em <https://www.ebiografia.com/johannes_kepler/> Acesso em 04/05/2019.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J.; Fundamentos de Física, volume 2: gravitação ondas e termodinâmica; tradução e revisão técnica Ronaldo Sérgio de Biasi – Rio de Janeiro. Editora LTC, 2012 - 296p.

YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A.; Física II: Termodinâmica e ondas/ Young e Freedman. Tradução: Cláudia Santana Martins. Revisão técnica: Adir Moysés Luiz – 12^a ed. – São Paulo. Editora: Pearson, 2008 - 329p.

Aula 04: Gravitação

Prof. Ms. Leonardo Peruqui

Objetivo da aula: Conceituar a Lei da Gravitação Universal de Newton.

Conteúdo: Introdução; Lei da Gravitação Universal de Newton; Valor da Aceleração da gravidade; Revendo um conhecido; Einstein e a Gravitação.

Introdução

Na aula passada vimos sobre as leis de Kepler. Nessa aula veremos qual força é a responsável por manter os corpos orbitando outro, ou melhor, a força responsável pela atração de um corpo pelo outro. Iniciaremos, portanto, com uma reflexão:

Você já se perguntou o porquê quando você salta retorna ao solo? Ou, porque quando você solta um objeto (mais denso do que o ar) ele vai diretamente para o chão? Essas perguntas podem ser respondidas da seguinte maneira, todo corpo sobre o planeta Terra está sob a ação da força de campo gravitacional, também conhecida como, gravidade. Tal força atrai todo corpo em direção ao centro da Terra.

Mas qual relação tem o que aprendemos aula passada com essa afirmação?

Em 1665, Isaac Newton, então com 23 anos, prestou uma contribuição fundamental à Física ao demonstrar que não existe diferença entre a força que mantém a Lua em órbita e a força responsável pela queda de uma maçã (HALLIDAY et al, p. 28; 2012).

Lei da Gravitação de Newton

Newton chegou à conclusão de que não só a Terra atrai as maçãs e a Lua, mas cada corpo do universo atrai todos os demais; essa tendência dos corpos de se atraírem mutuamente é chamada de gravitação (HALLIDAY et al, p. 28; 2012).

Newton descobriu o caráter fundamental da atração gravitacional entre dois corpos de qualquer natureza. Juntamente com as três leis do movimento, Newton publicou a “lei da Gravitação” em 1687. Ela pode ser enunciada, segundo Young, do seguinte modo: *Cada partícula do universo atrai qualquer outra partícula com uma*

força diretamente proporcional ao produto das respectivas massas e inversamente proporcional ao quadrado da distância entre as partículas (YOUNG et al, p. 1; 2008).

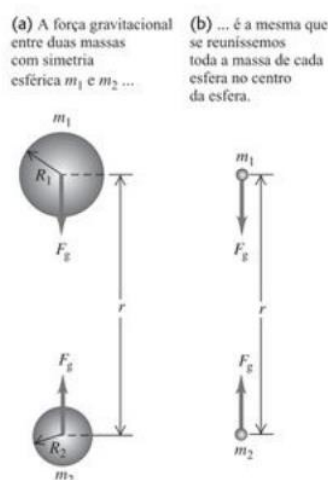
Traduzindo matematicamente, essa lei pode ser escrita pela equação (1).

$$F_g = \frac{Gm_1m_2}{r^2} \quad (1)$$

Na equação (1), F_g é o módulo da força gravitacional (medida em Newton – N) que atua sobre cada partícula, m_1 e m_2 são as massas das partículas (medidas em quilogramas – kg), r é a distância entre elas (medida em metros – m) e G é uma constante física fundamental denominada constante gravitacional, cuja unidade de medida deriva das demais grandezas da equação (1) ($\text{N}\cdot\text{m}^2/\text{kg}^2$) (YOUNG et al, p. 2; 2008).

Enunciamos a lei da gravitação em termos de interação entre duas partículas. Verifica-se que a interação gravitacional entre dois corpos que possuem distribuições de massa com simetria esférica (tal como esferas maciças ou ocas) é igual à interação gravitacional entre duas partículas localizadas nos centros das respectivas esferas, como na Figura 1(YOUNG et al, p. 2; 2008).

Figura 1. Comparação entre Força gravitacional de duas massas com simetria esférica e duas partículas.



Fonte: Young

Portanto quando modelamos a Terra como um corpo esférico ou de massa m_T , a força que ela exerce sobre uma partícula ou sobre um corpo com simetria esférica de massa m , sendo r a distância entre seus respectivos centros, a força gravitacional será dada pela equação (2), semelhante à equação (1), desde que o corpo esteja situado na parte externa da Terra (YOUNG et al, p. 2; 2008).

$$F_g = \frac{Gm_T m}{r^2} \quad (2)$$

Valor da aceleração da gravidade

Você já pode ter ouvido falar sobre a força da gravidade. Nas leis de Newton, vemos como a força Peso, que atua em um corpo sobre a superfície da Terra.

Ou seja, a força gravitacional que atua sobre uma partícula na superfície da Terra é igual à força peso. Logo,

$$F_g = P \quad (3)$$

$$\frac{Gm_T m}{r^2} = mg \quad (4)$$

Como as massas sobre o corpo são iguais (m), então temos:

$$g = \frac{Gm_T}{r^2} \quad (5)$$

A constante gravitacional já foi medida e tem valor de $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N.m}^2/\text{kg}^2$. Em posse da constante gravitacional basta conhecermos a massa do planeta e o raio do mesmo, com isso, podemos calcular a aceleração da gravidade daquele planeta.

Vamos calcular o valor da aceleração da gravidade do planeta Terra. Vimos em aulas passadas que o valor da massa (m) da Terra é $5,976 \times 10^{24} \text{ kg}$, e o valor do raio (r) é $6371 \times 10^3 \text{ m}$. Vamos aplicar os valores na equação (5).

$$g = \frac{(6,67 \times 10^{-11} \text{ N.m}^2/\text{kg}^2) \times (5,976 \times 10^{24} \text{ kg})}{(6371 \times 10^3 \text{ m})^2}$$

$$g = \frac{3,98 \times 10^{14} \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{kg}}{4,058 \times 10^{13} \text{ m}^2}$$

$$g = 9,807 \text{ N/kg}$$

$$g = 9,807 \frac{\text{kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{\text{kg}} \Rightarrow g = 9,807 \text{ m/s}^2$$

Com isso, obtemos o valor da aceleração da gravidade. Usualmente, utilizamos o valor, aproximado, de 10 m/s^2 para a aceleração da gravidade na Terra, a fim de facilitar os cálculos.

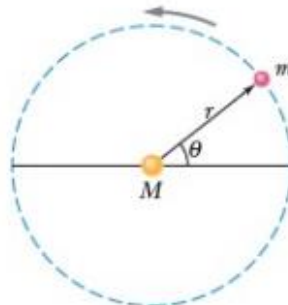
Como temos relação com o raio da Terra, significa que um corpo a certa altura, sofre uma força gravitacional menor do que sofreria na superfície terrestre.

Reverendo um conhecido

Lembram quando estudamos a terceira lei de Kepler? No final, falamos de uma constante, que não foi mencionado seu valor a vocês. Vocês verificaram apenas que aquela relação (T^2/a^3) era válida para todos os planetas do Sistema Solar. Agora, veremos como chegamos a tal constante, justamente usando a lei da Gravitação de Newton.

Se considerarmos a órbita circular do planeta, como da Figura 2, de raio r e aplicando a segunda lei de Newton ($F = m \cdot a$), onde a é a aceleração centrípeta do planeta dada por $\omega^2 r$. Temos:

Figura 2. Órbita circular de um planeta.



Fonte: Halliday

$$F_g = ma \quad (6)$$

$$\frac{GMm}{r^2} = (m)(\omega^2 r) \quad (7)$$

Como temos que $\omega = 2\pi/T$, podemos substituir na equação (7), chegando a:

$$\frac{GMm}{r^2} = (m) \left(\left(\frac{2\pi}{T} \right)^2 r \right) \quad (8)$$

$$\frac{GM}{r^2} = \frac{4\pi^2}{T^2} r \quad (9)$$

$$T^2 = \left(\frac{4\pi^2}{GM} \right) r^3 \quad (10)$$

$$\frac{T^2}{r^3} = \frac{4\pi^2}{GM} \quad (11)$$

Se lembrarmos da terceira lei de Kepler, tínhamos $T^2/a^3 = K$. Nesse caso, “a” é o “r”, e agora temos um valor para a constante K, conforme equação (12).

$$K = \frac{4\pi^2}{GM} \quad (12)$$

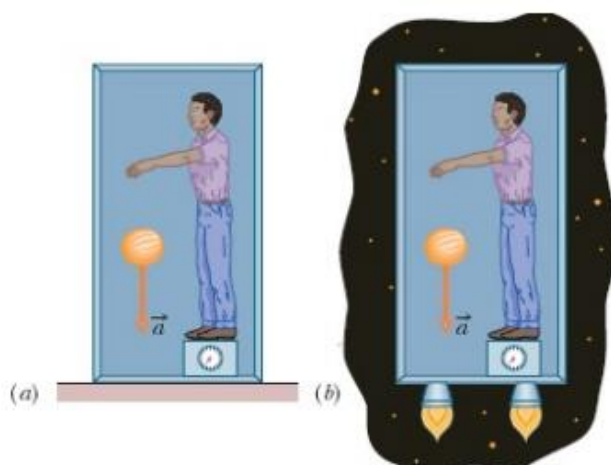
Na equação (12), M é a massa do corpo central sendo orbitado, no caso do nosso Sistema Solar o M é a massa do Sol (HALLIDAY et al; 2012). Então, para o caso do Sistema Solar o valor de k é $2,977 \times 10^{-19} \text{ s}^2/\text{m}^3$.

Einstein e a Gravitação

Albert Einstein disse uma vez: “Eu estava... no escritório de patentes, em Berna, quando de repente me ocorreu um pensamento: ‘Se uma pessoa cair livremente, não sentirá o próprio peso’. Fiquei surpreso. Essa ideia simples me causou uma profunda impressão. Ela me levou à teoria da gravitação” (HALLIDAY et al, p. 45; 2012).

Einstein propôs um experimento mental, para mostrar o “Princípio de Equivalência”. Segundo esse princípio, a gravitação e aceleração são equivalentes. Imagine uma pessoa presa dentro de uma cabine, ela não saberia distinguir se está em repouso na Terra ou em aceleração no espaço interestelar a $9,8 \text{ m/s}^2$. Em ambos os casos a pessoa teria a mesma sensação (HALLIDAY et al, p. 45; 2012).

Figura 3. (a) Cabine em repouso na Terra. (b) Cabine sendo celerada no espaço sideral



Fonte: Halliday

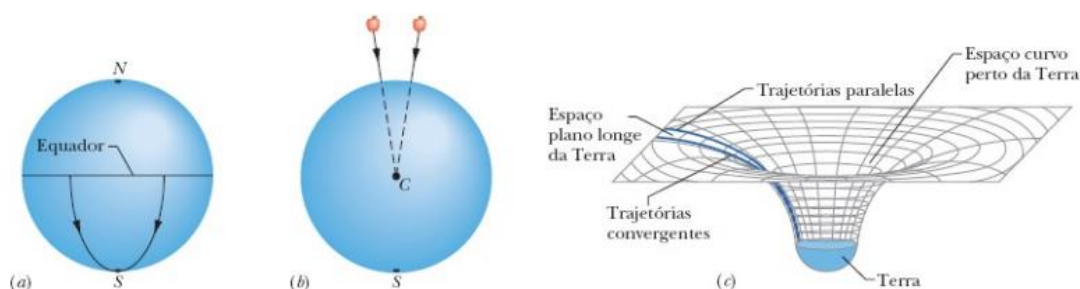
Até agora, explicamos a gravitação como o resultado de uma força entre massas. Einstein mostrou que, na verdade, a gravitação se deve a uma curvatura do *espaço-tempo* causada pelas massas (HALLIDAY et al, p. 45,46; 2012).

É difícil imaginar de que de que forma o espaço (mesmo vazio) pode ter uma curvatura. Uma analogia pode ajudar: suponha que estamos em órbita observando uma corrida, na qual, dois barcos partem do equador da Terra, separados por uma distância de 20 km e rumam para o Sul (Figura 3(a)). Para os tripulantes, os barcos seguem trajetórias planas e paralelas. Entretanto, com o passar do tempo, os barcos vão se

aproximando até que, ao chegarem ao Polo Sul, acabam por se chocar. Os tripulantes dos barcos podem imaginar que essa aproximação foi causada por uma força de atração entre os barcos. Observando-os do espaço, entretanto, podemos ver que os barcos se aproximaram simplesmente por causa da curvatura da superfície da Terra. Podemos constatar este fato porque estamos observando a corrida “do lado de fora” da superfície (HALLIDAY et al, p.46; 2012).

A Figura 3(b) mostra uma corrida semelhante: duas maçãs, separadas horizontalmente, são liberadas da mesma altura acima da superfície da Terra. Embora as maçãs pareçam descrever trajetórias paralelas, na verdade se aproximam uma da outra porque ambas caem em direção ao centro da Terra. Podemos interpretar o movimento das maçãs em termos da força gravitacional exercida pela Terra sobre cada uma delas. Podemos, também, interpretar o movimento em termos da curvatura do espaço nas vizinhanças da Terra, uma curvatura que se deve à massa da Terra. Desta vez, não podemos observar a curvatura porque não podemos nos colocar “do lado de fora” do espaço curvo, como fizemos no exemplo dos barcos. Entretanto, podemos representar a curvatura através de um desenho como o da Figura 3(c), na qual as maçãs se movem em uma superfície que se encurva em direção à Terra, por causa da massa da Terra (HALLIDAY et al, p.46; 2012).

Figura 3. (a) Corrida de barcos na superfície da Terra. (b) Quedas das maçãs em direção à Terra. (c) Queda das maçãs seguindo a curvatura do espaço deformada pela massa da Terra



Fonte: Halliday

Embora as teorias de Newton e Einstein tenham sido capazes de descrever com grande precisão a atração de corpos de todos os tamanhos, desde maçãs até planetas e



estrelas, ainda não compreendemos perfeitamente a gravidade nem na escala cosmológica e nem na escala da Física Quântica (HALLIDAY et al, p. 47; 2012).

Referências

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J.; Fundamentos de Física, volume 2: gravitação ondas e termodinâmica; tradução e revisão técnica Ronaldo Sérgio de Biasi – Rio de Janeiro. Editora LTC, 2012 - 296p.

YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A.; Física II: Termodinâmica e ondas/ Young e Freedman. Tradução: Cláudia Santana Martins. Revisão técnica: Adir Moysés Luiz – 12^a ed. – São Paulo. Editora: Pearson, 2008 - 329p.



Links para as videoaulas

Abaixo seguem os links das vídeoaulas produzidas para o minicurso. As vídeoaulas estão prontas e editadas com recursos de Libras.

Link para a Videoaula 1: A Teoria do Big Bang

bit.ly/2mfhWeX

Link para a Videoaula 2: Formação do Sistema Solar

bit.ly/2lSdmmp

Link para a Videoaula 3: Kepler e suas Leis

bit.ly/2lQUwMw

Link para a Videoaula 4: A gravidade

bit.ly/2kc6kIQ

Todos os vídeos estão disponíveis na plataforma de vídeos *Youtube*, os *links* que seguem foram encurtados pelo encurtador de *links bitlinks* (bitly.com).



Roteiros Experimentais

Sendo parte fundamental deste trabalho seguem os roteiros experimentais abaixo. Tais roteiros foram elaborados com a finalidade de auxiliar na melhoria do Ensino de Física atual.

Os mesmos podem ser alterados e modificados a medida do professor que se interesse em sua aplicação, tanto realizando aprimoramentos nas atividades como adequando ao nível ao qual esteja aplicando.

A sugestão que se mantém é que se siga o minicurso como proposto a fim de avaliar sua eficácia com relação ao aprendizado dos estudantes que é a parte que mais importa.

Tais roteiros foram elaborados com o auxílio da disciplina de Astronomia, ministrada na UNESP de Presidente Prudente no curso do Mestrado Nacional e Profissional do Ensino de Física.

Roteiro Experimental – Aula 1: Universo e seus elementos

O Universo no Balão

Contexto Histórico

Vocês conheceram alguns dos corpos celestes presentes no nosso Universo, mas a grande dúvida que vem a luz é como tudo isso surgiu? Qual a origem de tudo? A teoria, na ciência, mais aceita, é a teoria do Big Bang.

As observações de Hubble sugeriam que tinha havido um tempo para uma grande explosão [um *big bang*], em que o Universo era infinitamente pequeno e denso. Nessas condições, todas as leis da Física e, portanto, toda a possibilidade de prever o futuro cairia por terra. Se houve acontecimentos antes desse tempo, não podem afetar o que acontece no tempo presente. A sua existência pode ser ignorada, por não ter consequências observáveis. Pode-se dizer que o tempo começou com o *big bang*, no sentido em que os primeiros momentos não podiam ser definidos (HAWKING, 1988).

Edwin Hubble conseguiu estimar as distâncias de Andrômeda e outras galáxias, observando o brilho aparente e os períodos de pulsação de estrelas Cefeidas nessas galáxias. Hubble e seu colaborador, Milton Humason, fotografaram os espectros de várias galáxias, usando o telescópio de 2,50 m de Monte Wilson.

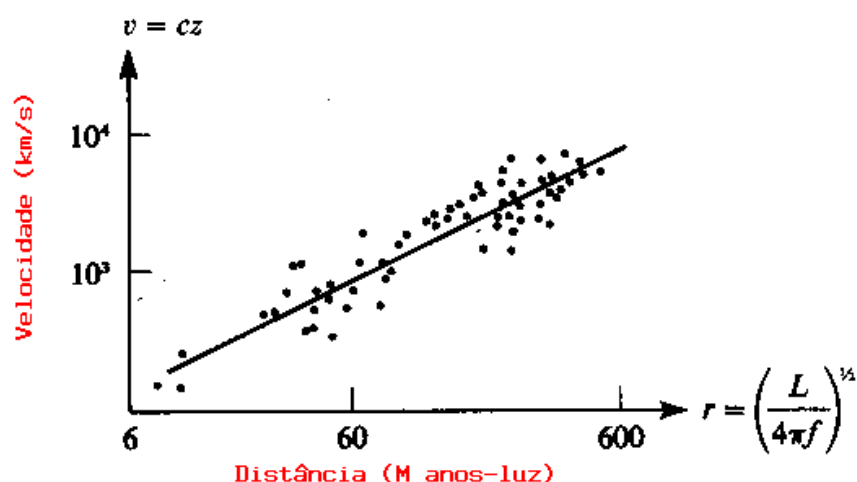
Figura1. Telescópio do Observatório Monte Wilson



Fonte: Mount Wilson Observatory

Quando compararam as distâncias das galáxias com as suas velocidades de afastamento, Hubble e Humason verificaram que as galáxias mais distantes estavam se afastando com velocidades maiores. Plotando os dados em um gráfico de velocidade em função da distância, Hubble encontrou que os pontos se distribuíam ao longo de uma linha reta, como mostra a Figura 2 (SARAIVA).

Figura 2. Gráfico: velocidade x distância das galáxias.



Fonte: UFRGS

Como sabemos da Matemática, em um gráfico de uma reta temos uma relação constante entre as variáveis “x” e “y”. No nosso caso a relação constante é dada pela velocidade e pela distância, tal constante, para as galáxias é chamada de constante de Hubble (H_0).

Na nossa atividade iremos calcular uma constante utilizando um método similar ao de Hubble.

1. Materiais

- Bexiga
- Canetinhas ou Canetas
- Barbante
- Régua
- Cronômetro

2. Procedimento

Encha a bexiga, apenas para fim de verificação se a mesma está furada, caso esteja, troque por outra.

Novamente encha a bexiga, mas apenas um pouco. Com a canetinha desenhe dez galáxias na bexiga, enumere-as. Uma dessas dez galáxias será sua galáxia de referência, caso queira desenhe-a de outra cor.

A partir de sua galáxia de referência, meça as distâncias para as outras nove galáxias e anote os dados na Tabela 1.

Agora, encha completamente a bexiga, com cuidado para não a estourar, com o auxílio de um cronômetro meça o tempo gasto para inflar a bexiga e anote:

$t = \text{_____ s.}$

Pode amarrar a bexiga para facilitar o procedimento.

Meça, novamente, as distâncias das galáxias, tomando cuidado de seguir o mesmo lado da primeira medição, e, anote, os dados na Tabela 1.

Calcule a diferença das distâncias de cada galáxia, e anote os valores na sua respectiva coluna.

Para finalizar a Tabela 1, calcule a velocidade de distanciamento das galáxias no balão, para isso utilize o tempo que você levou para inflar a bexiga. Para calcular a velocidade, vamos relembrar um pouco das aulas de cinemática: a velocidade é calculada pela divisão do espaço percorrido, que nesse caso será a diferença das distâncias, pelo tempo.

$$v = \frac{d}{t}$$

Anote os valores na Tabela 1.

Tabela 1. Dados das galáxias no balão

Ga lândia	Primeira medida de distância (d_1)	Segunda medida de distância (d_2)	Diferença das distâncias (d_2 – d_1)	Velocid ade (v)

Agora, construa um gráfico, no papel milimetrado, a partir dos dados que você obteve. O gráfico será velocidade x diferença das distâncias. No eixo das ordenadas (y) ficará a velocidade e no eixo das abscissas (x) ficará a diferença das distâncias.

Com o gráfico e os dados obtidos faça a análise a seguir.

3. Análise dos resultados

Com os dados que você obteve na tabela e no gráfico responda as perguntas a seguir.

- Quais suposições você pode fazer, a partir da diferença das distâncias antes do balão totalmente inflado e depois?
- Calcule a constante de Hubble do seu universo no balão. Para isso basta calcular o coeficiente da reta, ou seja, dividir o valor da velocidade pelo seu respectivo valor de diferença das distâncias.
- Calcule o tempo (idade do seu universo no balão). Para tal, basta fazer o inverso da sua constante encontrada no item “2”.
- Explique como o valor obtido no item “3” tem relação com tempo que você levou para inflar o balão.
- Quais constatações você pode fazer relacionando a velocidade de distanciamento das galáxias e a distância da sua galáxia de referência?
- Com o experimento realizado, as ideias de Hubble fazem sentido? Explique.
- Como você relaciona o experimento do universo no balão com a Teoria do Big Bang?

 MNPEF Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física	 unesp UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"	 SBF SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA
--	---	--

Referências

HAWKING, S. W.; “*Uma breve história do tempo*”. 1988. Editora: Intrínseca. Abril de 2009. 156 p.

SARAIVA, M. F. O.; “*A expansão do universo*”. Instituto Federal. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Disponível em <
<http://www.if.ufrgs.br/~fatima/ead/expansao-universo.htm>>. Acesso em 26/03/2019

Mount Wilson Observatory. Disponível em <
<https://www.mtwilson.edu/visiting/>> Acesso em 26/03/2019

Roteiro Experimental – Aula 02: Sistema Solar

Parte 1 – Atividade Online: *Stellarium*

1. Introdução

Vocês puderam se familiarizar com os planetas do nosso Sistema Solar. Hoje sabemos muito sobre eles, suas composições, tamanhos, quantidade de satélites e seu movimento. E, é disso que se trata nossa atividade de hoje, sobre o movimento dos planetas.

Imaginem o quão complexo era antigamente para descrever o movimento dos nossos vizinhos, e hoje vamos conseguir perceber isso. Reúna-se em grupo e siga as instruções a seguir.

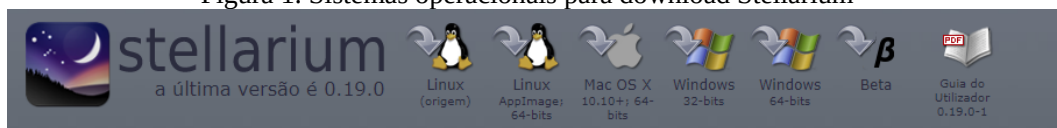
2. Materiais

- Computador
- Papel
- Canetas esferográfica ou hidrográfica

3. Procedimento

Para essa atividade necessitaremos de um *software* chamado *Stellarium*. Para isso faça o *download* em seu computador através do link stellarium.org/pt/. No site vocês deverão clicar no sistema operacional correspondente ao seu computador, conforme indica a Figura 1.

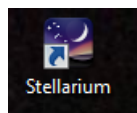
Figura 1. Sistemas operacionais para download Stellarium



Fonte: Stellarium

Após clicar no sistema operacional correspondente ao seu computador o download será inicializado automaticamente. Quando o download finalizar, dê dois

cliques no arquivo “baixado” “stellarium-0.19.0-win64.exe”, e siga as instruções de instalação.



Clique no ícone do *stellarium* para abrir o *software*.

Ao iniciar, o programa estará com as configurações de localização padrão, e, então, precisaremos alterar para nossa localização. Para isso, siga os seguintes passos: Aperte o botão **F6**, então abrirá a janela de localização, como mostrada na Figura 2.

Figura 2. Janela de localização



Fonte: Stellarium

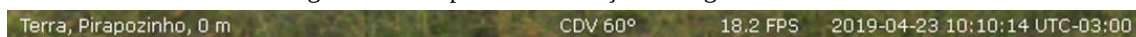
A partir daí, temos algumas opções para configurar nossa localização.

1. Podemos simplesmente clicar no mapa;
2. Pesquisar o local onde você está;
3. Configurar os valores de latitude e longitude correspondente ao local;
4. Clicar no botão **Get location from GPS**;
5. Marcar a caixa *Get location from network*.



Sinta-se à vontade para usar qualquer uma delas, desde que o resultado final seja a localização corresponde ao seu local, como mostra o exemplo da Figura 3.

Figura 3. Exemplo de localização configurada



Fonte: Stellarium

Esse passo é importante para que possamos ter uma visão do céu no *software* correspondente à nossa visão real.

Feita a nossa configuração, vamos seguir com a atividade. Queremos descrever o movimento dos nossos vizinhos. Primeiro com o mouse arraste para que apareçam os pontos cardeais na sua tela. Pode-se utilizar o botão de rolagento do mouse para aproximar ou distanciar. Deixe de modo que, do lado direito, apareça o L de leste, e, do lado esquerdo, o O de Oeste, como mostra a Figura 4.

Figura 4. Pontos cardeais, de Leste a Oeste.



Fonte: Stellarium

Passe o mouse na lateral esquerda na parte inferior da tela, e, aparecerá o *menu* mostrado na Figura 5.

Figura 5. *Menu* lateral.



Fonte: Stellarium



Clique no ícone de pesquisa e então aparecerá a janela de pesquisa, como mostra a Figura 6.

Figura 6. Janela de pesquisa.



Fonte: Stellarium

Digite “Marte”, e então o *software* buscará o planeta. Caso esteja de Dia no momento da realização da atividade o planeta não aparecerá. Você verá apenas a marcação onde ele está, ou, dependendo, o planeta poderá estar abaixo do horizonte. Então, precisamos retirar a atmosfera para que possamos enxergar o planeta não importando o horário. Para remover a atmosfera basta você apertar a tecla **A**, e, então, mesmo de dia o céu parecerá como o da Figura 7.

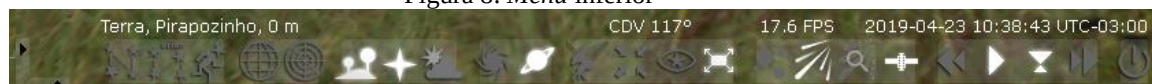
Figura 7. Céu Stellarium.



Fonte: Stellarium

Para nossa atividade, precisaremos posicionar Marte próximo do horizonte. Para isso, podemos atrasar ou adiantar a hora, passe ou mouse na parte inferior da tela, para aparecer o *menu* mostrado na Figura 8.

Figura 8. Menu inferior



Fonte: Stellarium

Para adiantar ou atrasar o tempo, click nos ícones . O primeiro, atrasa o tempo; o segundo, deixa o tempo na velocidade normal; o terceiro volta para o tempo corrente; e, o quarto adianta o tempo. Clicando em qualquer um deles você perceberá o movimento dos corpos celestes de acordo com a velocidade alterada. Após o planeta começar a surgir no horizonte, deixe o tempo na velocidade normal.

Agora, pegue papel e caneta! Iremos fazer passar dias, e perceber a posição do astro no céu, cada dia que passa. Marque o horário que Marte apareceu no céu. Na Barra

lateral clique no ícone , e então aparecerá a janela de data e hora para ser configurada, como mostra a Figura 9.

Figura 9. Janela Data e Hora.



Fonte: Stellarium

Fique atento a Marte, e avance os dias. Para isso, basta clicar na seta correspondente ao valor do dia, que estará na terceira casa (AAAA-MM-DD).

Trace, no papel, uma linha que represente o horizonte. Conforme adianta os dias desenhe a trajetória do planeta no céu. Caso tenha dificuldade para observar todo o plano da trajetória, você pode utilizar o botão de rolagem do mouse para afastar o campo de visão, de modo que a linha do horizonte continue retilínea.

Agora que você conseguiu realizar o procedimento para Marte, refaça para os seguintes planetas: Mercúrio, Vênus, Júpiter e Saturno. Desenhe a trajetória deles.

4. Análise e Discussão

Com o que você observou, responda as seguintes perguntas:

1. Você encontrou muita diferença entre as trajetórias dos planetas?
2. Como você explicaria tais trajetórias imaginando a Terra no centro do sistema Solar? Faça um modelo com a Terra no centro.
3. Explique o motivo de adiantarmos dia após dia, ao invés de adiantarmos as horas.
4. Discuta com seus companheiros o motivo dos planetas descreverem as trajetórias desenhadas.

Referências

Stellarium. Disponível em <<https://stellarium.org/pt/>> Acesso em 23/04/2019

Roteiro Experimental – Aula 02: Sistema Solar

Parte 2: Atividade prática: Confecção Sistema Solar

1. Introdução

Nessa atividade faremos um modelo do Sistema Solar que explicará as trajetórias descritas na atividade anterior. Você já deve conhecer os planetas da aula anterior, e utilizando tais conhecimentos, vocês farão o modelo.

2. Materiais

- Placa de Isopor
- Caixa de tinta guaxe
- 9 Esferas de isopor de diferentes tamanhos
- Palitos de churrasco

3. Procedimento

Reúnam-se no mesmo grupo que realizaram a atividade online. Pintem as Esferas de isopor de modo que fique parecido com os planetas do Sistema Solar. Não se esqueçam do Sol!

Façam os desenhos das órbitas dos planetas de modo que fiquem em torno do Sol. Procurem fazer as distâncias proporcionais (ou aproximadamente proporcionais) às distâncias reais.

Com os palitos de churrasco prendam as esferas sobre as órbitas desenhadas.

Anotem na placa de isopor o nome dos planetas.

4. Análise e discussão

Utilizando as questões da atividade anterior e o procedimento realizado hoje, em sala, respondam:

1. Com o modelo realizado hoje, onde o Sol está no centro, expliquem novamente as trajetórias.

		
---	---	---

2. Comparem as duas teorias, com a Terra no centro, e com o Sol no centro?
3. Relatem os motivos dos estudiosos antigos terem colocado a Terra como o centro do Universo.
4. Como vocês descreveriam as trajetórias dos planetas, que vocês realizaram na atividade passada, se vocês estivessem observando do Sol?
5. Relatem a experiência do grupo realizando tais atividades.

Roteiro Experimental – Aula 03: Leis de Kepler

Parte 1 – Atividade online: Planetary Orbit Simulator

1. Introdução

Vocês puderam ver na aula 3, as Leis de Kepler. Se você achou complicado assimilar as três leis e como elas interagem no movimento dos planetas, vamos facilitar seu entendimento com esta atividade, para que, caro aluno, possa visualizar tais movimentos.

Essa atividade contará com a ajuda de um simulador online. O simulador se chama *Planetary Orbit Simulator* e encontra-se no seguinte domínio astro.unl.edu/naap/pos/animations/kepler.html. Para que o simulador funcione corretamente no seu computador, é necessário que você possua o *flash player* em seu navegador. Quando acessar o site, ele irá fazer o requerimento, e, caso não tenha, basta clicar no simulador e fazer a instalação.

2. Materiais

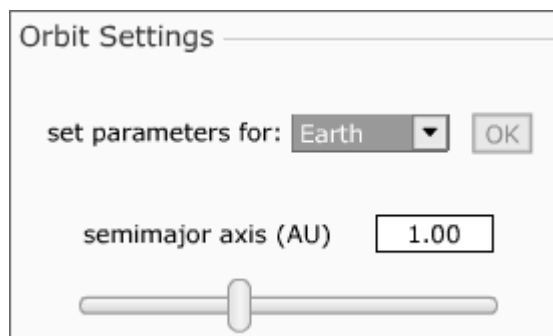
- Computador
- Papel
- Caneta

3. Procedimento

Ao longo do procedimento iremos resolver algumas questões, então, anote os respectivos números de tais questões em uma folha.

Primeiro, selecione, na caixa *orbit settings*, a opção Earth (Terra) e clique em . Vocês irão perceber que o semieixo vai estar com o valor 1.00, como mostra a Figura 1. Esse valor nada mais é que a distância da Terra até o Sol, que vale 1UA, ou seja, uma unidade astronômica. Esse valor equivale a pouco menos de 150 milhões de km, como vimos em aulas anteriores, correspondendo à medida da Terra até o Sol.

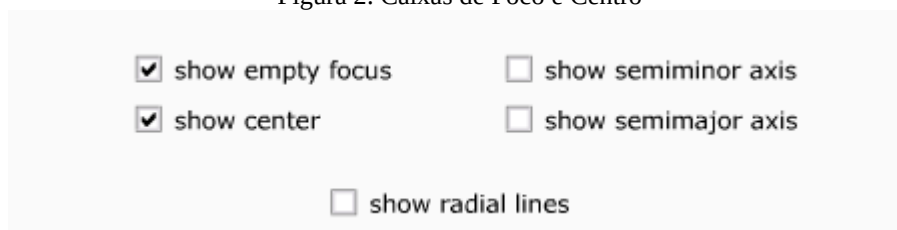
Figura 1. Orbit Settings



Fonte: Planetary Orbit

Cliquem em *Kepler's 1st law* (1ª lei de Kepler) e marquem as caixas *show empty focus* e *show center*, como indica a Figura 2. Essas caixas mostrarão o foco vazio e o centro.

Figura 2. Caixas de Foco e Centro



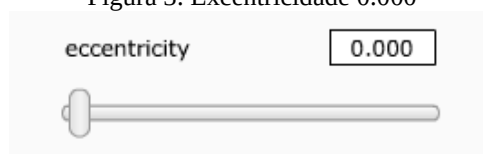
Fonte: Planetary Orbit

Feito isso, respondam:

1. Qual a posição do Sol em relação ao centro? E em relação ao foco vazio? Qual conclusão você pode tirar disso?

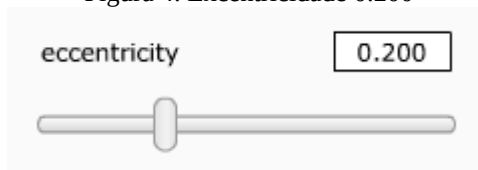
Alterem os valores da excentricidade, primeiro arrastem a barra *eccentricity* até a excentricidade se tornar 0.000 (Figura 3), depois arrastem a barra até o valor de 0.200 (Figura 4). Vocês podem alterar o valor diretamente na caixa caso queiram.

Figura 3. Excentricidade 0.000



Fonte: Planetary Orbit

Figura 4. Excentricidade 0.200

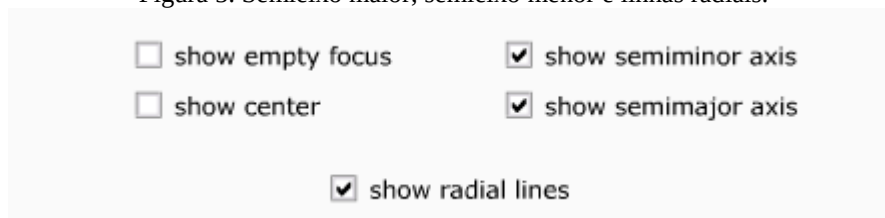


Fonte: Planetary Orbit

2. O que acontece com a posição do Sol em relação ao centro e em relação ao foco vazio na excentricidade 0.000? E na excentricidade 0.200?
3. O que acontece com a elipse quando aumenta a excentricidade e quando diminui?

Ainda podemos observar que a soma das distâncias dos focos até o planeta sempre será constante, e, valerá duas vezes o semieixo maior. Marquem as caixas *show semiminor axis*, *show semimajor axis* e *show radial lines*, como indicado na Figura 5. Os termos mostram, respectivamente, o semieixo maior, o semieixo menor e as linhas radiais. Arraste a barra de excentricidade até o máximo.

Figura 5. Semieixo maior, semieixo menor e linhas radiais.

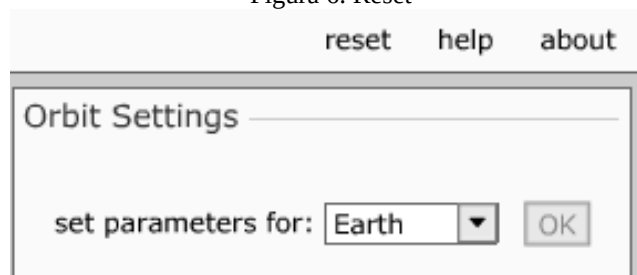


Fonte: Planetary Orbit

4. O que acontece com os semieixos menor e maior quando a barra de excentricidade está no máximo? E as linhas radiais quando o planeta está perto do Sol, e quando está longe?

Vamos “resetar” nosso simulador para podermos fazer a próxima atividade. Para isso cliquem em *reset* na parte superior e marquem a opção *Earth* novamente e cliquem em **ok**.

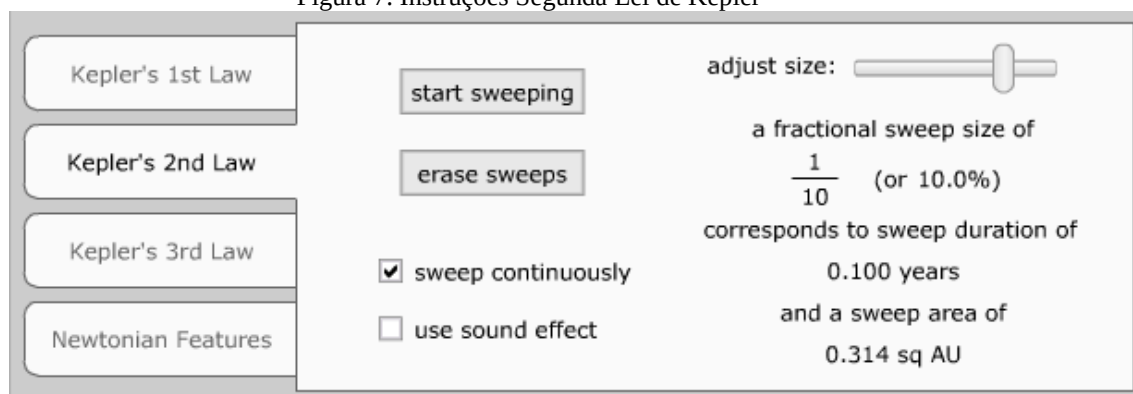
Figura 6. Reset



Fonte: Planetary Orbit

Cliquem em *Kepler's 2nd law* (2ª lei de Kepler). Depois marquem a caixa *sweep continuously*, arrastem a barra *adjust size* até que obtenham 1/10 em *fractional sweep size* e depois cliquem em *start sweeping*. As instruções que lhes foram dadas são para que se reparta a elipse em áreas. Caso tenham seguido todas as instruções à risca, sua janela deverá ficar com a configuração como da Figura 7.

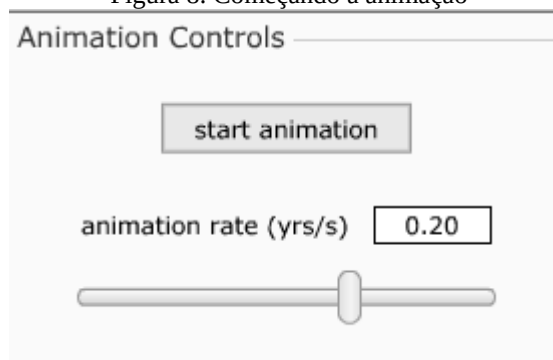
Figura 7. Instruções Segunda Lei de Kepler



Fonte: Planetary Orbit

Cliquem em start animation (Figura 8) e o planeta irá começar a orbitar o Sol. Caso não esteja aparecendo as áreas cliquem em start sweeping novamente.

Figura 8. Começando a animação



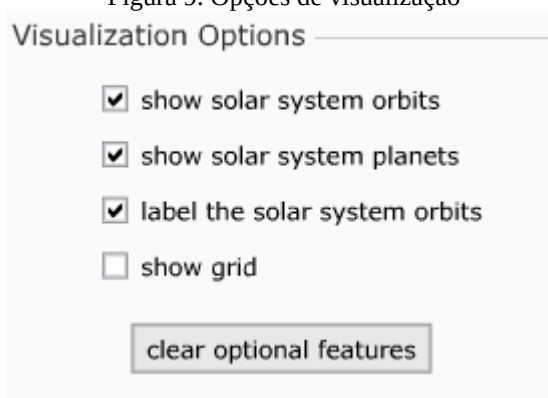
Fonte: Planetary Orbit

5. Cliquem sobre uma das áreas, e segurem e arrastem esta área sobre as outras. Elas têm o mesmo tamanho? Aumentando a excentricidade para 0.300 e repetindo o processo as áreas se mantiveram do mesmo tamanho?

6. No segundo caso, onde a excentricidade era 0.300, o que mudou a respeito das bordas das áreas? E o que vocês observam quando o planeta está mais perto do Sol? E quando está mais longe, o que acontece? Dica: Podem aumentar a excentricidade para 0.700 para perceber melhor os efeitos.

Vocês ainda podem observar o comportamento dos outros planetas também. E até mesmo, o Sistema Solar inteiro. Para isso, basta marcar as opções de acordo com a Figura 9.

Figura 9. Opções de visualização



Fonte: Planetary Orbit



Sintam-se à vontade para manipular o simulador como queiram. Sejam curiosos! Vocês podem estar se questionando o porquê não trabalhamos com a terceira lei de Kepler. A atividade sobre a terceira lei de Kepler será realizada em sala de aula.

Referências

Astronomy Education at the University of Nebraska-Lincoln. Planetary Orbit Simulator. Disponível em <astro.unl.edu/naap/pos/animations/kepler.html> Acesso em 24/04/2019.

Roteiro experimental – Aula 03: Leis de Kepler

Parte 2 – Atividade em sala: Terceira lei de Kepler

1. Introdução

Vocês puderam trabalhar a primeira e a segunda lei de Kepler através do simulador *Planetary Orbit Simulator*. Mas, com a terceira lei, vamos observar na prática.

Sabemos que a terceira lei de Kepler é a lei dos períodos, e que tal lei mantém uma relação constante entre o quadrado do período pelo cubo do raio, ou, do semieixo maior.

Será que realmente acontece essa constância? É isso que vamos poder observar na atividade de hoje.

2. Materiais

- Barbante
- Arruela
- Cronômetro (pode ser o celular)
- Papel
- Caneta
- Tubo vazio de caneta

3. Procedimento

Essa atividade deve ser realizada em dupla. Primeiro, pegue um pedaço do barbante de um tamanho fixo (ex: 50cm), amarre uma arruela em uma extremidade.

Um dos membros da dupla começa a girar a arruela acima da cabeça, mantendo a tensão na corda, para facilitar pode passar o fio dentro do tubo de caneta. Enquanto isso o outro membro aciona o cronômetro e conta as revoluções.

O membro que for contar pode manter um valor fixo para o número de volta, e apenas parar o cronômetro quando chegar ao valor de volta marcado.

Calcule o período orbital. Para isso, basta dividir o tempo pelo número de revoluções.

Exemplo: Suponha que a arruela tenha girado 8 vezes em dez segundos. Então o período será:

$$T = \frac{\text{Tempo}}{\text{Revoluções}} = \frac{10 \text{ s}}{8 \text{ revoluções}} = 1,25 \text{ s/revolução}$$

Faça o mesmo procedimento para diferentes comprimentos do barbante. Anote os valores na Tabela 1.

Tabela 1. Valores experimento

d comprimento (cm)	Temp o total das voltas (s)	T período de uma volta (s)	Velocida de (cm/s)	d³ T²

Obs: Para calcular a velocidade, vocês terão que multiplicar o valor do comprimento d por 2π (~ 6,28), que é o valor da distância percorrida pela arruela.

4. Análise dos Resultados

1. Compare as velocidades quando o comprimento do barbante diminuiu. O que aconteceu? E, por que motivo aconteceu?
2. O que acontecia com a tensão no barbante quando o comprimento do fio diminuía? Se ocorria algo, por que ocorria?
3. Como você compara tal experimento com a terceira lei de Kepler?

Roteiro Experimental – Aula 04: Gravitação

Atividade prática: Deformação do espaço-tempo

1. Introdução

Na aula 4, sobre Gravitação, vocês puderam perceber a diferença entre a visão de Newton e de Einstein, com relação à gravidade. Mesmo Einstein explicando qual é o efeito da gravidade, não significa que Newton estava errado. Dizemos apenas que a lei de Newton explica a interação entre os corpos, e Einstein explica o efeito da massa dos corpos no “tecido” do espaço-tempo.

Na aula de hoje, realizaremos uma atividade que demonstrará de modo visual o efeito dessa deformação. O aluno deve tomar cuidado, pois o efeito visto será meramente visual, a fim de explicar o efeito de um corpo massivo sobre o “tecido” do espaço-tempo.

Todo o corpo deforma o espaço-tempo de alguma maneira, inclusive nós. Porém, nossa massa é muito pequena e esse efeito é igualmente muito pequeno. Até mesmo, podemos calcular a força de atração entre nossos corpos. Caso você esteja curioso, pode aplicar o valor de sua massa e a de um colega na lei da gravitação e observar a força de atração entre vocês. Verá que é bem pequena.

2. Materiais

- Tecido elástico
- Esferas de diferentes tamanhos
- Armação de arame ou madeira

3. Procedimento

Iremos realizar dois experimentos. O primeiro será meramente demonstrativo, porém terá suma importância no entendimento do efeito de deformação do espaço-tempo.

Com uma armação de madeira, previamente pronta, coloca-se um tecido elástico sobre ela, prendendo o tecido de modo que, quando for posto sobre ele uma massa, não se solte da armação.



Sobre o tecido é solta a maior esfera que temos. Observem o que acontece. Depois, é apenas solto as esferas menores. Mantendo a esfera maior sobre o tecido, recolhemos as esferas menores e dessa vez a soltamos sobre o tecido, dando-lhes certa velocidade. Observem o que acontece em ambos os casos.

4. Análise de Discussão

Com as observações realizadas nos experimentos respondam as seguintes questões:

1. Na primeira observação, quando é solta apenas a esfera maior, o que acontece?
2. Relate o que acontece quando as esferas apenas são soltas no tecido.
3. Descreva as trajetórias das esferas quando estas são soltas com certa velocidade. Assemelha-se, em algo, com trajetórias já vistas?