



UEPB

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE CIÊNCIAS E EDUCAÇÃO
MATEMÁTICA**

PAULO ROBSON LEITE DE OLIVEIRA

**UMA PROPOSTA DE ENSINO DE GRAVITAÇÃO UNIVERSAL UTILIZANDO UM
BLOG DE ESTUDO COMO FERRAMENTA DE APOIO**

**CAMPINA GRANDE - PARAÍBA
2016**

PAULO ROBSON LEITE DE OLIVEIRA

**UMA PROPOSTA DE ENSINO DE GRAVITAÇÃO UNIVERSAL UTILIZANDO UM
BLOG DE ESTUDO COMO FERRAMENTA DE APOIO**

Texto apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual da Paraíba como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências e Educação Matemática.

Área de concentração: Ensino de Ciências.
Orientadora: Profa. Dra. Ana Raquel Pereira de Ataíde

**CAMPINA GRANDE - PARAÍBA
2016**

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano da dissertação.

O48p Oliveira, Paulo Robson Leite de.
Uma proposta de ensino de gravitação universal utilizando um blog de estudo como ferramenta de apoio [manuscrito] / Paulo Robson Leite de Oliveira. - 2016.
146 p. : il. color.

Digitado.

Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2016.

"Orientação: Profa. Dra. Ana Raquel Pereira de Ataíde, Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa".

1. Ensino de Física. 2. Blogs - Educação. 3. Recursos didáticos. 4. Gravitação universal. I. Título.

21. ed. CDD 371.33

PAULO ROBSON LEITE DE OLIVEIRA

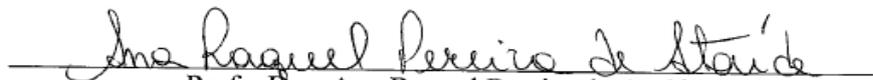
**UMA PROPOSTA DE ENSINO DE GRAVITAÇÃO UNIVERSAL UTILIZANDO UM
BLOG DE ESTUDO COMO FERRAMENTA DE APOIO**

Texto apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual da Paraíba como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências e Educação Matemática.

Área de concentração: Ensino de Ciências.
Orientadora: Profa. Dra. Ana Raquel Pereira de Ataíde

Aprovado em: 20 / 12 / 2016

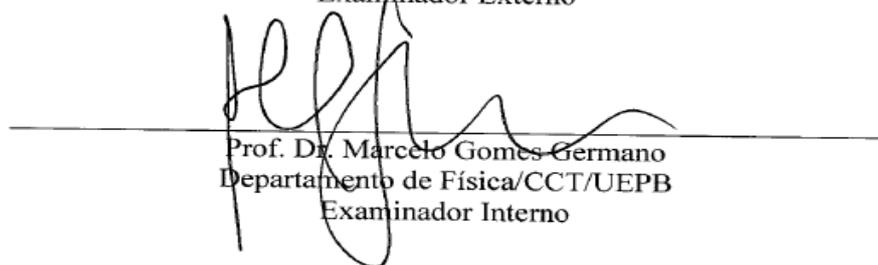
BANCA EXAMINADORA



Profa. Dra. Ana Raquel Pereira de Ataíde
Departamento de Física/CCT/UEPB
Orientadora



Prof. Dr. Francisco Eduardo de Sousa Filho
Departamento de Física/URCA
Examinador Externo



Prof. Dr. Marcelo Gomes Germano
Departamento de Física/CCT/UEPB
Examinador Interno

Com muito amor, ao meu filho, Petrus, e minha esposa, Emanuelle, sempre compreensiva e incentivadora durante todo o percurso; à minha irmã, Juliete, sempre motivadora; e aos meus pais, José Evandro e Julia Leite, por todo empenho que tiveram para me fazer chegar onde estou. Dedico-lhes.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço ao Deus Todo Poderoso que me proporcionou a capacidade e a inteligência para desenvolver os estudos e as pesquisas, bem como pela saúde, coragem, perseverança e oportunidade para realizar este trabalho.

Também à professora Profa. Dra. Ana Raquel Pereira de Ataíde, orientadora deste trabalho, por se mostrar sempre disponível para organizar informações, direcionar pensamentos, sugerir e melhorar as pesquisas. Enfim, pela enorme contribuição, a fim de que se pudesse lograr êxito em meu desenvolvimento profissional. Acima de tudo, seu apoio foi fundamental para a realização de cada passo desse trabalho.

De maneira generalizada, sou grato a todos os professores que cooperaram grandemente com suas aulas e orientações, as quais nortearam a produção desta dissertação. Ainda, cabe mencionar todos os colegas de turma que, de alguma forma, colaboraram nos momentos de estudos presenciais, como também na troca de informações à distância.

Ademais, expresso gratidão, em especial, à professora Katemari Diogo, pela disponibilidade em participar da banca de qualificação, assim como por suas ricas sugestões, e aos professores Marcelo Germano e Eduardo Sousa pelo gesto gentil de aceitar o convite para compor a banca de defesa deste trabalho, principalmente, pelas as valorosas contribuições para o melhoramento dele.

Finalmente, agradeço a Universidade Estadual da Paraíba – UEPB, por ter me proporcionado a oportunidade de participar do Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Educação Matemática, pois, foi com essa experiência, que pude adquirir os conhecimentos necessários para uma real melhoria em minhas práticas de ensino.

PRIMEIRAS PALAVRAS

Tendo como intuito conceituar e delinear o contexto no qual esse estudo foi construído, destacarei alguns elementos motivadores que me fizeram optar pelo caminho trilhado nesta pesquisa. Consequentemente, abordarei as opções adotadas e os percursos trilhados durante todas as fases de construção da pesquisa, as quais definem as características gerais da mesma.

Ao longo dos anos que venho trabalhando na educação, percebi que são muitos os problemas que assolam a ensino público no Brasil, em especial na disciplina de Física no Ensino Médio. Não pretendo investigar nem escrever sobre todos os problemas enfrentados pelos adutores de Física na tentativa de ensinar tal ciência, não é meu objetivo descrever e detalhar todos os encaixos que afligem os professores de Física do ensino básico. Contudo, pretendo destacar um ponto primordial na busca por melhorias na educação, a mudança nas práticas pedagógicas.

Desde que iniciei minha atuação na docência, em 2007, juntando a experiência vivida em sala de aula com várias conversas com outros colegas professores, tornou-me perceptível a importância de estar sempre aberto às mudanças exigidas pelas constantes transformações que a sociedade enfrenta, especialmente por conta do surgimento de novas tecnologias e, consequentemente, de novos perfis de estudantes.

Ficou evidente para mim que a utilização sempre dos mesmos planos de aula, ou simples adaptações destes para os anos posteriores, que o uso sempre da mesma dinâmica de “quadro e giz”, que a aplicação de antigas práticas docentes para novos públicos acabaram por me imergir, enquanto professor, em um mundo de perspectivas negativas relacionadas à aprendizagem dos alunos, e que, em grande parte, me fizeram transferir minhas responsabilidades profissionais a outros fatores quaisquer que não fossem minha capacidade de aceitação da necessidade de mudar as práticas pedagógicas, como, por exemplo, falta de tempo em sala de aula, número reduzido de aulas, currículo inadequado, etc.

Na tentativa de alcançar essa mudança exigida para uma melhora em minhas aulas de Física, pretendo, com a realização deste trabalho, elaborar e utilizar uma proposta de ensino de um conteúdo específico, Gravitação Universal, que supere algumas dessas barreiras citadas no parágrafo anterior, além de fornecer aos demais educadores interessados, ou aos alunos mais curiosos, um material que possa ser utilizado como apoio e/ou consulta produzido a partir das pesquisas realizadas na construção desta proposta.

RESUMO

Comumente as aulas de Física na educação básica despertam pouco interesse aos estudantes, muito desse desinteresse está associado às metodologias utilizadas para se trabalhar tal conhecimento, as quais estão ligadas a maneira convencional, de abordagem tradicional, que ainda permeia a educação atual e os planos de ensino preparados pelo professor. O presente trabalho trata da elaboração e aplicação de uma proposta de ensino para o tema de Gravitação Universal, a partir de aulas presenciais e encontros virtuais, tem como objetivo principal verificar até que ponto a mudança nas práticas docentes pode incentivar o estudante a participar da construção e compreensão de conceitos de Física, além de fornecer aos demais educadores e alunos interessados um material que possa ser utilizado como apoio, ou consulta, produzido a partir dos estudos realizados na construção da proposta de ensino. Para tanto foram seguidas as seguintes etapas de pesquisas: escolha do referencial teórico; pesquisa de trabalhos semelhantes nos principais periódicos; elaboração e aplicação da proposta de ensino; e análise dos resultados obtidos durante a intervenção com os alunos. Os referenciais teóricos escolhidos para nortear esse trabalho foram divididos em cinco partes, sendo eles: O Ensino de Física e os PCNs; Construção de Conceitos e Aprendizagem – interação social de Vygotsky; História da Ciência e Implicações no Ensino; Uso de *Blogs* na Educação; e Gravitação Universal. Para a realização da referida pesquisa foi elaborada uma proposta didática que envolvesse aulas presenciais sobre o assunto em questão e atividades direcionadas a um ambiente virtual (*blog de estudo*), onde os estudantes de Ensino Médio de uma escola pública do interior do Ceará pudessem interagir em momentos fora de sala de aula, ampliando assim o tempo pedagógico. Os resultados alcançados com a realização desta pesquisa mostraram, em geral, que os estudantes ficaram satisfeitos com os recursos utilizados nas aulas presenciais e virtuais, demonstraram um bom aproveitamento e que houve uma aprendizagem considerável por parte de quase todos os eles.

Palavras-Chave: Ensino de Física; *Blogs* na educação; Física no Ensino Médio; Gravitação Universal.

ABSTRACT

Usually the lessons of physics at basic education little interest to students, much of this lack of interest is associated with the methodologies used to work for such knowledge, which are connected to conventional manner, the traditional approach, which still permeates the current education and plans education prepared by the teacher. This work deals with the development and implementation of an educational proposal for the theme of Universal Gravitation, from classroom and virtual meetings, aims to verify to what extent the change in teaching practices can encourage the student to participate in the construction and understanding of concepts of Physics, as well as providing other educators and students interested a material that can be used as support, or consultation, produced from the studies in the construction of the teaching proposal. Therefore the following steps of research were followed: choosing the theoretical framework; search for similar work in the main journals; development and implementation of educational proposal; and analysis of the results obtained during the intervention with students. The theoretical frameworks chosen to guide this study were divided into five parts, namely: The Physics Teaching and NCPs; Construction Concepts and Learning - Social interaction Vygotsky; History of Science and Implications for Education; Use of Blogs in Education, and Universal Gravitation. For the realization of that research was elaborated a didactic proposal that involved classroom sessions on the subject matter and activities directed to a virtual environment (study *blog*), where High School students at a public school in the interior of Ceará could interact at times out of the classroom, thus extending the time pedagogical. The results achieved with this research showed, in general, students were satisfied with the resources used in the classroom and virtual classes, they demonstrated a good use and that there was a handsome learning by almost all them.

Keywords: Physical education; *Blogs* in education; Physics in High School; Universal Gravitation.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	10
2.	REFERENCIAIS TEÓRICOS	12
2.1.	REFERENCIAIS TEÓRICOS EM ENSINO	12
2.1.1.	O Ensino de Física e os Parâmetros Curriculares Nacionais	12
2.1.2.	Interação Social, Construção de Conceitos e Aprendizagem	15
2.1.2.1.	A importância da interação social de Lev Vygotsky	16
2.1.3.	História da Ciência e Implicações no Ensino	21
2.1.4.	Uso de <i>Blogs</i> na Educação	25
2.1.4.1.	Definição de <i>Blog</i>	25
2.1.4.2.	O <i>Blog</i> como ferramenta de ensino	26
2.2.	REFERENCIAIS TEÓRICOS EM FÍSICA	28
2.2.1.	GRAVITAÇÃO UNIVERSAL	28
2.2.1.1.	Lei da Gravitação de Newton	29
2.2.1.2.	Lei do inverso do quadrado	31
2.2.1.3.	A gravitação perto da superfície da Terra	32
2.2.1.4.	Gravitação no interior da Terra	33
2.2.2.	EINSTEIN E A GRAVITAÇÃO	34
3.	REVISÃO DE LITERATURA	36
3.1.	Categorização das publicações	36
3.1.1.	Trabalhos de Caráter Teórico	37
3.1.2.	Trabalhos de Caráter Aplicado	40
4.	O PERCURSO METODOLÓGICO	43
4.1.	Metodologia Utilizada	42
4.1.1.	Público Alvo	43
4.1.2.	Escolha do tema Gravitação Universal	43
4.1.3.	Descrição do Material	44
4.1.4.	Avaliação da Proposta	44
4.2.	A Proposta de Ensino	45
5.	IMPLEMENTAÇÃO DA PROPOSTA E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	55
6.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	87

REFERÊNCIAS	90
APÊNDICE A – Produto Educacional: Blog de Estudo de Gravitação Universal	93
APÊNDICE B – Slides Utilizados nas Aulas Presenciais	135
APÊNDICE C – Atividade de Associação de Informações	142
APÊNDICE D – Jogo de Caça Palavras	143
APÊNDICE E – Questões do Momento Presencial 04	145

1. INTRODUÇÃO

É bastante comum encontrar relatos de que as aulas de Física na educação básica despertam pouco interesse aos estudantes, em grande parte esse desinteresse está associado às metodologias repetitivas que são utilizadas para se trabalhar tal conhecimento. Aulas que, em geral, estão ligadas a maneira convencional, de abordagem tradicional, que ainda permeia a educação atual e os planos de ensino preparados pelo professor.

O presente trabalho discorre sobre a elaboração e aplicação de uma proposta de ensino para o tema de Gravitação Universal, a partir de aulas presenciais e encontros virtuais, cujo objetivo principal é verificar até que ponto a mudança nas práticas docentes pode incentivar o estudante a participar da construção e compreensão de conceitos de Física. Com esse trabalho, também pretende-se fornecer aos demais educadores, e alunos interessados, um material que possa ser utilizado como apoio, ou consulta, produzido a partir dos estudos realizados na construção da proposta de ensino.

Com a realização desta pesquisa, espera-se responder às seguintes questões: Até que ponto a mudança nas práticas docentes pode incentivar o estudante a participar da construção e compreensão de conceitos de Física? Será que é possível perceber uma maior participação discente no estudo de um conteúdo específico de Física, por exemplo, assuntos de Gravitação Universal, a partir dessa mudança na postura do professor?

A seguir, estão destacadas as etapas realizadas na construção do presente trabalho, na tentativa de responder aos questionamentos levantados e, conseqüentemente, apresentar a referido estudo.

A dissertação está estruturada em seis capítulos, sendo nesse primeiro apresentado a introdução sobre o tema em questão contendo, conseqüentemente, os elementos que me motivaram a realizar tal pesquisa e o objetivo desse trabalho.

No capítulo dois é apresentado o referencial teórico que trás os referenciais utilizados em cinco temáticas gerais, divididas em duas partes: Referenciais Teóricos em Ensino: Ensino de Física e os Parâmetros Curriculares Nacionais; Construção de Conceitos e Aprendizagem – a interação social de Vygotsky; História da Ciência e Implicações no Ensino – apesar deste trabalho não ser em História da Ciência, os benefícios dessa abordagem serão aproveitados durante as aulas da proposta; e Uso de *Blogs* na Educação. Referenciais Teóricos em Física: Gravitação Universal.

No terceiro capítulo é mostrado um estudo realizado nos principais periódicos que tratam sobre temas de educação e ciências buscando trabalhos semelhantes a este, ou seja, na tentativa de encontrar artigos publicados relacionados à Gravitação Universal no período de 2010 à 2015.

O percurso metodológico escolhido para a pesquisa é apresentado no quarto capítulo, onde são descritas as opções metodológicas adotadas para a realização deste trabalho. É no capítulo quatro que está apresentado o corpo do trabalho empírico. Ele constitui-se de um estudo de caráter exploratório e da proposta de intervenção.

A análise da intervenção e avaliação da proposta são discutidos no capítulo cinco, onde são apresentados os resultados das investigações e práticas pedagógicas desenvolvidas durante a proposta.

É finalizada a exposição da presente pesquisa, com um capítulo, no qual estão apresentadas algumas conclusões e considerações pertinentes, bem como possíveis implicações para o ensino de ciências.

2. REFERENCIAIS TEÓRICOS

Neste capítulo estão apresentados os referenciais teóricos que norteiam este trabalho. Nesse sentido, a fundamentação encontra-se apresentada em cinco seções, divididas em duas partes: Referenciais Teóricos em Ensino: 1) O Ensino de Física e os Parâmetros Curriculares Nacionais; 2) Referenciais Teóricos em Construção de Conceitos e Aprendizagem; 3) Referenciais Teóricos em História da Ciência e Implicações no Ensino e 4) Uso de *Blogs* na Educação. Referenciais Teóricos em Física: 5) Gravitação Universal.

2.1. REFERENCIAIS TEÓRICOS EM ENSINO

2.1.1. O Ensino de Física e os Parâmetros Curriculares Nacionais

A promulgação da mais recente LDB, em 20/12/1996 (Brasil, 1996), foi seguida pela construção dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) para o Ensino Fundamental e Ensino Médio que apresentam como finalidade principal estabelecer diretrizes para nortear os currículos construídos pelas instâncias regionais e, como seu principal objetivo educacional, a formação dos estudantes para o exercício da cidadania.

Sabe-se que o ensino de Física na Educação Básica deve ser baseado nos PCNs - Parâmetros Curriculares Nacionais e PCN+ - Orientações Educacionais Complementares aos PCNs, que são propostas relacionadas às competências e habilidades que o estudante deverá desenvolver durante aquele período de estudo.

Ambas as propostas foram desenvolvidas tendo como referencial a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB 9.394/96). No Ensino Médio, elas procuram direcionar e organizar o aprendizado no sentido de produzir um conhecimento efetivo, de significado próprio, não somente propedêutico, além de manifestarem a busca de interdisciplinaridade e contextualização ao detalharem, entre os objetivos educacionais amplos desse nível de ensino, uma série de competências humanas relacionadas a conhecimentos matemáticos e científico-tecnológicos, no caso da área de Ciências da Natureza e Suas Tecnologias (Brasil, 1999).

A LDB considera o Ensino Médio como a última e complementar etapa da Educação Básica. Dessa forma, a Resolução CNE/98, ao instituir as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio, onde são organizadas as áreas de conhecimento, orientam a educação à promoção de valores como a sensibilidade e a solidariedade, atributos da cidadania. As

Diretrizes apontam ainda de que forma o aprendizado de Ciências e de Matemática, já iniciado no Ensino Fundamental, deve encontrar complementação e aprofundamento no Ensino Médio (Brasil, 1999).

Nessa nova etapa educacional do estudante, em que já se pode contar com uma maior maturidade da parte deste, os objetivos educacionais podem passar a ter maior ambição formativa, tanto em termos da natureza das informações tratadas, dos procedimentos e atitudes envolvidas, como em termos das habilidades, competências e dos valores desenvolvidos (Brasil, 1999).

No que se refere à disciplina de Física, os parâmetros afirmam que ela sistematiza as propriedades gerais da matéria e tem a Matemática como sua principal linguagem, além de fornecer instrumentais e linguagens que são naturalmente incorporados pelas demais ciências (Brasil, 1999).

É bom lembrar que o conhecimento de Física no Ensino Médio deve ser construído de maneira direcionada para a formação de um cidadão contemporâneo, atuante e solidário, com instrumentos para compreender, intervir e participar na realidade. Nesse sentido, os jovens que ao concluírem o Ensino Médio, mesmo não tendo mais qualquer contato escolar com o conhecimento em Física, em outras instâncias profissionais ou universitárias, ainda terão adquirido a formação necessária para compreender e participar do mundo em que vivem (Brasil, 2008).

A Física deve ser apresentada como um conjunto de competências específicas que permitam perceber e lidar com os fenômenos naturais e tecnológicos, presentes tanto no cotidiano mais imediato quanto na compreensão do Universo distante, a partir de princípios, leis e modelos por ela construídos (Brasil, 2008).

A Física deve ser reconhecida como um processo cuja construção ocorreu ao longo da história da humanidade, cheia de contribuições econômicas, sociais e culturais, que vem resultando no desenvolvimento de diferentes tecnologias e sendo impulsionado por elas. Ao mesmo tempo, ela possui uma linguagem própria e faz uso de conceitos e terminologia bem definidos, além de suas formas de expressão que envolvem, muitas vezes, tabelas, gráficos ou relações matemáticas (Brasil, 2008).

Os PCNs e PCN+ elencam uma série de competências e habilidades que o estudante deverá desenvolver durante o Ensino Médio. Por isso, a atenção constante a essas competências, ao longo do desenvolvimento das unidades de ensino a serem trabalhadas,

poderá ser uma garantia para impedir o tratamento dos temas do ponto de vista unicamente de seus conteúdos programáticos (Brasil, 2008).

Muitas dessas competências são objetivos comuns a todas as etapas do aprendizado, embora em diferentes níveis, sendo construídas ao longo do desenvolvimento dos alunos. Outras, ao contrário, são específicas a fases mais avançadas desse desenvolvimento, correspondendo àquelas trabalhadas privilegiadamente no Ensino Médio. Por exemplo, observar, experimentar e investigar o mundo requerem competências desenvolvidas na área de Ciências desde os primeiros anos do Ensino Fundamental. Nessa primeira etapa, contudo, limitam-se, sobretudo, à descrição, classificação ou explicação causal imediata. Essas mesmas competências ganham, no Ensino Médio, um sentido maior, com a identificação de relações mais gerais e com a introdução de modelos explicativos específicos da Física, promovendo a construção das abstrações, indispensáveis ao pensamento científico e à vida. (BRASIL, 2008, p. 62)

Na tentativa de alcançar um desenvolvimento satisfatório das competências e habilidades delineadas nas Orientações Curriculares, o ensino de Física deve ser baseado em seis temas estruturadores assim separados:

1. Movimentos: variações e conservações;
2. Calor, ambiente e usos de energia;
3. Som, imagem e informação;
4. Equipamentos elétricos e telecomunicações;
5. Matéria e radiação;
6. Universo, Terra e vida.

Os conteúdos relativos à Gravitação Universal integram o tema 6 – Universo, Terra e vida. Destarte, ao longo da experiência docente, foi perceptível o interesse dos estudantes em conhecer os enigmas da vida e do Universo, seja de sua formação ou funcionamento. Respondendo a esse interesse, é importante propiciar-lhes uma visão cosmológica das ciências que lhes permita situarem-se na escala de tempo do Universo, conforme sugere Brasil (2008). Dentro desse assunto, a interação gravitacional ganha destaque, uma vez que são analisados sistemas que envolvem massas muito maiores do que aquelas que se observaram na superfície da Terra.

Serão destacados, a seguir, as competências e habilidades, dentro de cada unidade temática, apontadas pelos PCN+ como essenciais no estudo desse tema, conforme percebemos em Brasil (2008):

Unidades temáticas

1. Terra e sistema solar

- Conhecer as relações entre os movimentos da Terra, da Lua e do Sol para a descrição de fenômenos astronômicos (duração do dia e da noite, estações do ano, fases da lua, eclipses, etc.).
- Compreender as interações gravitacionais, identificando forças e relações de conservação, para explicar aspectos do movimento do sistema planetário, cometas, naves e satélites.

2. O Universo e sua origem

- Conhecer as teorias e modelos propostos para a origem, evolução e constituição do Universo, além das formas atuais para sua investigação e os limites de seus resultados no sentido de ampliar sua visão de mundo.
- Reconhecer ordens de grandeza de medidas astronômicas para situar a vida (e vida humana), temporal e espacialmente no Universo e discutir as hipóteses de vida fora da Terra.

3. Compreensão humana do Universo

- Conhecer aspectos dos modelos explicativos da origem e constituição do Universo, segundo diferentes culturas, buscando semelhanças e diferenças em suas formulações.
- Compreender aspectos da evolução dos modelos da ciência para explicar a constituição do Universo (matéria, radiação e interações) através dos tempos, identificando especificidades do modelo atual.
- Identificar diferentes formas pelas quais os modelos explicativos do Universo influenciaram a cultura e a vida humana ao longo da história da humanidade e vice-versa.

2.1.2. Interação Social, Construção de Conceitos e Aprendizagem

No intuito de desenvolver uma proposta metodológica que alcance as dificuldades elencadas na introdução, foram buscadas orientações nos textos de alguns autores que discutem teorias de aprendizagem. A proposta aqui apresentada foi fundamentada nas teorias e nos conhecimentos de Lev Vygotsky. Tais teorias serviram como base de inspiração para a elaboração e o desenvolvimento da proposta didática apresentada nesse trabalho.

Assim, serão destacadas aqui a teoria da interação e mediação social de Vygotsky e suas implicações no ensino. Nessa perspectiva, faz-se necessário salientar que, mesmo sendo de fundamental importância para a proposta, o autor destacado não é usado como único aporte

teórico-metodológico. Foram usados elementos coerentes da teoria, sem a intenção de seguir fielmente todas as considerações do autor.

2.1.2.1. A importância da interação social de Lev Vygotsky

Segundo Ivic (2010), sendo necessário definir a teoria de Vygotsky a partir de uma série de palavras, deveriam ser mencionadas, pelo menos, as seguintes: sociabilidade do homem, interação social, signo e instrumento, cultura, história e funções mentais superiores.

A principal característica da teoria de Vygotsky é que o desenvolvimento cognitivo ocorre concomitantemente com a socialização do indivíduo. Segundo Moreira (1999), Vygotsky parte da premissa que esse desenvolvimento não poderá ser compreendido se este não estiver referenciado ao contexto social e cultural no qual ocorre. “O desenvolvimento cognitivo não ocorre independente do contexto social, histórico e cultural” (MOREIRA, 1999, p.109).

De acordo com Driscoll (1995, *apud* Moreira, 1999), Vygotsky baseia sua teoria em três pilares: a asserção de que os processos mentais superiores do indivíduo têm origem em processos sociais; a ideia de que esses processos mentais só podem ser entendidos se entendermos os instrumentos e signos que os mediam; e o terceiro pilar de sua teoria é o “método genético-experimental”, utilizado por ele na análise do desenvolvimento cognitivo do ser humano.

No método “genético-experimental” de Vygotsky, ele empregava basicamente três técnicas em suas pesquisas com crianças. A primeira envolvia a introdução de obstáculos que perturbavam o andamento normal na resolução de um problema. A segunda envolvia o fornecimento de recursos externos, que podiam ser usados de diversas maneiras, para a resolução de um problema. Na terceira técnica, as crianças eram solicitadas a resolver um problema que excedia seus níveis de conhecimento e habilidades (Moreira, 1999).

Segundo Ostermann e Cavalcanti (2010), atividade é o conceito central da teoria de Vygotsky, entendida como a unidade de construção da arquitetura funcional da consciência. Um sistema de transformação dos meios externo e interno da consciência a partir da ajuda de instrumentos – orientados externamente, devem levar a mudanças nos objetos – e signos – são orientados internamente e dirigidos para o controle do próprio indivíduo.

Existem ainda os processos elementares, como os reflexos, que são de origem biológica e constituem a pré-história das funções superiores e conscientes que têm origem

sócio cultural, como o pensamento, linguagem, formação de conceitos e atenção voluntária (Ostermann e Cavalcanti, 2010).

Segundo Vygotsky, os processos mentais superiores (pensamento, linguagem, comportamento volitivo) têm origem em processos sociais; o desenvolvimento cognitivo do ser humano não pode ser entendido sem referência ao meio social. Contudo, não se trata apenas de considerar o meio social como uma variável importante no desenvolvimento cognitivo. Para ele, desenvolvimento cognitivo é a conversão de relações sociais em funções mentais. (MOREIRA, 1999, p.110)

Para se converter relações sociais em funções mentais, Vygotsky diz que a resposta está na mediação ou atividade mediada direta, que é, para ele, típica da cognição humana. É pela mediação que se dá a internalização de atividades e comportamentos sócio históricos e culturais. E essa mediação inclui a utilização de instrumentos e signos (Moreira, 1999).

Moreira (1999) classifica um instrumento como sendo algo que pode ser usado para fazer alguma coisa e signo como sendo algo que significa outra coisa. Segundo o autor, existem três tipos de signos: 1) indicadores, que são aqueles com indicação de causa ou efeito com aquilo que significam, por exemplo, fumaça indica fogo; 2) icônicos, que são imagens ou desenhos daquilo que significam; 3) simbólicos, que têm uma relação abstrata com o que significam.

“É com a interiorização de instrumentos e sistemas de signos, produzidos culturalmente, que se dá o desenvolvimento cognitivo” (VYGOTSKY, 1988, *apud* MOREIRA, 1999, p. 111). Dessa maneira, quanto mais o sujeito vai utilizando instrumentos e signos, tanto mais vão se modificando as operações psicológicas de que ele é capaz (Moreira, 1999).

No que se refere à aprendizagem, há de levar em conta os conceitos de níveis de desenvolvimento de Vygotsky (1991). Segundo ele, o nível de desenvolvimento real é determinado através da solução independente de problemas e o nível de desenvolvimento potencial é determinado através da solução de problemas sob a orientação de um adulto ou com a colaboração de outros companheiros mais capazes.

Entre esses conceitos está o de zona de desenvolvimento proximal, entendido como sendo a distância entre o nível real de desenvolvimento e o nível de desenvolvimento potencial (Vygotsky, 1991).

O conceito de zona de desenvolvimento proximal é talvez o conceito mais original e de maior repercussão, em termos educacionais, da teoria de Vygotsky. Trata-se de um desnível intelectual avançado dentro do qual uma criança, com o auxílio direto ou indireto de um adulto, pode desempenhar tarefas que ela, sozinha, não faria, por estarem acima do seu nível de desenvolvimento. (OSTERMANN e CAVALCANTI, 2010, p.27)

A zona de desenvolvimento proximal define as funções que ainda estão em processo de maturação. Ela é dinâmica, está sempre mudando, mede o potencial de aprendizagem e representa a região onde o desenvolvimento cognitivo está ocorrendo (Moreira, 1999).

De acordo com Ostermann e Cavalcanti (2010), a implicação pedagógica mais relevante do conceito de zona de desenvolvimento proximal reside na forma de como é vista a relação entre o “aprendizado” e o desenvolvimento. Quando o “aprendizado” está orientado para níveis de desenvolvimento que já foram atingidos pelo sujeito, ele torna-se ineficaz do ponto de vista do desenvolvimento global.

Para Vygotsky (1991):

o aprendizado adequadamente organizado resulta em desenvolvimento mental e põe em movimento vários processos de desenvolvimento que, de outra forma, seriam impossíveis de acontecer. Assim, o aprendizado é um aspecto necessário e universal do processo de desenvolvimento das funções psicológicas culturalmente organizadas e especificamente humanas. (VYGOTSKY, 1991, p.61)

Operar na zona de desenvolvimento proximal permite ao professor trabalhar sobre as funções que ainda se encontram em desenvolvimento, que não se encontram plenamente maduras. A capacidade de desenvolver a autonomia, a partir da participação em atividades conjuntas e colaborativas e do uso de instrumentos de mediação na resolução de tarefas, em particular as interações verbais, parece ser uma característica intrínseca do desenvolvimento (Schroeder *et al.* 2009).

Em relação à formação de conceitos, Vygotsky e seus colaboradores chegaram à conclusão de que estes são resultados de processos que começam na fase mais precoce da infância, mas as funções intelectuais que formam a base psicológica do processo de formação do conceito amadurecem, se configuram e se desenvolvem somente na puberdade (Moreira, 1999).

Antes dessa idade, encontramos determinadas formações intelectuais que realizam funções semelhantes às das verdadeiras, ainda por surgir. No que diz respeito à composição, estruturação e operação, esses equivalentes funcionais dos conceitos têm, para com os conceitos verdadeiros, uma relação semelhante à do embrião com o organismo plenamente desenvolvido. (VYGOTSKY, 1987, *apud* MOREIRA, 1999, p. 118)

Para Moreira (1999), as formações intelectuais, equivalentes funcionais dos conceitos, as quais Vygotsky se refere são:

- 1) *Agregação desorganizada*, ou *amontoado* – primeiro passo da criança para a formação do conceito: ocorre quando ela agrupa objetos desiguais de forma desordenada para solucionar um problema. Nesta fase, o significado do signo é

entendido de maneira difusa e não diferenciada de objetos naturalmente relacionados entre si. O primeiro estágio dessa fase é a manifestação do estágio da tentativa e erro no desenvolvimento do pensamento, seguido pelo estágio onde a composição do amontoado é determinada por uma organização do campo de visão da criança;

- 2) *Pensamento por complexos* – nesta fase, os objetos são agrupados também devido às relações que, de fato, existem entre esses objetos. Os estágios dessa fase são: *associativa*, ligada a atributos comuns; *de coleções*, relacionados a atributos complementares; *em cadeia*, em que as associações, feitas a partir de sequência de atributos (cores, formas, tamanhos, etc.), levam ao estágio complexo difuso quando esses atributos vão sendo modificados de forma vaga; e, *pseudoconceitos*, fase em que a generalização é formada na mente da criança que, embora semelhante a um conceito, ainda não tem todas as suas características como, por exemplo, a abstração;
- 3) *Conceitos potenciais* – resultam de uma espécie de abstração primitiva que não sucede o estágio dos pseudoconceitos, pois estará presente, em certo grau, nas fases iniciais do desenvolvimento da criança. Nos conceitos potenciais propriamente ditos, os traços abstraídos não se perdem facilmente, o verdadeiro conceito aparece apenas quando os traços abstraídos são sintetizados e a síntese abstrata resultante passa a ser o principal instrumento do pensamento (VYGOTSKY, 1987, *apud* MOREIRA, 1999, p. 119).

“Em síntese, os processos que levam à formação de conceitos desenvolvem-se a partir de duas linhas ou raízes genéticas distintas, uma que se origina dos agrupamentos e vai até os pseudoconceitos e outra, paralela, contemporânea dos conceitos potenciais” (GASPAR, 1994, *apud* MOREIRA, 1999, p. 119).

No que se refere aos conceitos científicos, Vygotsky entende que eles não são assimilados em sua forma já pronta, mas sim por um processo de desenvolvimento relacionado à capacidade geral de formar conceitos, existente no sujeito. Por sua vez, este nível de compreensão associa-se com o desenvolvimento dos conceitos cotidianos. Para ele, os conceitos cotidianos seguem seu caminho para o alto, em direção a níveis cada vez maiores de abstração, abrindo caminho para os conceitos científicos, que caminham para baixo, rumo a uma maior concretude (Schroeder *et al.* 2009).

Para Vygotsky, a aprendizagem dos conceitos científicos é possível graças à escola com seus processos de ensino organizados e sistemáticos. Ele argumenta que, nesses processos, o ensino dos conhecimentos científicos implica formas particulares de comunicação, diferentes de outras formas comunicativas (Schroeder *et al.* 2009).

Vygotsky entende que o sujeito não assimila nem memoriza, ou tampouco decora um conceito científico, ele o constrói pela grande tensão de toda a atividade do seu próprio pensamento. Para ele, o desenvolvimento dos conceitos científicos apoia-se em um nível de maturação dos conceitos cotidianos, que atinge grau cada vez mais elevado conforme o estudante segue cronologicamente o seu percurso escolar (Schroeder *et al.* 2009).

Faz-se importante ressaltar que para o estudante conseguir construir um conceito científico ele deverá se desenvolver à medida que interage com o meio e com os outros indivíduos através do movimento de internalização e externalização de signos e sistemas de símbolos, além de sofrer as interferências desse meio. Para Vygotsky, como já foi mencionado, o meio exerce grandes influências no desenvolvimento desse indivíduo. Diante disso, deve-se refletir sobre o papel da escola na sociedade atual, na qual as tecnologias de informação são presença marcante, em relação à formação de indivíduos sociais atuantes na mesma.

Nesta perspectiva, faz-se necessária a interferência da escola no sentido de oferecer ao estudante oportunidades significativas de construção de conhecimentos e valores que estão atrelados a atual conjuntura da sociedade, promovendo a utilização de tecnologias da informação como instrumentos auxiliares à prática pedagógica, buscando a promoção da interação, cooperação, comunicação e motivação entre os estudantes a fim de diversificar e potencializar as relações pessoais, oportunizando assim um novo significado ao processo de aprendizagem.

Neste trabalho, a ideia da interação social de Vygotsky será importante no que se refere à realização dos trabalhos em grupo por parte dos alunos sob orientação do professor, além da interação entre eles nos encontros presenciais e no ambiente virtual. Para que sejam observados resultados satisfatórios referentes à aprendizagem, será necessário o compartilhamento de signos entre os estudantes e seus companheiros, bem como entre o professor e os estudantes.

2.1.3. História da Ciência e Implicações no Ensino

Tanto a teoria como a prática do ensino de ciências estão sendo enriquecidas pelas informações colhidas da história e da filosofia da ciência (Matthews, 1992).

Matthews (1992), ao discorrer sobre a reaproximação entre o ensino de ciências e a História e Filosofia da Ciência – HFC, apresenta um relato do que vê como uma confluência emergente de temas em ciência, filosofia, história e ensino de ciências, que representam uma imagem mais rica e multicolor da ciência do que aquela que tem normalmente aparecido nos livros e nas salas de aula. Para ele, os novos currículos têm tentado levar essa figura mais rica às salas de aula. O seu sucesso dependerá, em primeiro lugar, de introduzir-se cursos de história e filosofia da ciência apropriados à formação dos futuros professores e também dos profissionais já atuantes.

Tal reaproximação, segundo Matthews (1992), passa por vários elementos, sendo o mais importante, a inclusão de componentes de história e filosofia da ciência em vários currículos nacionais, possibilitando aos estudantes adquirirem habilidades como: distinguir entre asserções e argumentos pautados em dados e provas científicas e os que não o são; considerar a maneira pela qual o desenvolvimento de uma determinada teoria ou pensamento científico se relaciona ao seu contexto moral, espiritual, cultural e histórico; estudar exemplos de controvérsias científicas e de mudanças no pensamento científico.

A história, a filosofia e a sociologia da ciência podem humanizar as ciências e aproximá-las dos interesses culturais, pessoais, éticos e políticos da comunidade; podem tornar as aulas de ciências mais desafiadoras e reflexivas, permitindo o desenvolvimento do pensamento crítico; podem contribuir para um entendimento mais integral da matéria científica, isto é, podem contribuir para a superação do mar de falta de significação que se diz ter inundado as salas de aula de ciências, onde fórmulas e equações são recitadas sem que muitos cheguem, a saber, o que significam; podem melhorar a formação do professor auxiliando o desenvolvimento de uma epistemologia da ciência mais rica e mais autêntica, ou seja, de uma maior compreensão da estrutura das ciências bem como do espaço que ocupam no sistema intelectual das coisas (Matthews, 1992).

Em seu trabalho, Matthews (1992) elenca alguns pontos fortes no que se refere ao uso da história da ciência no ensino.

A tradição contextualista assevera que a história da ciência contribui para o seu ensino porque: (1) motiva e atrai os alunos; (2) humaniza a matéria; (3) promove uma compreensão melhor dos conceitos científicos por traçar seu desenvolvimento e

aperfeiçoamento; (4) há um valor intrínseco em se compreender certos episódios fundamentais na história da ciência - a Revolução Científica, o darwinismo, etc.; (5) demonstra que a ciência é mutável e instável e que, por isso, o pensamento científico atual está sujeito a transformações que (6) se opõem a ideologia científicista; e, finalmente, (7) a história permite uma compreensão mais profícua do método científico e apresenta os padrões de mudança na metodologia vigente. (MATTHEWS, 1992, p.172-173)

Faz-se importante ressaltar que se o ensino de ciências de qualidade alimenta-se da história, esta não pode ser de má qualidade. Então, é melhor não se usar história do que se usar história de má qualidade (Matthews, 1992).

Tem-se escrito e dito muito sobre os diversos benefícios formativos decorrentes uso da História da Ciência – HC na formação escolar. Mais do que favorecer o aprendizado de conteúdos científicos ampliando a cultura geral do estudante, o estudo de episódios da História da Ciência é recomendado como um recurso adequado e eficaz para a compreensão da Natureza da Ciência – NDC (Forato *et al.*, 2012).

O estudo adequado de alguns episódios históricos também permite perceber o processo social (coletivo) e gradativo de construção do conhecimento, permitindo formar uma visão mais concreta e correta da real natureza da ciência, seus procedimentos e suas limitações – o que contribui para a formação de um espírito crítico e desmistificação do conhecimento científico, sem no entanto negar seu valor. A ciência não brota pronta, na cabeça de “grandes gênios”. Muitas vezes, as teorias que aceitamos hoje, foram propostas de forma confusa, com muitas falhas, sem possuir uma base experimental e observacional. (MARTINS; SILVA, 2006, p. XVIII)

Para Martins (2006), estudando adequadamente alguns episódios históricos é possível compreender que a ciência não é o resultado da aplicação de um “método científico” que permita chegar à verdade. Os pesquisadores se baseiam em analogias vagas, formulando hipóteses ou conjecturas a partir de ideias que podem não ter nenhum fundamento, ideias que são concebidas ao realizarem seus experimentos e observações. Eles constroem teorias provisórias que podem até mesmo ser contraditórias, defenderem suas convicções com argumentos fracos ou até mesmo irracionais, discordam uns dos outros e lutam entre si para tentarem provar suas ideias.

Estudantes de todos os níveis, professores e público em geral possuem várias concepções ingênuas, mal fundamentadas e falsas, sobre a natureza das ciências e sua relação com a sociedade. A grande maioria concebe a ciência como “aquilo que foi provado”, “a verdade”, algo imutável, eterno, descoberto por gênios que são incapazes de errar. Evidentemente, essa visão é falsa, tendo em vista que a ciência muda ao longo do tempo, às vezes de maneira radical, sendo na verdade um conhecimento provisório, contruído por seres

humanos falíveis que tendem a aperfeiçoar esse conhecimento, sem nunca terem a garantia de que chegarão a algo definitivo (Martins, 2006).

O estudo detalhado de alguns episódios da história da ciência é insubstituível, na formação de uma concepção adequada sobre a natureza das ciências, suas limitações, suas relações com outros domínios. Esses episódios podem mostrar grandes sucessos e também grandes fracassos do esforço humano para compreender a natureza; a contribuição titânica de alguns cientistas, acompanhada, no entanto por muitos erros gigantescos das mesmas pessoas... (MARTINS; SILVA, 2006, p. XX)

Além de poder ajudar a transmitir uma visão mais adequada sobre a natureza da ciência, a história das ciências pode auxiliar no próprio aprendizado dos conteúdos científicos (Martins, 2006).

Há vários anos a importância do uso da história da ciência no ensino foi percebida por educadores de todo o mundo. No Brasil, os últimos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) para o Ensino Médio enfatizam a relevância da história da ciência para complementar outras abordagens no ensino científico. Apesar de estar ganhando espaço gradualmente no nível médio e universitário, a história da ciência ainda enfrenta grandes barreiras para que possa desempenhar efetivamente o papel que pode e deve ter no ensino. As três principais são: a carência de um número suficiente de professores com a formação adequada para pesquisar e ensinar de forma correta a história das ciências; a falta de material didático adequado (textos sobre história da ciência) que possa ser utilizado no ensino; e os equívocos a respeito da própria natureza da história da ciência e seu uso na educação (Martins, 2006).

Seguindo esse mesmo pensamento, Martins (2007) afirma que a simples consideração de elementos históricos e filosóficos na formação inicial de professores das áreas científicas, mesmo feita com qualidade, não é garantia da inserção desses conhecimentos nas salas de aula do ensino básico, tampouco uma reflexão mais aprofundada, por parte dos professores, do papel da HFC para o campo da didática das ciências.

Em seu trabalho, que consistiu em pesquisa realizada a professores em formação através de questionários sobre história e filosofia da ciência, Martins (2007) obteve como respostas mais frequentes para o questionamento a respeito das dificuldades no trabalho com HFC os seguintes itens:

- A falta de material didático adequado; a pouca presença desse tipo de conteúdo nos livros existentes;

- O currículo escolar, voltado para os exames vestibulares; os conteúdos exigidos pelas escolas;

- O pouco tempo disponível para isso;
- Vencer a resistência dos alunos e da própria escola, apegados ao “ensino tradicional”;
- A formação dos professores; a falta de preparo do professor.

Já como resposta para a pergunta “Por que é importante a presença da HFC no Ensino Médio?”, os itens mais mencionados foram:

- Mostra o desenvolvimento histórico da ciência, como ela realmente evoluiu, como ela é feita;
- Ajuda a entender melhor os conteúdos, a origem dos conceitos; facilita o aprendizado das leis, princípios e conceitos;
- Dá sentido ao conhecimento, contextualiza-o;
- Ajuda a despertar a curiosidade dos alunos e o seu interesse pela ciência; é interessante; torna o ensino mais prazeroso;
- Contribui para desmistificar a ciência, mostrando erros dos grandes pensadores; contribui para uma “visão crítica”.

Segundo Forato *et al.* (2012), o uso da HFC na educação tem sido recomendado por documentos oficiais e diversos autores visando a promover a aprendizagem, em geral, dos seguintes aspectos da NDC:

- entender a ciência como uma atividade humana socialmente construída – em um contexto cultural de relações humanas, dilemas profissionais e necessidades econômicas – pode favorecer uma compreensão mais ampla de seu papel na sociedade contemporânea;
- problematizar uma visão exclusivamente empírico-indutivista da construção da ciência;
- possibilitar certo conhecimento metodológico, permitindo refletir sobre as relações e diferenças entre observação e hipóteses, leis e explicações e, principalmente, resultados experimentais e explicação teórica;
- compreender os termos que envolvem o debate científico e a ciência como parte de sua cultura envolvendo julgamentos de valor;
- conhecer não apenas os conteúdos científicos, mas também seus pressupostos e limites de validade postos pelo seu contexto histórico;
- problematizar os mitos sobre a construção do conhecimento científico revelando crenças, valores, disputas e controvérsias que permeiam a construção da ciência;

- compreender a ciência como construção humana e sua relação com outros campos do conhecimento, incluindo as diversas manifestações artísticas.

Para Forato *et al.* (2012), os usos da HFC na educação, ou a pesquisa sobre eles, requerem que se estabeleça a visão de ciência e dos processos de sua construção que os fundamentam. Estão explicitados a seguir os aspectos da NDC que guiam essa análise e buscam estar de acordo com as recomendações atuais para o Ensino de Ciências:

- a natureza não fornece dados suficientemente simples que permitam interpretações sem ambiguidades;

- uma observação significativa não é possível sem uma expectativa preexistente;

- a ciência é uma atividade humana influenciada pelo contexto sociocultural de cada época;

- teorias científicas não podem ser provadas e não são elaboradas unicamente a partir da experiência;

- o conhecimento científico baseia-se fortemente, mas não inteiramente, na observação, evidência experimental, argumentos racionais e ceticismo.

Faz-se importante ressaltar que a proposta didática deste trabalho não segue puramente uma abordagem em História da Ciência, entretanto tomou-se cuidado em introduzir alguns episódios históricos em meio às aulas na tentativa de aproveitar os pontos positivos oferecidos por esse tipo de abordagem.

2.1.4. Uso de *Blogs* na Educação

Os vários recursos oferecidos pela internet possibilitam uma vasta gama de ferramentas que podem ser utilizadas como apoio às práticas pedagógicas, melhorando-as cada vez mais e favorecendo a construção de conceitos científicos por parte dos alunos. Uma dessas ferramentas é o *weblog* ou, simplesmente *blog*, que permite, a partir de uma grande dinâmica, envolver o estudante no processo de ensino e aprendizagem.

2.1.4.1. Definição de *Blog*

No final da década de 90, surgiu uma nova fase para a internet conhecida como *web 2.0*, nessa fase o internauta passou a ser o autor e produtor das informações. Junto a ela apareceram os *weblogs*, palavra composta pelos termos *web* (página da internet) e *log* (diário

de bordo). Os *weblogs* ou *blogs*, como ficaram mais conhecidos, apareceram como um diário virtual que permitia o compartilhamento de informações, relatos, pensamentos ou reflexões, mas que exigia certo conhecimento técnico em programação (Pontes e Filho, 2011).

Os primeiros aplicativos e serviços gratuitos de *weblogs* foram criados em 1999, um deles foi o *Blogger*, do *Google* – plataforma que é utilizada na aplicação da proposta didática descrita em capítulo posterior. Esses sistemas gratuitos e de fácil utilização propiciaram para que qualquer pessoa viesse a ser autor de seu *blog*, ou blogueiro, como é popularmente conhecido (Pontes e Filho, 2011).

Os *blogs* dispõem de algumas ferramentas que servem para classificar suas informações técnicas. Elas abrangem, por exemplo, o registro de informações relativas aos números de acessos, páginas visitadas, horário das visitas, de qual página ou *site* o visitante veio, dentre várias outras informações que possibilitam ao blogueiro acompanhar como o seu conteúdo está sendo acessado, além de colher a opinião do leitor sobre suas postagens.

As páginas dos *blogs* disponibilizam espaços para que os usuários interajam com o autor escrevendo comentários e vice-versa, concordando, discordando ou acrescentando outras informações às discussões, como *links* para outros *blogs* ou páginas da internet que discutam a temática abordada (Pontes e Filho, 2011).

Os *blogs* são espaços bastante interativos, onde todas as publicações e comentários de leitores podem ser realizadas sem limites para o conteúdo. Qualquer pessoa ou comunidade, de qualquer idade ou região podem criar um *blog* e postar as informações que julgue importantes para tal (Senra e Batista, 2011).

2.1.4.2. O *Blog* como ferramenta de ensino

Os *blogs*, por serem ferramentas que oferecem um ótimo nível de interação com o leitor, disponibilizam espaço para que haja interação com o autor através de mensagens instantâneas. Esta característica permite que os alunos, seja de maneira individual ou a partir de grupos de estudos, expressem suas ideias e sentimentos sobre o conteúdo postado, formando uma comunidade com objetivos comuns, que colabora e coopera através do *blog* (Moresco e Behar, 2006).

De acordo com Gutierrez (2003), os *blogs* são aplicativos de fácil manuseio e promovem o exercício da expressão criadora, do diálogo entre textos, da colaboração, são publicações dinâmicas que favorecem a formação de redes. Nessa perspectiva, eles podem

auxiliar na mudança do trabalho pedagógico promovendo o envolvimento de todos os participantes.

O *blog* é um espaço educacional privilegiado, o qual permite uma reflexão sobre leitura e escrita do que é postado pelo autor, além das mensagens postadas pelos visitantes, que colaboram e cooperam formando uma comunidade aberta e receptiva. Nesse sentido, são ampliadas as possibilidades de um diálogo autêntico e profundo com outras formas de saber, outros pontos de vista, favorecendo a interdisciplinaridade e ajudando a construir redes sociais e redes de saberes (Moresco e Behar, 2006).

Moresco e Behar (2006) afirmam, em seu trabalho realizado com adolescentes, que a utilização de *blogs* na educação é capaz de enriquecer uma aula, para tanto, basta adaptá-los aos objetivos pedagógicos traçados pelo professor, oportunizando que o conhecimento seja construído por meio da interação entre os recursos digitais e as capacidades individuais, criando assim um ambiente favorável para a aprendizagem.

Em seu trabalho Silva *et al.* (2014), afirma que o uso do *blog* como recurso midiático na disciplina de Ciências do ensino fundamental, trabalhando assuntos de Física e Química, muito contribuiu para a aprendizagem significativa e colaborativa dos alunos. Para os autores, seu uso revelou-se uma estratégia muito positiva, pois muitos alunos se sentiram motivados a produzir mais relatos para serem postados no *blog*.

A utilização do *blog* como meio de comunicação e de construção de conhecimento possibilita uma ampliação das aulas além de seus momentos presenciais, mostrando-se como ferramenta de interação importante, capaz de instigar os estudantes para a postagem das dúvidas, durante os momentos de realização das tarefas escolares (Silva *et al.*, 2014).

Outra grande vantagem do uso do *blog* na educação é a facilidade de o professor intervir, corrigindo e orientando todos os comentários ou publicações dos alunos, sem o limite de tempo imposto pela sala de aula. Da mesma forma, o aluno pode realizar suas atividades no seu ritmo, de acordo com sua agenda e disposição. Dessa modo, ele tem sua liberdade de expressão ampliada tendo ciência de que os seus comentários poderão ser vistos por todos, sem que possa controlar. Este fato amplia a responsabilidade do professor blogueiro por tudo o que estiver publicado, bem como a do aluno que participa (Senra e Batista, 2011).

Diante de tantas potencialidades, os *blogs* aparecem como excelentes ferramentas de trabalho na educação. Dentro de um planejamento adequado, eles podem muito bem ser adicionados às mais diversas práticas pedagógicas e, dessa forma, utilizados como mais um recurso no auxílio à construção de conceitos científicos. Nessa perspectiva, a utilização de

blogs na educação torna-se capaz de enriquecer uma aula quando adaptados aos objetivos pedagógicos, criando um ambiente favorável para a aprendizagem e dando oportunidade para que o conhecimento seja construído através da interação entre os recursos digitais e as capacidades individuais dos alunos.

2.2. REFERENCIAIS TEÓRICOS EM FÍSICA

2.2.1. GRAVITAÇÃO UNIVERSAL

Um dos mais antigos objetivos da Física é entender a força gravitacional, a mesma força que nos mantém na superfície da Terra, que mantém a Lua em órbita em torno da Terra, assim como mantém a Terra em órbita em torno do Sol. A força gravitacional se estende em toda Via Láctea, evitando que se dispersem os bilhões de estrelas e incontáveis moléculas e partículas isoladas que existem na galáxia (Halliday *et al.*, 2012).

Essa força também é responsável por uma das entidades mais misteriosas do universo, o buraco negro. Quando uma estrela consideravelmente maior que o Sol se apaga, a força gravitacional que age entre suas partículas pode fazer com que a estrela se contraia de forma indefinida, formando assim um buraco negro. A força gravitacional na superfície de uma estrela desse tipo será tão intensa que nem a luz poderá escapar (Halliday *et al.*, 2012).

Mesmo que a força gravitacional ainda não seja totalmente compreendida, o ponto de partida para seu entendimento será a Lei da Gravitação de Isaac Newton.

Boa parte das conquistas de Isaac Newton foi alicerçada nos trabalhos dos que o antecederam, como por exemplo, Galileu. Newton trabalhou na Lei da Gravitação percebendo que a atração sofrida por uma maçã ao cair sobre a Terra e pela Lua orbitando em torno do planeta tinham algo em comum, uma força que as puxava para o centro da Terra (Uhr, 2007).

Após formular sua terceira lei do movimento, Newton ao afirmar que para toda ação sempre existe uma reação igual e oposta ou as ações mútuas de dois corpos um no outro são sempre iguais e direcionadas para partes contrárias, compreendeu que se o Sol atrai a Terra, a Terra também deveria atrair o Sol com uma força de mesma intensidade. Dessa forma, se cada planeta é, por sua vez, atraído pelo Sol, então ele atrai o Sol, pela terceira lei. Assim, cada planeta é um centro de força atrativa, também. Mas, se cada planeta não só atrai como é atraído pelo Sol, também atrai e é atraído por cada um dos outros planetas (Dias *et al.*, 2004).

A universalidade da gravitação não é tão óbvia para nós porque a força de atração que a Terra exerce sobre os corpos próximos é muito maior que a força de atração que os corpos exercem uns sobre os outros. Por exemplo, a Terra atrai uma maçã com uma força da ordem de 0,8N, enquanto que uma pessoa atrai uma maçã próxima (e é atraída por ela) com uma força de atração menor que o peso de uma partícula de poeira (Halliday *et al.*, 2012).

A relação dessa força com o inverso do quadrado da distância entre os corpos envolvidos ficou definida. A mesma **Lei do Inverso do Quadrado** que descreve como a força gravitacional decai com a distância é válida para qualquer outro fenômeno em que uma fonte localizada se espalha uniformemente no espaço ao redor, por exemplo: a luz que sai de uma vela acesa, o som produzido por um jogador chutando uma bola, uma explosão, uma pistola de tinta sendo acionada, etc. (Uhr, 2007).

2.2.1.1. Lei da Gravitação de Newton

Para realizar os cálculos da força gravitacional a que Newton se refere, ele já dispunha da formulação dos princípios fundamentais da dinâmica, obtidos por ele em sua fazenda com cerca de 23 ou 24 anos de idade (NUSSENZVEIG, 2002).

Para diversos planetas, a excentricidade da órbita elíptica é muito pequena, de modo que esta pode ser tomada como circular, com excelente aproximação. O que pode ser aplicado à órbita da Lua. A órbita circular é mais fácil de ser tratada do que a elíptica, de modo que será construído o argumento de Newton para esse caso (NUSSENZVEIG, 2002).

Newton conhecia a 3ª lei de Kepler

$$\frac{T^2}{R^3} = K \equiv \text{constante}, \quad (1)$$

Pensando se a força que faz corpos próximos à superfície da Terra não seria a mesma força que mantém a Lua em órbita “circular” em torno da Terra. Para responder essa questão ele fez uso de sua 2ª lei, portanto

$$F = m_L a = m_L \frac{v^2}{R_L} = m_L \omega^2 R_L = m_L \frac{4\pi^2}{T^2} R_L. \quad (2)$$

Na equação (2) F é a força que a Terra exerce sobre a Lua para mantê-la em órbita “circular”, m_L é a massa da Lua, a é a aceleração centrípeta, v é a velocidade circular média, R_L é a distância do centro de massa da Terra ao centro de massa da Lua, ω é a velocidade angular média que a Lua tem em torno da Terra e T é o período da órbita.

Aplicando a 3ª lei de Kepler nesse caso terá

$$\frac{T^2}{R_L^3} = K \Rightarrow T^2 = KR_L^3. \quad (3)$$

Substituindo (3) em (2)

$$F = \frac{4\pi^2}{KR_{LT}^3} m_L R_L \Rightarrow F = \frac{4\pi^2}{K} \frac{m_L}{R_L^2}, \quad (4)$$

Para não abandonar a sua 3ª lei, ele igualou a constante que aparece em (4) a outra constante multiplicado pela massa da Terra M_T

$$\frac{4\pi^2}{K} = GM_T. \quad (5)$$

Na equação (5) G é uma constante de proporcionalidade que é conhecido como constante de gravitação universal. Assim, substituindo (5) em (4) obtém-se

$$F = G \frac{M_T m_L}{R_L^2}, \quad (6)$$

Que é a lei de gravitação universal aplicada à Terra e à Lua em sua forma modular. A sua forma vetorial é

$$F = G \frac{M_T m_L}{R_L^2} \frac{R_L}{R_L}. \quad (7)$$

Newton havia então proposto uma lei para a força de gravitação, que foi chamada de **lei da gravitação de Newton**: toda partícula do universo atrai as outras partículas com uma **força gravitacional** cujo módulo é dado por (Halliday *et al.*, 2012):

$$F = G \frac{M_1 m_2}{r^2}$$

onde M_1 e m_2 são as massas das partículas, r é a distância entre elas e G é uma constante conhecida como **constante gravitacional**, cujo valor é:

$$G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N.m/kg}^2$$

Para se determinar o valor da constante gravitacional G , é necessário medir a força de atração gravitacional entre duas massas conhecidas, fato que é muito difícil em laboratório por ser muito fraca a interação entre elas (NUSSENZVEIG, 2002).

O valor de G é dado pelo valor da força de atração entre dois corpos de 1 kg cada, estando afastados 1 m um do outro, ou seja, 0,0000000000667 N. O que representa uma força extremamente fraca. A constante G foi medida pela primeira vez pelo físico inglês Henry Cavendish (século XVIII), bem depois da época de Newton. Cavendish fez isso medindo a minúscula força entre massas de chumbo com uma balança de torção extremamente sensível (Hewitt, 2002).

2.2.1.2. Lei do inverso do quadrado

A gravidade vai ficando cada vez mais fraca à medida que a distância entre os corpos aumenta. Isso pode ser percebido considerando como uma pistola de pintura espalha a tinta com o aumento da distância, por exemplo (Hewitt, 2002).

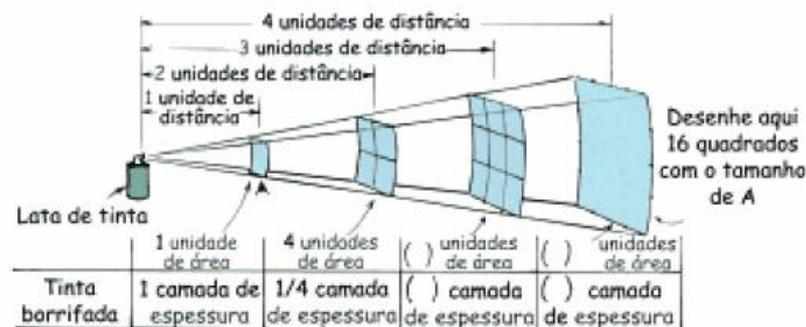


Figura 1 – A lei do inverso do quadrado. A tinta borrifada sai do bocal da lata em linhas retas radiais. Como a gravidade, a “intensidade” do borrifo obedece à lei do inverso do quadrado.

Fonte: HEWITT, 2002, p.159.

Suponha que tal pistola de pintura seja posicionada no centro de uma esfera com raio de 1 metro, e que um jato de tinta viaja 1 metro para produzir um retalho quadrado de tinta que tem 1 milímetro de espessura. Se a mesma quantidade de tinta desloca-se em linha reta por 2 metros, ela se espalhará sobre um retalho que é duas vezes maior tanto na largura como na altura. A tinta seria espalhada, então, sobre uma área quatro vezes maior, de modo que sua espessura seria apenas $\frac{1}{4}$ de milímetro (Hewitt, 2002). O mesmo acontecerá com o aumento da distância em três vezes ($\frac{1}{9}$ de milímetro para a espessura), 4 vezes ($\frac{1}{16}$ de milímetro) e assim por diante.

Esse fato é conhecido como **lei do inverso do quadrado**. Ela vale, também, para todos os fenômenos em que a fonte localizada se espalha uniformemente no espaço ao redor,

por exemplo, o campo elétrico em torno de um elétron isolado, a luz de um palito de fósforo, a radiação de um pedaço de urânio, o som produzido por uma bola atingida durante um jogo e, inclusive, com a gravidade (Hewitt, 2002).

É importante enfatizar que o termo distância r , presente na equação de Newton para a gravidade, é a distância entre os centros de massa dos corpos. Isso significa, por exemplo, que se uma pessoa pesa 800N na superfície da Terra, ela terá um peso de apenas 200N caso seja levada para uma distância referente ao raio da Terra.

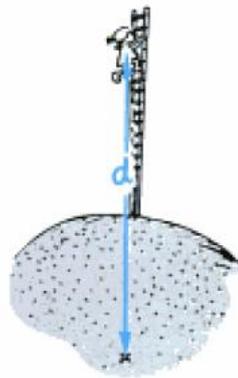


Figura 2 – De acordo com a equação de Newton, o peso da pessoa (e não sua massa) diminui quando ela aumenta sua distância do centro da Terra.

Fonte: HEWITT, 2002, p.159.

Não importa quão grande seja a distância, a força gravitacional da Terra vai se aproximando de zero, mas nunca chegará a zero. Mesmo que uma pessoa seja transportada para um local muito longínquo em relação à Terra, a influência gravitacional de nosso lar ainda estará lá, mesmo que seja sobrepujada pelas influências gravitacionais de outros corpos mais próximos. A influência gravitacional de todos os objetos materiais é exercida através de todo o espaço, seja ele pequeno ou esteja muito longe (Hewitt, 2002).

2.2.1.3. A gravitação perto da superfície da terra

Supondo que a Terra é uma esfera homogênea de massa M . O módulo da força gravitacional que ela exerce sobre uma partícula de massa m , localizada fora da Terra, em sua superfície, isto é, a uma distância r do seu centro é dada pela equação (Halliday *et al.*, 2012):

$$F = G \frac{Mm}{r^2}$$

Caso essa partícula seja liberada, ela cai no sentido do centro da Terra, em consequência da força gravitacional F , com uma aceleração que é chamada de **aceleração da gravidade** a_g . De acordo com a segunda lei de Newton, os módulos de F e a_g estão relacionados através da equação (Halliday *et al.*, 2012):

$$F = ma_g$$

Igualando as duas equações acima, obtemos:

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

A tabela 1, a seguir, mostra os valores de a_g calculados para várias altitudes acima da superfície da Terra. Pode-se perceber que a_g tem um valor relativamente alto, mesmo a 400 km de altitude (Halliday *et al.*, 2012).

Altitude (km)	a_g (m/s²)	Exemplo de altitude
0	9,83	Superfície média da Terra
8,8	9,80	Monte Everest
36,6	9,71	Recorde para um balão tripulado
400	8,70	Órbita do Ônibus espacial
35700	0,225	Satélite de comunicações

Tabela 1 – Variação de a_g com a altitude.
Adequação da tabela de HALLIDAY *et al.*, 2012.

2.2.1.4. Gravitação no interior da terra

O campo gravitacional da Terra existe tanto no seu interior quanto fora dela. Imaginando que é possível cavar um túnel que atravessasse toda a Terra, do polo sul ao norte (desconsiderando os fatores que tornam isso impossível), o movimento de uma pessoa ao saltar pelo buraco cairia e ganharia rapidez ao longo de todo o caminho para baixo, até o

centro, e depois perderia a rapidez ao longo do caminho “para cima”, até o outro polo (Hewitt, 2002).

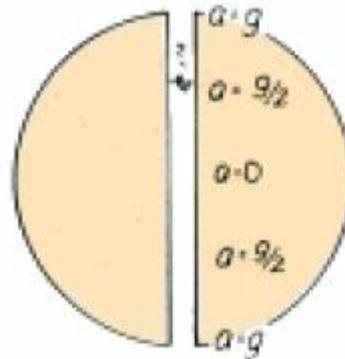


Figura 3 – Quando você cai cada vez mais rapidamente num buraco perfurado de um lado a outro da Terra, a sua aceleração diminui porque a parcela de massa que se encontra abaixo de si torna-se cada vez menor. Menos massa significa menos atração, até que, ao atingir o centro, a força resultante e a aceleração decorrente tornem-se nulas. O momentum que já possui permite ultrapassar o centro, seguindo com uma aceleração orientada no sentido oposto e cujo valor vai crescendo até chegar na outra extremidade do túnel, onde a aceleração volta a ser de valor g e orientada para o centro.

Fonte: HEWITT, 2002, p.165.

Sem o arraste produzido pelo ar, a viagem de ida levaria cerca de 45 minutos. Caso não conseguisse agarrar a borda do buraco, a pessoa cairia de volta no sentido do centro da Terra e retornaria ao outro polo no mesmo tempo da viagem de ida (Hewitt, 2002).

A aceleração da pessoa em queda pelo buraco fica progressivamente menor à medida que ela se aproxima do centro da Terra, pois existe cada vez menos massa atraindo-a para lá. Ao chegar no centro da Terra, a atração será contrabalançada pela atração orientada para cima, de modo que a força resultante sobre ela seja nula, ou seja, $a = 0$ quando passar zunindo pelo centro da Terra. O campo gravitacional no centro da Terra é nulo (Hewitt, 2002).

2.2.2. EINSTEIN E A GRAVITAÇÃO

No início do século XX, Albert Einstein formulou um modelo para a gravidade completamente diferente do de Newton, em sua teoria geral da relatividade. Ele concebeu um campo gravitacional como uma curvatura geométrica no espaço-tempo tetradimensional. Einstein percebeu que os corpos produzem deformações no espaço-tempo (Hewitt, 2002).

Analogamente a uma bola massiva, localizada no meio de um colchão d’água, que deforma a superfície bidimensional do mesmo, um corpo produz a deformação do espaço-tempo (Hewitt, 2002).

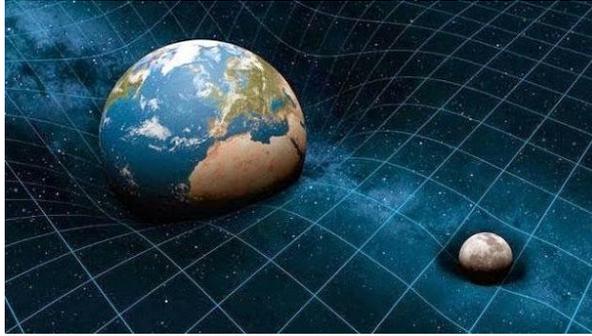


Figura 4 – Curvatura do espaço.

Fonte: SEMPRE QUESTIONE, acesso em: 11 abr. 2016, 18:46:05.

Quanto mais massiva for a bola, maior será a deformação ou a dobra produzida. Caso uma bola de gude for rolada sobre o colchão, em um local bem afastado da bola massiva, ela seguirá rolando em linha reta, no entanto, se ela for rolada próximo à bola massiva, a trajetória da bola de gude se curvará quando estiver passando pela depressão na superfície do colchão. Se a trajetória fechar-se sobre si mesma, a bola de gude orbitará ao redor da bola massiva numa trajetória oval ou circular (Hewitt, 2002).

3. REVISÃO DE LITERATURA

O presente trabalho apresenta como um de seus focos a Gravitação Universal, o seu ensino e a construção conceitual neste campo do saber. Nesse sentido, é apresentada, nesta seção do trabalho, uma breve revisão de alguns artigos que abordam de modo geral, esse tema.

Para tanto, foram realizadas buscas em periódicos nas áreas de ensino de Física, Ensino de Ciências e Educação, disponíveis na internet e, por conseguinte, de fácil acesso aos professores da educação básica. A busca foi realizada em publicações do período de 2010 a 2015 nos seguintes periódicos: Revista Brasileira de Ensino de Física, Caderno Brasileiro de Ensino de Física, A Física na Escola, Alexandria, Ciência e Educação, Ciência e Ensino, Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, Revista Investigações em Ensino de Ciências, Revista Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências, Revista Brasileira de Educação, Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias, Revista Enseñanza de las Ciencias, Revista Mexicana de Investigación Educativa e Revista Latino-americana de Educação em Astronomia.

3.1. Categorização das publicações

Conforme já mencionado, a consulta, que foi direcionada a revistas de educação e ensino de ciências no Brasil e algumas do exterior (citadas anteriormente), teve como objetivo encontrar artigos publicados relacionados à Gravitação Universal no período de 2010 à 2015. Foram encontrados um número muito pequeno de publicações a respeito do tema, apenas 5 (cinco) trabalhos.

As publicações encontradas estão categorizadas, de modo geral, quanto sua fundamentação base da discussão, assuntos de Gravitação Universal; quanto sua característica metodológica, teórica ou aplicada, entendendo por aplicados trabalhos que apresentam aplicação direta em atividades de ensino e/ou aprendizagem, fazendo referência ainda, àqueles aplicados com estudantes da educação básica; e, ainda, quanto ao público alvo da pesquisa, estudantes da educação básica ou professores em formação, seja ela inicial ou continuada.

Na tabela 2, é apresentada uma representação esquemática, quanto à quantidade de publicações, de acordo com a categorização proposta para os artigos.

Tabela 2 – Quantidade de publicações categorizadas, divididas por categorias.

Fundamentação base da discussão		
Gravitação Universal		
Artigos Publicados		5
Característica metodológica	Teóricos	3
	Aplicados	2
	Aplicados na E.B.	1
Público alvo da pesquisa	Professores em formação	4
	Estudantes da E.B.	1

Fonte: Elaborada pelo autor

Dentre os trabalhos encontrados na consulta, 4 (quatro) são destinados, especialmente, a professores em formação inicial ou continuada e apenas 1 (um) tem como público alvo estudantes da educação básica; 3 (três) apresentam caráter teórico e 2 (dois) têm caráter aplicado, isto é, apresentam resultados colhidos de efetivas aplicações em atividades de ensino e/ou aprendizagem, sendo um com alunos de um curso de licenciatura em Física (professores em formação) e outro com estudantes do ensino médio de uma escola da rede particular de ensino.

Faz-se importante destacar que, dentre esses trabalhos, foi percebido a utilização de uma abordagem histórica do tema em questão pelos autores, para explorar os conteúdos propostos, em todos os 5 (cinco) artigos consultados. Todos os trabalhos encontrados (TEIXEIRA *et al*, 2010; RODRIGUES *et al*, 2012; GATTI *et al*, 2010; DRUMMOND *et al*, 2015 e TEIXEIRA *et al*, 2015) são brevemente descritos a seguir.

3.1.1. Trabalhos de Caráter Teórico

Teixeira *et al*. (2010), mostram um trabalho que tem como objetivos apresentar uma revisão delimitada sobre os caminhos científicos trilhados por Newton até este chegar à sua Lei da Gravitação Universal, a partir das análises feitas por I. Bernard Cohen e Richard S. Westfall, estabelecendo um contraste entre as interpretações desses dois historiadores; além

de discutir possíveis contribuições que esta revisão pode trazer para o ensino do tópico Gravitação Universal orientado pela História e Filosofia da Ciência (HFC).

Os autores delimitam o trabalho a tratar dos estágios de desenvolvimento do pensamento de Newton sobre a mecânica celeste somente nos quatro momentos mais significativos nos quais ele tratou desse tema, a saber: os *anni mirabili*, a correspondência com Hooke, o tratado *De Motu* e o tão celebrado *Principia*. Também faz parte deste trabalho se ater ao papel dos conceitos de força em Newton para chegar à Gravitação Universal, sempre contrastando as visões de Cohen e Westfall, adicionando eventuais contribuições de outros historiadores quando for pertinente (Teixeira *et al.*, 2010).

Ao final, são discutidas algumas possíveis contribuições que uma revisão desta natureza pode trazer para o ensino da Gravitação Universal de Newton, no que se refere a proporcionar um maior amadurecimento dos estudantes de graduação (especialmente os de licenciatura em Física) quanto aos vários aspectos sobre a natureza da ciência e imagem dos cientistas, além de propiciar uma melhor compreensão conceitual e capacidade de argumentação desses estudantes sobre o referido tema (Teixeira *et al.*, 2010).

Drummond *et al.* (2015), partindo do entendimento de que o ensinar ciência e o ensinar sobre a ciência não devem estar dissociados, apresentam em seu trabalho um conjunto de narrativas históricas para utilização no Ensino Médio, tecendo considerações sobre os recortes históricos procedidos e as escolhas implementadas em sua elaboração. Os autores procuram chamar a atenção para as potencialidades, possibilidades e limitações das narrativas.

Para Drummond *et al.* (2015), a História e Filosofia da Ciência – HFC é fundamental para uma compreensão mais aprofundada dos conceitos científicos, permitindo a localização dos mesmos nas tradições de pensamento. Caberia a ela não um papel acessório, introdutório ou complementar, mas sim essencial no contexto educacional, como elemento indissociável na tarefa de ensinar tais conceitos.

Baseados nessa perspectiva, Drummond *et al.* (2015) tecem uma série de considerações sobre narrativas históricas relacionadas à Gravidade, Sistemas de Mundo e Natureza da Ciência – NDC. Eles discorrem a respeito de temática histórica, recortes e NDC, formulação discursiva e aprofundamento de episódios, contraposição a visões ingênuas da ciência, a atual historiografia da ciência, simplificações e omissões, além de fornecerem algumas considerações adicionais sobre a utilização dos textos com abordagem histórico-filosóficas para a compreensão dos referidos assuntos.

Em suas considerações finais, os autores afirmam que as reflexões apresentadas sobre as narrativas históricas relacionadas à Gravidade, Sistemas de Mundo e NDC sugerem a necessidade de que as propostas para a inserção da HFC no ensino sejam flexíveis e adaptáveis a diferentes contextos educacionais. Eles consideram que a viabilidade de utilização de materiais como as narrativas histórico-filosóficas está relacionada à sua própria flexibilidade, a qual precisaria ser apropriada de modo consciente pelo professor (Drummond *et al.*, 2015).

Teixeira *et al.* (2015) apresentam, em seu trabalho, uma proposta didática para ensinar a Gravitação Universal de Newton, orientada pela História e Filosofia da Ciência, que tem como objetivo promover uma melhora nas habilidades de argumentação dos alunos. O trabalho inclui alguns textos de referência utilizados para o desenvolvimento da proposta e apresenta um resumo da sequência de ensino, com suas ferramentas de orientação e avaliação, como sugestão para implementação em sala de aula.

Em seu trabalho, Teixeira *et al.* (2015) partem da concepção de ciência como uma atividade humana cujo conhecimento é socialmente construída, tendo, pois, o argumento como um de seus aspectos constituintes essenciais. Para eles, ciência é produzido, entre outras coisas, a partir do debate público, em que os cientistas utilizam teorias concorrentes para posicionar seus argumentos, defender suas ideias e se opor às rivais.

Os autores citam a necessidade de propostas educacionais voltadas para o argumento, mas também afirmam que são necessárias propostas educacionais implementadas em ensino de Física com abordagens didáticas orientadas à História e Filosofia da Ciência – HFC (Teixeira *et al.*, 2015).

O trabalho de Teixeira *et al.* (2015) apresenta a estrutura de Toulmin para argumentação no ensino de ciências, trata sobre a argumentação coletiva e disponibiliza uma proposta didática, relacionada à Gravitação Universal de Newton, que tem duração de 12 aulas de 50 minutos cada, para ser utilizada pelos professores do Ensino Médio.

Os autores enfatizam que, como tal proposta ainda não fora implementada, apenas sua utilização em uma situação específica de intervenção e investigação em sala de aula servirá de base para avaliar adequadamente seus méritos para alcançar seus objetivos (Teixeira *et al.*, 2015).

3.1.2. Trabalhos de Caráter Aplicado

Gatti *et al.* (2010) relatam, em seu trabalho, resultados de uma pesquisa referente à análise de uma experiência didática visando integrar a História da Ciência ao ensino de Física, tendo como pano de fundo o desenvolvimento histórico do tema atração gravitacional. De acordo com os autores, a pesquisa foi de natureza qualitativa e referiu-se a um estudo de caso desenvolvido junto a uma amostra de onze alunos de um curso de Licenciatura em Física de uma universidade estadual paulista no decorrer de um ano letivo.

O objetivo da pesquisa foi promover discussões sobre a existência e persistência das concepções alternativas relacionadas à evolução histórica do tema atração gravitacional, além de leituras e debates de textos que contemplam discussões recentes sobre a pesquisa em ensino de Ciências, de modo a gerar insatisfações com modelos tradicionais de ensino (Gatti *et al.*, 2010).

Gatti *et al.* (2010) também relatam em sua pesquisa o levantamento das concepções iniciais dos licenciandos e o desenvolvimento do curso proposto, além dos detalhes da aplicação dos minicursos desenvolvidos pelos participantes em situações reais de sala de aula, sua coerência e suas mudanças de postura.

Os autores concluíram que, apesar de considerarem adequadas e bem desenvolvidas as atividades selecionadas, isso não garante grandes mudanças na ação docente de todos os participantes. Além de que, ainda que os futuros docentes tenham apontado a importância dos elementos debatidos durante o curso para o ensino de Ciências, não é possível ter elementos que indiquem quais serão as repercussões da experiência desenvolvida para a carreira docente de cada um deles (Gatti, *et al.*, 2010).

Em seu trabalho, Rodrigues *et al.* (2012) relacionam a Lei da Gravitação Universal aos satélites a partir de uma abordagem histórico-temática usando recursos de multimídia. A pesquisa foi desenvolvida em uma escola da rede particular em que o ano letivo é dividido em três trimestres, sendo realizada em sala de aula durante o último trimestre em duas turmas (uma com 33 e outra com 34 alunos) de primeiro ano do EM. As salas onde ocorreram as aulas possuem lousa interativa – ferramenta tecnológica facilitadora da interatividade ao usar a multimídia.

Os autores objetivaram com o trabalho examinar o desenvolvimento de aulas de Física em que, usando-se uma multimídia, a Lei da Gravitação Universal é abordada de forma

contextualizada a partir da História da Ciência e de um tema atual (os satélites), além de como estudantes de Ensino Médio aceitam e se envolvem nesse estudo (Rodrigues *et al.*, 2012).

Usando uma abordagem metodológica qualitativa, eles utilizaram a multimídia para apresentar o que são e como funcionam os satélites artificiais, trazendo uma narrativa histórica desde as ideias de movimento do sistema planetário de Ptolomeu até as de Isaac Newton sobre o movimento dos corpos, culminando na Lei da Gravitação Universal. Também foram realizados entrevistas, observações de sala de aula e produzidos documentos pelos estudantes que mostraram, de acordo com os autores, o quanto as imagens, os filmes e os textos contidos na multimídia enriquecem, de modo significativo, o conteúdo e facilitam o entendimento de conceitos da Física, assim como a contextualização histórico-temática produz maior envolvimento dos alunos no estudo desta ciência (Rodrigues *et al.*, 2012).

De acordo com Rodrigues *et al.* (2012), a pesquisa evidencia que o uso da contextualização, por meio de uma multimídia, amplia as possibilidades de se abordar o conteúdo de Física. Para os autores, os alunos ponderaram que imagens, filmes e textos contidos em uma multimídia enriquecem significativamente o conteúdo da Física, dando "vida a essa matéria que é fria". Isso porque, com a multimídia, se é capaz de trazer tudo isso para a sala de aula e com detalhes que, tradicionalmente, são difíceis de descrever ou representar.

Os resultados mostraram que os alunos consideraram as aulas interessantes e motivadoras, além de um amadurecimento acerca da relação da Física com as outras áreas do conhecimento, como disse um aluno: "*a Física deixou de ser isolada, só existindo na sala de aula, ela foi para fora*" (RODRIGUES *et al.*, 2012, p.522).

Para os autores, ficou evidente que a multimídia foi aceita pelos alunos com relativo sucesso, a despeito de iniciais resistências à mudança do estilo de aula a que estavam habituados. Segundo os autores, a mudança de uma abordagem conteudista para uma contextualizada temática e historicamente foi criticada por alguns "por não ser matéria que cai no vestibular" (RODRIGUES *et al.*, 2012, p.521).

Na tentativa de inserir este trabalho na categorização descrita anteriormente, ele será realizado de forma aplicada, utilizando em alguns momentos aspectos históricos em meio à apresentação dos conteúdos de Gravitação Universal, cujos públicos alvos serão os estudantes (haja vista a proposta ser utilizada diretamente com eles) e professores da Educação Básica, sejam eles da rede pública ou particular de ensino. Para os professores e demais interessados, será disponibilizada uma descrição da proposta didática sobre o tema em questão, contendo as

considerações a respeito de sua aplicação com alunos do Ensino Médio de uma escola estadual no interior do Ceará, além de um material de apoio, confeccionado a partir do resultado das pesquisas realizadas para a construção da proposta, que poderá ser utilizada também como ferramenta de consulta para os estudantes mais curiosos.

4. O PERCURSO METODOLÓGICO

Nesta seção do trabalho, está descrita a metodologia utilizada na proposta didática. Para tanto, escolheu-se delinear um percurso dentro da “pesquisa qualitativa”, tal como é caracterizada por Bogdan e Biklen (1991) como uma investigação que agrupa diversas estratégias que partilham determinadas características onde os dados recolhidos são designados por qualitativos, o que significa ricos em pormenores descritivos relativos a pessoas, locais e conversas, de forma a tornar seu tratamento estatístico bastante complexo. O que privilegiou-se, essencialmente, foi a compreensão do comportamento a partir da perspectiva dos sujeitos da investigação, sendo feita a coleta de dados em função de um contato aprofundado com os indivíduos.

Dessa forma, optou-se, inicialmente, para a coleta de dados a estratégia da observação participante, caracterizada por Gil (2002) como uma interação entre o pesquisador e os membros da situação investigada, envolvendo posições valorativas e privilegiando a manutenção do sistema vigente. Essa maneira de observar proporciona uma melhor aproximação do observador com o universo estudado.

4.1. Metodologia Utilizada

4.1.1. Público Alvo

A referida proposta teve como público alvo alunos do Ensino Médio de uma escola pública da rede estadual situada em um município da Mesorregião Sul do Estado do Ceará. Os alunos participantes da pesquisa foram escolhidos por meio de convite verbal nas salas de aula, onde os interessados realizaram suas inscrições, preenchendo uma ficha simples com nome, data de nascimento e série que está matriculado. Ao todo, 26 (vinte e seis) alunos inscreveram-se para participar da pesquisa, entretanto apenas 22 (vinte e dois) confirmaram suas participações e estiveram presentes nos momentos de aula da proposta.

4.1.2. Escolha do tema Gravitação Universal

A escolha do tema Gravitação Universal é justificada, primeiramente, por ele está presente no currículo proposto para o Ensino Médio, através dos PCNs e dificilmente ser

trabalhado de maneira mais abrangente nas aulas de Física, por muito, devido ao número reduzido de aulas disponíveis para tal ou escassez de material publicado com assuntos inerentes a esse tema. Este tema também goza de um apreço do professor pesquisador, que sente-se muito confortável para trabalhá-lo em sala de aula.

4.1.3. Descrição do Material

Com a realização da pesquisa sobre o tema a ser abordado, foi possível construir um *blog*¹ de estudo que contém todas as atividades virtuais propostas para os alunos, bem como suas interações com o conteúdo proposto, além do material instrucional, facilmente localizado na página “Material de apoio”, utilizado como suporte tanto para a realização das atividades do ambiente virtual como para as aulas presenciais. Esse material poderá servir, também, como ferramenta de auxílio para outros professores que, posteriormente, pretendam trabalhar assuntos de Gravitação Universal em suas aulas, além de material de consulta para aqueles estudantes mais curiosos que não se contentam com informações superficiais sobre o tema.

Nos encontros presenciais foram utilizados outros recursos como, por exemplo, um aparelho de data show para exposição do *blog* e ainda para apresentação dos *slides* produzidos a partir do material de apoio (apêndice B), a ficha de inscrição para acompanhamento das frequências, impressões dos apêndices C, D e E deste trabalho como atividades propostas, pincel e quadro branco para organizar as informações, canetas e folhas de papel tipo A4 para os estudantes realizarem suas anotações de aula, além dos próprios telefones celulares dos participantes para acessarem o *blog*.

4.1.4. Avaliação da Proposta

A avaliação da proposta didática deu-se a partir, principalmente, do envolvimento dos alunos no decorrer das aulas presenciais, assim como seus comprometimentos com a realização das atividades sugeridas e suas interações tanto nas aulas presenciais como no ambiente virtual seja com contribuições e/ou questionamentos.

Para tanto, foram selecionados 8 (oito) alunos para ser realizado um acompanhamento mais específico onde foi possível verificar suas atitudes nas aulas, rendimento e principais dificuldades enfrentadas.

¹Endereço do *blog*: <http://blogdeestudogu.blogspot.com>

Os dados para a análise dos comportamentos dos alunos relativos às observações durante as aulas presenciais, que descrevem as características, participação e desempenho dos estudantes, foram obtidos por meio de gravação de voz. Os dados referentes às suas interações no ambiente virtual foram colhidos no próprio *blog*.

4.2. A Proposta de Ensino

Objetivando melhorar a diversidade de práticas pedagógicas utilizadas no ensino de Física, este trabalho apresenta uma proposta de ensino, a partir de aulas diferenciadas, cuja finalidade é facilitar ao aluno a construção de conceitos de Gravitação Universal.

O tema escolhido para a realização dessa proposta trata de conceitos de Física estudados, geralmente no primeiro ano do Ensino Médio (podendo estender-se para todo Ensino Médio), que costuma despertar bastante a curiosidade dos alunos além de estar presente no currículo escolar.

Dessa maneira, foi elaborada uma intervenção que se realizou com alunos de uma escola pública de uma cidade do interior do estado do Ceará, matriculados nos três anos do Ensino Médio no ano de 2016. Ao todo 22 (vinte e dois) estudantes participaram da pesquisa.

A proposta baseou sua metodologia no uso de aulas presenciais expositivas e trabalhos direcionados em um ambiente virtual, o *blog* de estudo de Gravitação Universal, tendo como apoio o material instrucional descrito no próprio *blog*.

As realizações dos encontros presenciais desta proposta ocorreram predominantemente de forma expositiva dialogada instigando a participação e colaboração dos estudantes para que estes pudessem contribuir para as discussões e debates com suas ideias, seja em sala ou no *blog*, na tentativa de torná-los mais ativos e participativos durante a construção de conceitos de Gravitação Universal.

Para os momentos presenciais foram utilizados *slides* (Apêndice B), construídos a partir do material instrucional do *blog* com a finalidade de tornar as aulas um pouco mais interativas.

As primeiras aulas presenciais ocorreram como momentos de orientação dos estudantes para as realizações das atividades no ambiente virtual, as demais serviram para interação sobre tais atividades, momentos oportunos para retirada de dúvidas acerca dos assuntos estudados durante a semana e direcionar ideias àqueles que viriam a ser trabalhados.

Os encontros, denominados de momentos presenciais, foram realizados semanalmente na própria escola, no horário de contra turno de matrícula dos participantes, ocorrendo sempre em encontros de duas aulas consecutivas com duração de 50 (cinquenta) minutos cada e totalizaram 08 (oito) aulas, divididas em 04 (quatro) encontros. A exceção ficou para o último encontro, no qual não foi possível cumprir com o planejamento em apenas duas aulas, havendo a necessidade, portanto, de mais uma. Dessa forma, a proposta foi encerrada com 09 (nove) aulas, divididas em 04 (quatro) encontros.

Na parte inicial de cada aula, foram levantados alguns questionamentos na tentativa de instigar os estudantes a responderem até o final do encontro, a partir de suas observações, discussões e interações ocorridas dentro do momento presencial em questão.

Os momentos virtuais propostos na pesquisa foram 06 (seis) distribuídos em meio aos encontros presenciais e renderam um tempo de estudo para o estudante correspondente ao de, aproximadamente, 09 (nove) aulas de 50 minutos cada. A proposta em sua totalidade deve ter oferecido aos participantes cerca de 15 horas de estudo entre as aulas presenciais e as atividades propostas no *blog*.

Em todas as aulas foram propostas atividades para os estudantes. Na tentativa de promover uma maior participação dos participantes, tais atividades envolviam jogos de caça-palavras e palavras cruzadas, pois costumam ser desafiadoras e, dessa forma, um pouco mais atrativas, exibição de documentário *on-line* e realização de simulações virtuais, que geralmente são consideradas interessantes, e alguns questionamentos direcionados no *blog* para serem comentados no estilo *chat*, onde foi possível observar a interação no ambiente, além das atividades de leitura e produção textual dentro do próprio *blog* e a tradicional resolução de questões nas aulas presenciais.

O professor pesquisador ministra a disciplina de Física para todas as turmas da escola em questão, dessa forma acompanha cada aluno participante desta pesquisa. Para a análise da proposta e da intervenção foram usadas as teorias de Vygotsky sobre a formação de conceitos a partir da interação social como referenciais teóricos, que, ao serem direcionados para Física, buscam a compreensão da construção de conceitos pelo estudante dentro de um campo conceitual.

A seguir está descrita a metodologia utilizada em cada momento educativo.

Momento presencial 01

Tema: Conhecendo a proposta

Número de Aulas: 2 aulas

Objetivos:

- Conhecer a proposta didática em geral com seus assuntos e atividades;
- Operacionalizar o *blog* de estudo de Gravitação Universal, onde estão postadas atividades, informações e dados referentes à proposta, além do material de apoio.

Material Utilizado: *Blog* de estudo de Gravitação Universal

Atividades:

O momento presencial 01 foi iniciado com uma apresentação detalhada da proposta de ensino. Para tanto, foi apresentado o *blog* de estudo de Gravitação Universal, orientando os estudantes a operacionalizá-lo, haja vista todo material utilizado nas aulas estar disponível nele. Os alunos também foram orientados a como proceder para realizarem uma postagem no ambiente, pois a maioria das atividades foram propostas no próprio ambiente e deveriam ser realizadas também nele.

Com a finalidade de verificar o que os alunos esperariam das aulas da proposta, quais anseios motivaram a se inscreverem para participar desta pesquisa, foi solicitado que respondessem aos seguintes questionamentos: **Quais suas expectativas em relação a essas aulas? Você acredita que poderá aprender algo novo a partir dessa proposta? Por quê?**

Nesse encontro, os estudantes foram instigados a compreender que eles são capazes de adquirir novos conhecimentos, dominar conteúdos e melhorar suas habilidades a partir de suas potencialidades e, assim como pensam Boruchovitch e Bzuneck (2009), ajudá-los a motivarem-se a participar ativamente das aulas.

Momento virtual 01

Tema: Concepções sobre o Universo

Número de Aulas: 1 aula

Objetivos:

- Produzir um pequeno texto sobre a formação e estrutura do universo a partir de seus conhecimentos prévios.

Material Utilizado: *Blog* de estudo de Gravitação Universal

Atividades:

No primeiro momento virtual com os participantes, eles foram comunicados que o ponto de partida nos estudos de gravitação é a estrutura do universo, desde as primeiras ideias até as considerações mais atuais. Diante disso, e com o objetivo de conhecer suas concepções prévias acerca do assunto, foi solicitado a eles que realizassem uma pequena produção textual respondendo aos seguintes questionamentos: **De que forma você acha que o universo surgiu? Como os planetas e os outros corpos celestes estão distribuídos e como se movem no espaço sideral?**

Os textos produzidos pelos estudantes deveriam ser postados no *blog* de estudo de Gravitação Universal durante a semana no campo destinado aos comentários, logo abaixo da postagem referente ao momento virtual 01, no horário que eles pudessem disponibilizar para isso, até o início do momento presencial 02, que aconteceu na semana seguinte.

Momento presencial 02

Tema: A origem do mundo

Número de Aulas: 2 aulas

Objetivos:

- Entender algumas das primeiras ideias de mundo;
- Conhecer os modelos de universo propostos por alguns filósofos da Antiguidade e Idade Moderna.

Material Utilizado: Material instrucional de apoio (Apêndices B), capítulos 1 e 2.

Atividades:

Logo no início do momento pedagógico 02, foi realizada, junto aos estudantes, uma breve discussão de seus textos produzidos dando ênfase às considerações feitas por eles mesmos. Na sequência, foram apresentados a eles os capítulos 1 e 2 do material instrucional de apoio (Apêndice B) através de aulas expositivas e dialogadas sempre os instigando a participarem de maneira ativa das discussões e a levantarem questionamentos e argumentações acerca dos assuntos em questão. Para tanto, foram utilizados, como ferramenta de apoio, os *slides* correspondentes disponíveis no apêndice B deste trabalho.

Momento virtual 02

Tema: Visões de mundo

Número de Aulas: 1 aulas

Objetivos:

- Reforçar o estudo realizado no momento presencial 02.

Material Utilizado: *Blog* de estudo de Gravitação Universal

Atividades:

No momento virtual 02, os estudantes foram convidados a resolverem um jogo de palavras cruzadas, elaborado a partir de texto colhido dos capítulos 1 e 2 do material instrucional. Como parte integrante dessa atividade, eles deveriam desvendar o jogo a partir de algumas dicas disponíveis no corpo do texto.

Momento virtual 03

Tema: Galileu e a Astronomia

Número de Aulas: 3 aulas

Objetivos:

- Identificar as contribuições que Galileu Galilei realizou para a Astronomia;
- Aprimorar a capacidade de organização de informações.

Material Utilizado: *Blog* de estudo de Gravitação Universal.

Atividades:

Nesse momento, foi disponibilizado aos estudantes o documentário “Gênios da Ciência: Galileu Galilei”, no *blog*, para que eles pudessem assistir no momento em que acharem oportuno ao longo da semana. Em seguida, foi solicitado a eles que tomassem nota dos momentos que julgarem mais importantes, curiosos, atrativos ou que lhes chamaram mais atenção durante a exibição do vídeo e organizassem tais informações em forma de tópicos e/ou textos. Esse trabalho, assim como os anteriores, devia ser entregue em meio eletrônico (*blog*).

É importante ressaltar que os estudantes foram instruídos a utilizarem o *blog* também para formularem perguntas, caso não tivessem entendido algum assunto abordado no documentário ou precisassem de auxílio ou esclarecimentos sobre qualquer outra atividade proposta nele.

Momento presencial 03

Tema: As visões de mundo Galileu e seu escorregão com os cometas, as observações de Brahe e as leis de Kepler.

Número de Aulas: 2 aulas

Objetivos:

- Perceber que o conhecimento científico é construído a partir de acertos e também de erros;
- Reconhecer o mundo concebido por Brahe a partir de suas observações;
- Reconhecer as leis de Kepler.

Material Utilizado: Material instrucional de apoio (Apêndices B), capítulos 3, 4 e 5.

Atividades:

As atividades do momento presencial 03 iniciaram com uma discussão acerca das atividades desenvolvidas nos momentos virtuais anteriores e prosseguiram com a apresentação dos assuntos presentes nos capítulos 3, 4 e 5 do material instrucional, também com a utilização de *slides*, na forma de aula expositiva e dialogada. Na oportunidade, os estudantes foram questionados sobre a dinâmica de utilização do *blog*, se estavam encontrando alguma dificuldade no acesso, postagem, realização das atividades propostas, etc.

Nesse encontro, os alunos participantes foram direcionados ainda a resolverem uma atividade de associação de informações sobre Galileu (Apêndice C) e um caça palavras (Apêndice D), tendo como apoio recortes de textos dos capítulos do material de apoio estudados na aula.

Momento virtual 04

Tema: Simulando as leis de Kepler

Número de Aulas: 1 aulas

Objetivos:

- Realizar simulações virtuais das leis de Kepler.

Material Utilizado: *Blog* de estudo de Gravitação Universal; *site* do projeto *PhET*².

Atividades:

Nesse momento, foi disponibilizado aos estudantes um simulador encontrado no *site* do projeto PhET, através do qual eles puderam verificar a primeira e segunda lei de Kepler a partir de diversas simulações interativas. Em seguida, eles puderam participar do debate sobre a atividade com comentários no próprio *blog*. Foi enfatizado a importância de seguirem as etapas sugeridas em sua devida ordem.

Após a realização das simulações e das postagens de suas considerações sobre o assunto, eles foram solicitados a responder o seguinte questionamento no *blog*: **A utilização do simulador ajudou na compreensão do assunto estudado em sala de aula? Justifique-se.**

Momento virtual 05

Tema: A história da maçã

Número de Aulas: 2 aulas

Objetivos:

- Perceber que as histórias contadas sobre temas científicos nem sempre são verdadeiras ou aconteceram daquela forma;

Material Utilizado: *Blog* de estudo de Gravitação Universal

Atividades:

² Fundado em 2002 pelo Prêmio Nobel Carl Wieman, o projeto PhET Simulações Interativas da Universidade de Colorado Boulder cria simulações interativas gratuitas de matemática e ciências.

As atividades propostas para esse momento iniciaram solicitando que os estudantes realizassem pesquisas sobre a conhecida “história” que envolve Isaac Newton, a queda de uma maçã e a “descoberta” da gravidade na internet. A seguir, eles deveriam responder a seguinte pergunta: Você acredita que essa história é verdadeira? Ela realmente aconteceu dessa forma? Na sequência, eles foram conduzidos a ler o texto presente no capítulo 6 do material instrucional e novamente responder aos mesmos questionamentos anteriores.

Momento presencial 04

Tema: Newton e a Gravitação Universal.

Número de Aulas: 3 aulas

Objetivos:

- Conhecer algumas contribuições de Newton para a Ciência;
- Conhecer lei da Gravitação Universal;
- Entender a relação do Inverso do Quadrado;
- Aprender como a gravitação age na superfície e no interior da Terra;
- Reconhecer como a gravitação afeta o espaço segundo Einstein.

Material Utilizado: Material instrucional de apoio (Apêndice B), capítulo 6 e 7.

Atividades:

O momento presencial 04 iniciou com a apresentação da Lei da Gravitação Universal formulada por Newton, a partir do tópico 6.2 do material instrucional. Esta aula, assim como as demais presenciais, ocorreu de maneira expositiva e dialogada tendo como material de apoio os *slides* (Apêndice B) elaborados a partir do material instrucional. Como atividade proposta para essa aula, foi sugerido que eles resolvessem a seguinte questão:

1) Quais informações são necessárias para se determinar um valor numérico para a força de atração gravitacional entre a Terra e a Lua? Dispondo de tais informações, qual seria o procedimento para realizar essa tarefa? Você conseguiria desenvolvê-la? Vamos tentar?

Dando continuidade a essa aula, foram apresentados os tópicos 6.3, 6.4 e 6.5 do material instrucional, que tratam respectivamente da lei do inverso do quadrado, da gravitação perto da superfície da Terra e da gravitação no interior da Terra, além do capítulo 7 que fala um pouco sobre a gravitação de acordo com Albert Einstein. As atividades realizadas após esses estudos foram às resoluções das seguintes questões 2, 3 e 4 do apêndice E, da mesma maneira que a questão 1.

As aulas presenciais foram encerradas com uma breve conversa sobre os encontros e orientação da atividade no *blog* a ser realizada durante a semana que viria a servir como instrumento de avaliação da proposta.

Momento virtual 06

Tema: Avaliando a proposta

Número de Aulas: 1 aulas

Objetivos:

- Avaliar a proposta e sua intervenção.

Material Utilizado: *Blog* de estudo de Gravitação Universal

Atividades:

A proposta foi concluída com uma avaliação, sendo esta realizada a partir de conversa com os estudantes acerca das práticas e vivências ocorridas durante todo o curso, sejam nos momentos presenciais ou virtuais. No próprio *blog*, os participantes puderam deixar suas considerações sobre a utilização desta proposta por meio de respostas às seguintes perguntas:

- 1) A dinâmica de realização desta proposta facilitou sua aprendizagem?**
- 2) A alternância entre aulas presenciais e atividades no *blog* contribuiu para que você conseguisse aprender algo mais sobre Gravitação Universal?**
- 3) Como você classifica as atividades dos momentos virtuais?**
- 4) Qual dos momentos virtuais você mais gostou e qual deles você não gostou?**
- 5) O que você achou de estudar Física utilizando recursos da tecnologia da informação como ferramenta de apoio?**

5. IMPLEMENTAÇÃO DA PROPOSTA E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Neste capítulo, estão descritas as investigações e práticas pedagógicas desenvolvidas durante a aplicação da proposta de ensino, assim como os dados levantados em meio à intervenção com os alunos. A seguir, está apresentada uma descrição de cada um dos momentos de intervenção pedagógica expostos no capítulo anterior.

MOMENTO PRESENCIAL 01

Esse encontro foi iniciado com a apresentação da proposta didática, incluindo o cronograma dos momentos presenciais e virtuais. Para o momento, fez-se necessária uma conversa sobre cada assunto a ser tratado ao longo das aulas e atividades propostas para os encontros presenciais e virtuais, assim como dos objetivos a serem alcançados em cada momento.

Para tanto, foi preciso conhecer o ambiente no qual deverão acontecer os debates e interações sobre os assuntos de Gravitação Universal presentes na proposta, o *blog* de estudo. Desta forma, foram apresentadas para os estudantes, de forma detalhada, todas as páginas do *blog* dando ênfase em sua operacionalização.

Os participantes da pesquisa foram instruídos acerca de como navegar pelo ambiente e de que maneira poderiam realizar postagens e comentários, para que, dessa forma, pudessem realizar as atividades propostas para os momentos fora de sala de aula. Eles tiveram a oportunidade de conhecer todas as páginas do *blog*, desde a página de apresentação, passando por aquelas nas quais as atividades ainda não haviam sido postas, até a página destinada ao material instrucional de apoio à proposta.

No instante em que eles tinham conhecimento dos assuntos que seriam trabalhados ao longo dos encontros, através dos textos disponíveis no material de apoio, os estudantes demonstraram certa surpresa por não terem que utilizar o livro didático ou quanto à extensão do material.

“Quer dizer que nós não vamos utilizar o livro didático?” (Aluno 4)

“Vamos ter que ler tudo isso?” (Aluno 6)

Durante a conversa sobre a maneira de como responder as atividades propostas no

blog, os estudantes mostraram-se bastante interessados. Questionaram acerca da possibilidade de utilizarem o celular para acessar o ambiente e de que maneira deveriam proceder para tal.

“Posso acessar o blog pelo celular para fazer as atividades? (Aluno 7)

Após a apresentação da proposta, do *blog*, das orientações de operacionalização e da página do material instrucional, para finalizar o encontro, foi solicitado aos estudantes que respondessem aos seguintes questionamentos, cuja finalidade foi verificar o que eles esperariam dessas aulas, quais anseios motivaram a se inscreverem para participar desta pesquisa: **Quais suas expectativas em relação a essas aulas? Você acredita que poderá aprender algo novo a partir dessa proposta? Por quê?**

Eles dispuseram de dez minutos para essa atividade, onde poderiam respondê-la por escrito e/ou socializar para toda a sala. Todos optaram em responder por escrito. Dos 22 (vinte e dois) participantes, 20 (vinte) socializaram com os demais. Dentre os oito alunos que estiveram sendo acompanhados especificamente, todos participaram. Seguem alguns relatos dos alunos sobre esses questionamentos:

“Minha expectativa é aprender muito mais. Com essas aulas eu vou aprender muito melhor.” (Aluno 8)

“Para aprender esse novo conteúdo é só ter bastante interesse, e será mais fácil também participando do blog.” (Aluno 10)

“Sim, porque parece um conteúdo muito bom e porque irei me dedicar às aulas para ter um bom resultado” (Aluno 19)

“Acredito que vou aprender porque a proposta é ótima.” (Aluno 14)

“Quero aprender um pouco mais desse tipo de assunto da Física e sobre como o mundo veio aparecer... Porque com a proposta que vou ver agora vai ajudar mais nas minhas atividades.” (Aluno 7)

“Eu acredito que ainda tem muito para aprender sobre a gravitação e momentos como este não pode passar em branco.” (Aluno 13)

“Aprender cada vez mais com aulas legais, dinâmicas e importantes. Se interessar muito sobre o que vai ser falado e dar o melhor de mim.” (Aluno15)

“Poder aprender um pouco mais sobre esse assunto que é tão interessante. Espero que essa proposta de aulas e encontros no blog me ajude a aprender sobre

gravitação universal. Pois ela parece ser uma forma bem melhor de estudar do que as aulas normais.” (Aluno 1)

“Espero que essas aulas sejam legais e que eu aprenda muito mais.” (Aluno 6)

“Espero poder dar e receber o melhor, tanto em sala como virtualmente, espero poder aprender, que não seja apenas mais um tipo de aula que você vem e escreve e vai embora sem aprender nada, espero poder questionar e tirar todas as dúvidas que surgir.” (Aluno 3)

“Aprender um conteúdo importante dessa forma mais diferente e interessante... por causa que o método usado chama bastante atenção dos alunos e instiga a curiosidade pelo conteúdo das aulas.” (Aluno 4)

“Minhas expectativas é de poder aprender esse assunto GU, em que acho um assunto muito interessante e importante, pois aborda temas sobre todo o universo; creio que vou ‘absorver’ grandes conhecimentos, mas também quero compartilhar esses conhecimentos com os demais colegas desse curso.” (Aluno 2)

“Esse momento é uma grande oportunidade de conhecer esse assunto de maneira profunda, diferenciada e até mesmo divertida, creio que vou resolver todas as atividades e vou fazer valer esse momento único e gratificante para mim.” (Aluno 11)

MOMENTO VIRTUAL 01

Os estudantes haviam sido comunicados no momento presencial 01 de que o ponto de partida nos estudos de gravitação seria a estrutura do universo, desde as primeiras ideias até as considerações mais atuais. Diante disso, e com o objetivo de conhecer suas concepções prévias acerca do assunto, foi solicitado que realizassem uma pequena produção textual respondendo aos seguintes questionamentos: **De que forma você acha que o universo surgiu? Como os planetas e os outros corpos celestes estão distribuídos e como se movem no espaço sideral?**

É interessante destacar que, em seus comentários, quase todos os estudantes têm uma visão bastante limitada do universo que não difere muito das ideias dos antigos filósofos. Quase todos eles atribuem a criação ou formação do mundo a Deus, assim como era feito na Antiguidade ao direcionar as explicações de quase todos os fenômenos naturais a alguma divindade ou explicação mitológica, além de estarem muito presos à ideia do movimento

circular, da mesma forma que acreditavam os astrônomos até o final do século XVI e início do século XVII.

“Universo e tudo que nele há foi criado por Deus a partir de que ninguém sabe só acredito que foi.” (Comentário anônimo)

“Bom,penso q o univesor criado por causa do big bang,mais tenho minhas dúvidas,pois acho q também foi pelo o deus. Pois acho q està destribuido de forma, onde tenha espaço para q eles se movam,assim de forma em q possam ter um bom movimento,em um circo,pois assim os planetas e os corpos celestres se movimentem entre si.” (Aluno 12)

“Penso q por causa do big bang.E os planetas e os corpos celestes,estão no espaço em circo e se movimentando como uma roda gigante.” (Comentário anônimo)

“Creio que o universo foi criado por Deus, mas também acredito em muitas explicações que a ciência nos mostra diante de estudos... os planetas e corpos celestes estão distribuídos em torno do sol e se movem ao redor dele de forma irregular.” (Aluno 16)

“1)Eu acredito que o universo foi criado por Deus. 2) Os planetas se movem cada um em sua orbita por meio de sua velocidade constante e de sua força gravitacional.” (Aluno 4)

Os números referentes à participação dos estudantes na realização da primeira atividade virtual estão apresentados na tabela 3 a seguir, bem como o total de acessos à página do *blog* e número de comentários realizados:

Tabela 3 – Quantidade de acessos e participação dos estudantes na atividade 01 do *blog* de estudo.

Atividade Virtual 01		
Visualizações		165
Comentários		29
Participação na atividade	Intervenções do professor	6
	Alunos que realizaram a atividade	20
	%	90,1

Fonte: Elaborada pelo autor

Como é possível observar, a participação dos estudantes nessa atividade foi considerada excelente, atingindo um percentual de pouco mais de 90%. Faz-se importante destacar que um participante respondeu aos questionamentos da atividade virtual 01 com um comentário na postagem referente à apresentação do *blog*, aumentando para 21 (vinte e um) o número daqueles alunos que realizaram a atividade, o que totaliza, na verdade, 95,5% de participação.

MOMENTO PRESENCIAL 02

As aulas desse encontro iniciaram com uma breve conversa sobre a atividade 01, proposta no *blog*. Logo no início desse encontro, foi realizada uma breve discussão sobre os textos produzidos pelos estudantes e uma rápida análise desses textos. Em geral, ficou percebido que eles, em sua maioria, carregam considerações muito parecidas com as mesmas ideias dos antigos filósofos sobre a origem e estrutura do universo. Uma visão bastante limitada que se resume a concepções mitológicas para sua formação, quase todos direcionados a Deus, além de um movimento circular das órbitas com velocidades constantes. Esse fato ficou evidenciado para os próprios estudantes no decorrer do encontro, quando lhes foram apresentadas tais ideias.

No que se refere ao formato da atividade, quando foram perguntados sobre as dificuldades de acesso ao ambiente virtual e postagem dos comentários como respostas aos questionamentos realizados na atividade 01, apenas dois participantes afirmaram que não

conseguiram postar suas respostas e solicitaram que fosse realizada uma nova explicação de como proceder para tal. Os demais classificaram o ambiente como atrativo e de fácil acesso e operacionalização. A partir de então, foi realizada uma nova orientação de como realizar um comentário no *blog* para responder a uma determinada postagem.

“Professor, não consegui responder a pergunta. O senhor poderia explicar de novo como faz?” (Aluno 6)

“Eu também não. Quando fui pedir para publicar não deu certo.” (Aluno 4)

“Achei o blog bem legal. É fácil mexer nele. Não tive nenhuma dificuldade.”
(Aluno 1)

“Foi diferente fazer uma atividade da escola assim. Nunca usei nenhuma rede social para fazer trabalho da escola. Achei legal!” (Aluno 12)

Na sequência da aula, foi apresentado o assunto a ser tratado no encontro com a exposição do tema e seus objetivos, ressaltando que todo conteúdo do curso está disponível para eles no *blog*, na página referente ao material de apoio. Nesse momento eles foram questionados se já haviam visitado essa página, e dos 21 (vinte e um) alunos presentes na aula, 18 (dezoito) confirmaram que já tinham visitado essa página, mesmo que de maneira rápida.

Dando continuidade ao encontro, foram apresentados para os estudantes os assuntos presentes nos capítulos 1 e 2 do material instrucional de apoio, com auxílio dos *slides* presentes no apêndice B deste trabalho, através de aulas expositivas e dialogadas sempre instigando a participação ativa das discussões e o levantamento de questionamentos e argumentações.

Nesse encontro, os estudantes foram levados a perceber que o desenvolvimento do conhecimento está fortemente ligado às questões históricas, sociais e culturais de cada época, além de que o desenvolvimento cognitivo de cada um deles não poderá ser compreendido de maneira independente à interação social entre si e entre eles e o professor, como sugere Moreira (1999) sobre as ideias de Vygotsky.

No início das discussões, foram apresentados para eles alguns questionamentos na expectativa de que até o final do encontro fossem respondidos, foram eles: **Você já ouviu falar em modelo planetário? Sabe qual é a diferença entre o modelo geocêntrico e o heliocêntrico? No que se refere a esses dois modelos, seria possível considerarmos um**

modelo planetário que seja geocêntrico e heliocêntrico ao mesmo tempo? Em suas respostas iniciais, apenas quatro alunos se pronunciaram:

“Eu nunca ouvi falar!” (Aluno 8)

“Acho que XX³ – antiga professora de ciências do ensino fundamental – falou sobre isso lá no 18! – 18 de Dezembro, foi a escola que completaram o ensino fundamental II” (Aluno 2)

“Seria um esquema que diz como um planeta funciona?” (Aluno 4)

“Já estudei isso, mas não me lembro mais o que é.” (Aluno 21)

No decorrer do encontro, os estudantes mostraram-se bastante interessados no assunto e realizaram várias participações com comentários e perguntas sobre os assuntos levantados. Eles mesmos conseguiram perceber que alguns dos pensamentos da Antiguidade eram bem parecidos com suas ideias sobre a estrutura do universo e o movimento dos planetas. No momento em que as discussões ocorriam sobre esses modelos de mundo propostos na Antiguidade, foram várias as participações com comentários e perguntas. A seguir estão algumas delas:

“E assim é até hoje!” (Aluno 4)

“Então eu acertei a minha resposta? É assim mesmo?” (Aluno 9)

“Mas quem está na Terra vê o Sol se movimentando. Então eles não poderiam pensar que era a Terra que estava parada e o Sol girando em torno dela?” (Aluno 5)

No final da aula, eles já teriam conseguido responder aos questionamentos iniciais, inclusive o terceiro. Quando perceberam que a concepção de um modelo geocêntrico ou heliocêntrico depende apenas do corpo que é adotado como referencial. Assim, quando o referencial for a Terra, o modelo será geocêntrico, pois todos os outros corpos estariam movimentando-se em torno dela, caso o Sol seja o referencial, o modelo a ser considerado é o heliocêntrico.

“Então é a mesma coisa que acontece com o movimento e repouso! Vai depender de quem é o referencial?” (Aluno 3)

³ Alteração da fala feita pelo autor para não evidenciar dados pessoais.

“Desse jeito nenhum deles pode dizer que estava errado. Apenas estavam usando referenciais diferentes.” (Aluno 16)

Para encerrar esse encontro, os estudantes foram orientados acerca das duas atividades propostas para os encontros virtuais a serem realizados ao longo da semana. Foram apresentados os temas, objetivos e procedimentos que deveriam tomar para responderem o que estava sendo pedido em cada atividade.

Os comentários e respostas durante as duas aulas propostas para esse encontro, além da postura atenciosa dos alunos são fortes indícios da compreensão dos conceitos expostos e possibilitam explorar o conhecimento ou ideias que cada um dos alunos adquiriu a partir dessas aulas. Foi possível observar que a aplicação desse encontro permitiu aos estudantes uma mudança na concepção formada que eles tinham inicialmente da estrutura do universo e ainda permitiu que eles abrissem suas mentes para possíveis alterações no pensamento acerca de assuntos de Física.

MOMENTO VIRTUAL 02

Tendo como tema Visões de mundo e objetivando reforçar os assuntos estudados durante o momento presencial 02, essa atividade propunha que os estudantes resolvessem um jogo de palavras cruzadas, elaborado a partir de texto colhido dos capítulos 1 e 2 do material instrucional de apoio. Para tanto, eles deveriam desvendar o jogo a partir de algumas dicas disponíveis no corpo do texto.

Como é possível observar na tabela 4 a seguir, a participação dos estudantes nessa atividade pode ser considerada muito positiva, foram realizadas 134 (cento e trinta e quatro) visualizações de página nessa atividade, contando com a participação de 19 (dezenove) alunos, o que corresponde a mais de 86% de realização da segunda atividade virtual:

Tabela 4 – Quantidade de acessos e participação dos estudantes na atividade 02 do *blog* de estudo.

Atividade Virtual 02		
Visualizações	134	
Comentários	24	
Participação na atividade	Intervenções do professor	4
	Alunos que realizaram a atividade	19
	%	86,4

Fonte: Elaborada pelo autor

É importante destacar que o professor pesquisador foi também o moderador do *blog*, dessa forma ele tinha a competência para aprovar ou não os comentários realizados em suas postagens, possibilitando assim que as respostas dos estudantes só ficassem disponíveis para a visualização dos demais quando ele julgasse que seria tempo hábil. Dessa forma aconteceu. Na tentativa de evitar simples cópias de respostas, os comentários dessa atividade só foram aprovados pelo professor/moderador depois que mais de 60% dos alunos tivessem participado desse momento da pesquisa.

MOMENTO VIRTUAL 03

O momento virtual 03, que teve como tema Galileu e a Astronomia, objetivou auxiliar os estudantes a identificar as contribuições que Galileu realizou para a Astronomia, além de aprimorar suas capacidades de organizar informações.

Nesse encontro virtual, foi disponibilizado para eles o documentário “Gênios da Ciência: Galileu Galilei”, no *blog*, como forma de postagem, para que eles pudessem assisti-lo ao longo da semana. O documentário é um pouco extenso, o que dificultaria sua exposição em sala de aula. Diante disso, surgiu a preferência em torná-la uma atividade que pudesse ser realizada fora de sala de aula, que o estudante pudesse realizá-la em casa, por exemplo, com um pouco mais de conforto e onde disporia de um tempo maior.

Os estudantes foram orientados, para essa atividade, que tomassem nota dos momentos que julgarem mais importantes, curiosos, atrativos ou que lhes chamaram mais

atenção durante a exibição do vídeo e organizassem tais informações em forma de tópicos e/ou textos. Esse trabalho, assim como os anteriores, deveria ser entregue como comentário em meio eletrônico (*blog*).

É importante ressaltar que os estudantes foram orientados a utilizarem o *blog* também para formularem perguntas, caso não tivessem entendido algum assunto abordado no documentário ou precisassem de auxílio ou esclarecimentos sobre qualquer outra atividade proposta nele. Entretanto, nenhum dentre eles realizou qualquer questionamento, apenas fizeram comentários bastante resumidos sobre suas preferências ao assistiram o vídeo. Seguem alguns relatos:

“Gostei do documentario Fala Sobre Um Pouco Da vida De Galileu Uns Dos Primeiro Cientista Do Mundo . em No Documentario Diz Que Ha Igreja Proibiu Seu Trabalho Mais No Com Um Tempo Foi Aveito Na Sociedade...” (Comentário anônimo)

“Bem interessante o documentário, onde fala da história de Galileu Galilei e suas descobertas e aperfeiçoamento da luneta que, possibilitou analisar o céu e ver muitas coisas que nenhum cientista tinha visto anteriormente inclusive a descoberta de que a lua não teria a testura lisa, uniforme como todos achavam ter, e observou estrelas que não dava para se ver a olho nú, alem de outras observações. Ele também propôs que o modelo heliocêntrico era melhor do que o geocentrismo para explicar a organização dos planetas e como eram distribuídos, mas a igreja questionou seus conhecimentos e proibiu que ele continuasse com esse pensamento já que para a igreja não poderia se questionar a lei de que a terra era o centro do universo, então Galileu como era sábio deixou de mão pois queria continuar vivo, mas suas grandes descobertas contribuiu muito para seus sucessores.” (Aluno 16)

“O documentário fala sobre a vida de Galileu e suas contribuições para uma nova visão sobre o universo. Fala sobre alguns filósofos como Copérnico, Bruno Aristóteles, Ptolomeu... e algumas contribuições para a criação da ciência moderna. Galileu remodelou o telescópio e com isso fez-se a "criação" de uma nova visão e novo pensamento sobre o universo e o movimento dos corpos celestes.” (Aluno 11)

“O documentário e bem interessante, pois fala sobre a vida de Galileu Galilei e suas descobertas e aperfeiçoamentos q ele fez para descobrir algo a mais, o aperfeiçoamento do telescópio contribuiu muito para suas descobertas sobre o

universo, e possibilitou q ele observa-se a lua, onde descobriu q ela nao era como ele achava. Galileu também achava q o heliocentrismo era mais conveniente do q o geocentrismo, o documentário fala também sobre outros filósofos como copérnico, Bruno, Aristóteles, ptomoleu, e como as descobertas desses filósofos contribuiu para as descobertas de Galileu.” (Aluno 12)

“Achei bem legal. gostei muito das vezes que falava das descobertas que Galileu fez com o telescópio. Me chamou mais a tenção quando ele diz que Galileu descobria o que parecia ser impossível. Por exemplo que a Terra se move em torno de seu próprio eixo. Para isso ele fez a experiência do cavaleiro que solta uma bola enquanto galopava um cavalo.” (Aluno 19)

Ao observar a tabela 5, é possível verificar os números que representam a participação dos estudantes na realização da atividade virtual 03:

Tabela 5 – Quantidade de acessos e participação dos estudantes na atividade 03 do *blog* de estudo.

Atividade Virtual 03		
Visualizações		123
Comentários		24
Participação na atividade	Intervenções do professor	2
	Alunos que realizaram a atividade	21
	%	95,5

Fonte: Elaborada pelo autor

Ao todo foram realizados 123 (cento e vinte e três) acessos à página do *blog* em que estava postada a atividade, sendo realizados 24 (vinte e quatro) comentários onde apenas dois deles foram feitos pelo professor. Essa atividade contou com a participação de mais de 95% dos estudantes participantes da pesquisa. Apenas um deles não participou do momento virtual 03.

MOMENTO PRESENCIAL 03

Esse encontro teve, em seu início, uma rápida conversa sobre as atividades virtuais realizadas até o momento. Os estudantes foram questionados acerca das eventuais dificuldades que pudessem estar enfrentando na realização de tais tarefas. Em geral, a maioria afirmou estar indo tudo bem, sem nenhuma dificuldade de operacionalização. Classificaram o ambiente como de fácil acesso e, até mesmo, divertido.

No que se refere às atividades propostas para a semana, as respostas também foram positivas. A única queixa ficou por conta do alto número de atividades que estavam realizando junto às outras disciplinas e, um ou outro, não concluíram algumas das atividades propostas até a data.

“É fácil demais. Não tem como errar.” (Aluno 6)

“Estou achando é bom. As vezes estou no face e abro o blog só para ver se tem algum comentário novo.” (Aluno 2)

“Eu esqueci uma das palavras, a 8 na horizontal, é éter. Vou lá botar depois.” (Aluno 17)

“Gostei muito do documentário. Era grande, mas assisti todo. Uma hora e cinquenta e dois, né?” (Aluno 18)

“Não deu para fazer a atividade 03 ainda. Essa semana está cheia de coisas para fazer. Muito trabalho.” (Aluno 9)

Na sequência, foi apresentado para os 20 (vinte) estudantes presentes o tema, os objetivos e as atividades propostas para a aula. Nesse momento, houve a necessidade de relembrar algumas das ideias discutidas no encontro anterior para poder seguir a linha de raciocínio.

Para iniciar então as discussões desse encontro, foram levantados alguns questionamentos que serviriam de reflexão e, no decorrer da aula, pudessem ser solucionados. Foram eles: **1) É possível mesmo um grande cientista cometer algum erro? E a Ciência erra? 2) Por muito tempo o movimento circular dos planetas foi considerado como inquestionável. Será que o movimento elíptico não era tão óbvio assim? 3) Isso significa que os astrônomos que antecederam Kepler não foram tão bons como ele?**

O primeiro questionamento já foi respondido no momento em que foram apresentados,

os outros dois puderam ser debatidos posteriormente. A seguir, alguns depoimentos dos participantes sobre a pergunta 1:

“Claro que é. Eles também são humanos.” (Aluno 20)

“Eu acho que em cada experiência dele, ele comete um erro.” (Aluno 7)

“Eu acho que podem sim. Errar é normal.” (Aluno 14)

“O homem errar é normal, mas a Ciência é difícil! Por exemplo, quando a gente vai comprar uma coisa, a gente só compra quando é cientificamente comprovado.” (Aluno 3)

“Eu acho que o homem erra, mas a Ciência não erra.” (Aluno 11)

“O homem eu sei que comete erros. Já a Ciência eu não tenho tanta certeza.”
(Aluno 2)

Ficou percebido que os estudantes concordavam com o fato do cientista, homem, cometer algum erro em suas ideias ou estudo, mas a Ciência estaria imune a qualquer erro, afinal a Ciência é a verdade absoluta. Momento oportuno para que fosse levantado um novo questionamento: **O homem pode cometer erros e a Ciência não. Mas, afinal, quem faz a Ciência?** Nesse instante, vários deles responderam: *“o homem”*. E então ninguém mais se pronunciou.

Logo a seguir, foi realizada a apresentação dos assuntos presentes nos capítulos 3, 4 e 5 do material instrucional, também com a utilização de *slides*, na forma de aula expositiva e dialogada, iniciando pelas contribuições de Galileu para a evolução do pensamento científico além de seu escorregão ao analisar o movimento dos cometas.

Nesse momento da aula, os estudantes foram levados a compreender que o conhecimento científico é construído a partir muitos acertos, mas também de alguns erros ao longo da história, que cada estudioso oferece sua contribuição a respeito de determinado assunto em sua época, a partir de seus valores, suas condições, sua sociedade, etc., conseguindo obter respostas para os questionamentos 1 e 3.

Sequencialmente, foi conversado com eles sobre as visões de mundo de Tycho Brahe e as três leis formuladas por Kepler para o movimento dos planetas, utilizando a mesma metodologia já mencionada, com a tentativa da obtenção de respostas para o outro questionamentos.

Os participantes da pesquisa apresentaram algumas dificuldades para responder o

questionamento 2, principalmente, porque ao visualizar uma elipse os estudantes só conseguiam compreender aquelas com excentricidades mais acentuadas. No caso do movimento planetário, o valor da excentricidade é muito pequeno em comparação com sua órbita, o que faz com que a elipse construída por um planeta em órbita seja muito próxima de uma circunferência, fato que muito dificultou o trabalho dos astrônomos que antecederam a Kepler. Da mesma forma, os estudantes não conseguiram visualizar essa diferença.

Esse questionamento só pôde ser melhor respondido após a realização da atividade virtual 04, que propôs uma simulação virtual onde foi possível entender as duas primeiras leis de Kepler.

A parte final do encontro foi realizada com a aplicação de duas atividades, uma relacionada associação de informações sobre Galileu (Apêndice C) e um caça palavras (Apêndice D), que tiveram como apoio recortes de textos dos capítulos do material de apoio estudados na aula.

Para realização desta atividade, a proposta era que eles utilizassem, pelo menos, 20 (vinte) minutos, sendo dez minutos para cada atividade, onde eles poderiam tentar resolver as atividades de maneira individual ou em equipes. Todos os estudantes realizaram as atividades. Apenas dois deles optaram por resolverem sozinhos os demais se agruparam em turmas de dois ou três integrantes. No momento em que eles trabalhavam, expressões como “*teu número 2 ficou associado com qual letra?*”, “*me ajuda na primeira*”, “*tu já terminou*”, “*quantas palavras tu já encontrou*”, apareciam com frequência.

Nesse momento, ficou perceptível o quanto a interação social ajuda na realização de determinada tarefa e contribui para a construção de algum conceito. Foi possível verificar que os processos mentais têm origem em processos sociais, além de que o desenvolvimento cognitivo do ser humano não pode ser entendido sem referência ao meio social, conforme afirmava Moreira (1999) sobre a teoria da interação social de Vygotsky.

Com o tempo se esgotando e o temor de não conseguirem realizar a simulação virtual proposta, alguns estudantes solicitaram que as respostas para as atividades presenciais fossem publicadas no *blog*, no dia seguinte, e os últimos minutos da aula fossem dedicados a algumas orientações para realização da atividade virtual 04.

“Professor, o senhor não poderia postar as respostas das atividades de hoje no blog? Não vai dar tempo. Aí, o senhor aproveita e explica um pouco como fazer a simulação?” (Aluno 17)

A solicitação foi aceita e o encontro foi concluído com as orientações acerca dos procedimentos para a realização da simulação no *site* do *PhET* e posterior resolução das atividades virtuais 04 e 05.

MOMENTO VIRTUAL 04

No momento virtual 04, cujo objetivo principal era proporcionar aos estudantes a oportunidade de verificar, de forma experimental, alguns dos assuntos trabalhados durante as aulas do momento presencial 03, especificamente a primeira e a segunda lei de Kepler, os alunos foram convidados a realizarem algumas simulações virtuais.

Nessa atividade, os estudantes puderam verificar as duas primeiras leis de Kepler, a partir das simulações interativas disponíveis no *site* do projeto *PhET*. Foi disponibilizado para eles uma sequência de etapas que deveriam ser seguidas naquela ordem e eles foram orientados sobre a importância de seguir cada etapa sugerida em sua ordem para que a atividade fosse realizada de maneira correta. As etapas foram as seguintes:

Etapa 1 – Acesse a página do *PhET* para realizar suas simulações a partir do seguinte link: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/gravity-and-orbits

Etapa 2 – Clique no simulador “Gravidade e Órbitas”; ao abrir o simulador, clique no botão *play* e verifique o que acontece. Você consegue perceber que a órbita formada pela Terra em torno do Sol é elíptica e que a velocidade do planeta é variável?

Etapa 3 – Agora, selecione as opções “força da gravidade”, “velocidade”, “caminho” e “grade”. E agora, você consegue perceber as duas leis de Kepler em ação?

Etapa 4 – Ainda com as opções da etapa anterior marcadas, realize simulações envolvendo três corpos, Sol, Terra e Lua e veja o que acontece.

Etapa 5 – Se quiser, você pode realizar várias outras simulações utilizando os demais recursos do aplicativo.

Apesar de terem aparecido alguns problemas para a realização dessa atividade, ela foi considerada uma das mais bem conceituadas pelos alunos. As principais dificuldades enfrentadas na realização desse encontro evidenciaram-se pela necessidade da instalação do aplicativo *JAVA*⁴ no dispositivo onde as simulações seriam feitas. Para tanto, eles foram bem orientados de que bastava seguir as instruções da página de instalação.

⁴ Linguagem de programação e plataforma computacional lançada em 1995. Existem várias aplicações e *sites* que não funcionam sem que o *JAVA* esteja instalado. Gratuito, rápido, seguro e confiável.

— “*não consegui abrir a simulação*”. (Comentário anônimo)

— “*É possível que em seu computador não tenha o JAVA instalado, mas isso não é um problema. Para instalá-lo é bem simples e rápido, basta seguir as orientações passo a passo. Tente novamente, por favor. Abraço.*” (Professor)

Como nenhum dos estudantes dispunha de um aparelho celular que comportasse tal aplicativo, essa foi a única atividade virtual que eles não puderam realizar através de seus dispositivos móveis. Alguns deles instalaram o *JAVA* em seus computadores pessoais e outros recorreram à escola, *sibers* ou ajuda de outros colegas.

Na tabela 6 são apresentadas algumas informações sobre a realização do momento virtual 04:

Tabela 6 – Quantidade de acessos e participação dos estudantes na atividade 04 do *blog* de estudo.

Atividade Virtual 04		
Visualizações		109
Comentários		33
Participação na atividade	Intervenções do professor	4
	Alunos que realizaram a atividade	20
	%	90,1

Fonte: Elaborada pelo autor

Como é possível verificar, o momento virtual 04 contou com ótima participação dos estudantes: ao todo foram 33 (trinta e três) comentários e 109 (cento e nove) acessos à atividade, apenas 4 (quatro) intervenções do professor o que rendeu uma participação de 20 (vinte), dos 22 (vinte e dois) que compunham a turma da proposta.

Os questionamentos realizados aos alunos nessa atividade foram os seguintes: **1) Em qual etapa da simulação você conseguiu observar a ação das duas primeiras leis de Kepler? Etapa 2, 3, 4 ou em nenhuma? Vamos debater um pouco com seus colegas e, depois disso, responda a questão 2 a seguir. 2) A utilização do simulador ajudou na**

compreensão do assunto estudado em sala de aula? Justifique-se. Algumas considerações dos estudantes sobre a atividade virtual 04 estão descritas a seguir:

“na etapa 3 dá pra perceber que a trajetória não é uma circunferência quando marca caminho e e grade e na etapa 4 dá pra ver que a seta da velocidade da lua aumena e diminue, ou seja, a velocidade varia. O simulador me ajudou demais. Adorei. Achei bastante divertido.” (Aluno 2)

“1) Na etapa 4: quando marca o caminho da pra ver que não é uma circunferência perfeita, mas a velocidade parece constante.” (Aluno 20)

“Se vc aumenta o tamanho do sole da terra e marcar velocidade e caminho dápra perceber as duas leis.” (Aluno 18)

“Na etapa 2, percebi que a terra começou a girar em torno do sol de maneira mais rápida ao se aproximar dele e de maneira lenta ao afastar-se. Depois de certo tempo começou a girar em arcos desiguais. Sim ajudou bastante n compreensão.” (Aluno 16)

“Deu pra analisar na etapa 2 porque a lua ficava rápida e de vagar .foi incrível ...e ajudou muito esse simulador .foi uma maneira uivo criativa e muito bem escolhida e pensada” (Comentário anônimo)

“1) Só pude perceber que a velocidade é variável e que o movimento do planeta é elíptico quando fiz ooutras simulações, ou seja, na etapa 5. Somente quando deixei marcado os itens velocidade e caminho e aumentei as massas do sol eda terra. 2) Ajudou, pois foi quando tive a percepção da explicação de sala de aula. Foi quando eu vi na prática o que foi explicado na escola. Foi massa!” (Aluno 1)

MOMENTO VIRTUAL 05

O momento virtual 05 teve como foco o estudo da conhecida história sobre a queda da maçã e a “descoberta” da gravidade por Newton, tendo como objetivo auxiliar os estudantes a perceberem que as histórias contadas sobre temas científicos nem sempre são verdadeiras ou aconteceram daquela forma.

Como atividade proposta para esse momento, os estudantes foram convidados a realizar pesquisas na internet sobre a conhecida história que envolve Isaac Newton, a queda de uma maçã e a “descoberta” da gravidade para verificar a veracidade dessa história. Para

isso, eles deveriam seguir algumas etapas:

Etapa 1 – Aproveitando que você está navegando na internet, pesquise sobre a conhecida história que envolve Isaac Newton, a queda de uma maçã e a descoberta da gravidade. Se você pesquisar bem, é possível que encontre algumas versões diferentes para ela, entretanto, que sempre atribuem a descoberta da gravidade à queda da maçã.

Etapa 2 – Você acredita que essa história é verdadeira? Ela realmente aconteceu? Responda no campo destinado aos comentários.

Etapa 3 – Depois de dar sua resposta, leia o texto presente no capítulo 6 do material instrucional, disponível na página [Material de apoio](#).

Etapa 4 – Novamente responda aos questionamentos da etapa 2. Alguma coisa mudou em sua opinião inicial? Deixe suas considerações nos comentários da postagem.

Conforme é possível observar na tabela 7, a participação dos estudantes nessa atividade também pode ser considerada boa. Apesar de esse ter sido o momento presencial que contou com menor participação, 18 (dezoito) estudantes realizaram a atividade, contabilizando mais de 80% de participação dentre os integrantes da turma.

Tabela 7 – Quantidade de acessos e participação dos estudantes na atividade 05 do *blog* de estudo.

Atividade Virtual 05		
Visualizações		78
Comentários		26
Participação na atividade	Intervenções do professor	2
	Alunos que realizaram a atividade	18
	%	81,8

Fonte: Elaborada pelo autor

Algumas considerações dos estudantes sobre a história da maçã estão descritas a seguir:

“Acredito que aconteceu. Já ouvi várias vezes... De acordo com o texto não dá para ter certeza se aconteceu ou não. Então prefiro acreditar que sim. Rsrprs” (Aluno

22)

“acredito qu aconteceu sim. Pode não ter sido como contam mas acredito. Porque que alguém ia inventar isso? Depois de ler o texto, já não tenho tanta certeza se a história aconteceu. Pois não existe prova concreta disso.” (Aluno 1)

“Acredito que não. Depois de ler o texto tive certeza que não aconteceu mesmo.” (Aluno 20)

“Acho q ele viu a maçã a caindo e começou questionar e quis descobrir por que ela caio sobre a terra.” (Aluno18)

“Não, eu acho que ele já vinha estudando a gravitação e suas funções, porque qualquer coisa ao ser jogada ou que caia sempre iria em direção ao chão e ele com certeza já sabia disso, mas a maçã pode ter ajudado ele de alguma forma. Eu continuo com a mesma opinião sobre a pergunta.” (Aluno 13)

“Etapa01:Eu acredito parcialmente na historia da maçã. Etapa02: Eu acredito que ele viu a maçã cair e depois de vários estudos ele chegou a descoberta da gravidade.” (Comentário anônimo)

MOMENTO PRESENCIAL 04

As aulas desse encontro tiveram início com uma breve conversa sobre as atividades virtuais propostas para a semana anterior, primeiramente em relação à atividade 04, referente à simulação das duas primeiras leis de Kepler. Alguns estudantes queixaram-se de não poder responder aos questionamentos de tal atividade por não conseguirem acessar o simulador.

“Professor, o senhor poderia me ajudar com a atividade 04 do blog? Não consegui acessar o simulador. Por isso não respondi ainda.” (Aluno 3)

“Também não consegui. A página não abre de jeito nenhum.” (Aluno 12)

Diante da solicitação dos estudantes, foi realizada uma nova orientação, passo a passo de como proceder para ter acesso ao simulador. Nesse momento, inclusive, um dos alunos que já tinha realizado a atividade e havia encontrado o mesmo problema dos colegas, ajudou.

“Eu estava com esse mesmo problema, mas é só porque o JAVA não estava instalado no meu computador. Mas é fácil instalar. É só ir seguindo as instruções que

ele mesmo dá. É rapidinho.” (Aluno 7)

Na sequência, foi conversado um pouco sobre as considerações de alguns participantes sobre a atividade virtual 05, referente à história de Newton e a queda da maçã. Alguns estudantes que não tinham realizado ainda a atividade, afirmaram que já ouviram falar de tal história e que acreditavam que ela havia acontecido realmente, e solicitaram mais uns dias para realizarem tal atividade. Outros que já tinham feito a tarefa, disseram que não tiveram dificuldades para realizá-la.

“Eu fiz a atividade da simulação, mas não tive tempo para a da história da maçã, professor. Posso fazer ainda nessa semana?” (Aluno 13)

“Achei fácil! Tem muita versão da história na internet e o texto do blog é bem legal.” (Aluno 1)

Em seguida, foi dada continuidade aos trabalhos com a apresentação do tema e dos objetivos das aulas desse encontro presencial, com posterior levantamento dos seguintes questionamentos que deveriam ser respondidos no decorrer das aulas: **Se a gravitação é mesmo universal, isso quer dizer que todo corpo atrai outro corpo, certo? Se isso é verdade, então por que nós não estamos nos atraindo e sendo puxados uns nas direções dos outros? Ou será que estamos e não estamos percebendo?**

As aulas desse encontro também foram realizadas seguindo o mesmo procedimento metodológico das anteriores, ou seja, foram realizadas de maneira expositiva e dialogada de forma a instigar os estudantes a participarem de maneira mais ativa e interativa das discussões. Além disso, teve como base o material de apoio disponível no *blog*, sendo este apresentado de maneira resumida no formato de *slides*. Todos os participantes estiveram presentes nesse encontro.

No momento em que foram realizados os questionamentos iniciais, os estudantes mostraram-se bastante interessados no assunto, respondendo, de imediato, a quase todos eles. Seguem alguns relatos:

“Certo! Universal não é porque está presente em todo o universo?” (Aluno 3)

“Sim. Tudo o que está no universo, está sob ação da gravidade.” (Aluno 6)

“Porque talvez a força gravitacional exercida não seja suficiente para atrair outro corpo.” (Aluno 4)

“Porque a força gravitacional é uma força bastante fraca.” (Aluno 18)

Na sequência da aula, foram apresentados os assuntos presentes nos capítulos 6.2, 6.3, 6.4 e 6.5 do material de apoio do *blog*, na tentativa de ajudar os estudantes a responderem esses questionamentos.

Ao citar a universalidade da gravitação, foi relatado um pouco sobre a terceira lei do movimento de Newton, momento oportuno para relembrar as outras duas leis e apresentar a lei da gravitação universal, com sua equação matemática e suas variáveis.

Após essa discussão, foi entregue para cada participante algumas questões que deveriam ser resolvidas durante a aula (Apêndice E), iniciando pela questão 1 a ser respondida em conjunto naquele exato momento. As demais questões ficariam para outra parte da aula.

O início da resolução da questão 1 foi realizada em conjunto por todos os estudantes e o desenvolvimento matemático, ficaria para resolução em equipes de até três pessoas. O processo de resolução dessa questão ocorreu da seguinte forma:

— *Quais informações são necessárias para se determinar um valor numérico para a força de atração gravitacional entre a Terra e a Lua?* (Professor)

— *Massa da Terra, massa da Lua e a distância entre os dois.* (Aluno 3)

— *Quer dizer que só essas informações são suficientes?* (Professor)

— *Não. Precisa também da constante G, mas nós já sabemos o valor.*

(Aluno1)

— *Dispondo de tais informações, qual seria o procedimento para realizar essa tarefa?* (Professor)

— *Nós vamos precisar usar a fórmula da lei da gravitação de Newton.* (Aluno 19)

— *É só substituir as letras pelos valores e resolver a conta, não é?* (Aluno 21)

— *O difícil vai ser saber resolver.* (Aluno 17)

— *Você conseguiria desenvolvê-la? Vamos tentar?* (Professor)

— *Tentar, vamos. Conseguir é que é difícil.* (Aluno 14)

— *Acho que dá.* (Aluno 1)

Nesse momento, foram disponibilizados os dados referentes às massas da Terra e da

Lua aos estudantes, além do valor aproximado da distância entre elas e solicitado a eles que tentassem resolver a questão. Para tanto, eles poderiam utilizar de equipes de até três alunos para, a partir da interação entre si, facilitar na construção do conhecimento.

É interessante ressaltar que todos participaram de tal atividade. Todos eles, de alguma forma, envolveram-se na resolução dessa questão, mesmo aqueles que, normalmente, não se envolviam nas atividades propostas nas aulas regulares. Durante essa atividade, a falta do conhecimento não foi desculpa para a não realização do trabalho, fato bastante comum durante as aulas, ditas, normais.

Outro ponto a se destacar, foi a necessidade de revisar alguns assuntos de matemática necessários para a resolução da questão. Como os valores utilizados eram muito grandes, no caso das dimensões dos planetas, e muito pequena, referente à constante G , eles foram apresentados em notação em potência de base 10. Dessa forma, seria importante que eles relembassem de algumas propriedades da potenciação para ajudar na realização de tal atividade. Todos eles conseguiram compreender bem os conceitos da lei da gravitação e até montaram o esquema de maneira correta para a resolução, mas todos enfrentaram essa dificuldade. Diante disso, apareceram as seguintes solicitações:

“Professor! Olha aqui se está montado correto!” (Aluno 9)

“Deu certo, mas não estou conseguindo resolver com essas potências.” (Aluno 11)

“Essas potências estão complicando. Como vamos resolver? Existe alguma forma mais fácil” (Aluno 1)

“Pronto! Agora não saio daqui.” (Aluno 4)

“Professor, nos ajude a partir daqui.” (Aluno 7)

Após a explicação dos procedimentos matemáticos, os estudantes puderam concluir a atividade. Alguns utilizando apenas seus conhecimentos acumulados e outros necessitando da utilização da calculadora, em função de outra dificuldade que apareceu, a multiplicação e divisão de números decimais. Como o tempo não era propício para uma nova revisão de assuntos matemáticos, foi preferido autorizar a utilização deste recurso para aqueles que tinham dificuldades.

Ao final da resolução dessa questão, os estudantes puderam perceber que a força gravitacional é proporcional ao produto da massa dos corpos envolvidos. Como a Terra e a

Lua têm massas muito grandes, a força gravitacional entre elas é enorme, fato contrário à força de atração entre duas pessoas, que possuem massas pequenas e, conseqüentemente, a força que age entre elas também é muito pequena, insuficiente para vencer as outras forças dissipativas existentes, como, por exemplo, o atrito e a resistência do ar. Motivo pelo qual nós não estamos sendo arrastados uns nas direções dos outros. Dessa forma, conseguiram responder aos questionamentos iniciais da aula.

Dando seqüência à aula, foi apresentada para eles a relação da força com a distância entre os corpos a partir da lei do inverso do quadrado. Durante a exposição desse assunto, foram utilizados os exemplos sugeridos no material de apoio do *blog*. Nesse momento, também aconteceram intervenções positivas da parte dos alunos que facilitaram a construção do conhecimento. Um deles foi o seguinte:

“Ah... é a mesma coisa que acontece com a pintura de um portão. Quando o pintor joga a tinta no portão com a pistola mais de perto, a cor fica mais grossa e mais forte, e quando ele joga mais de longe, a cor fica mais fina e mais fraca” (Aluno 4)

Em seguida, as discussões envolveram os assuntos de gravitação perto da superfície da Terra, com ênfase nos valores da aceleração da gravidade à medida que se distância dessa superfície, e da gravitação no interior da Terra. Esses temas também contaram com boa participação dos estudantes e foram fortalecidos com as resoluções das outras três questões sugeridas no apêndice E, da mesma maneira que a questão 1, a partir de equipes com interação mútua entre eles. Mais uma vez, todos participaram e as dificuldades enfrentadas foram as mesmas da questão anterior, principalmente na questão 4, cálculos de multiplicação e divisão de números racionais. As outras questões não ofereceram dificuldades para os estudantes em resolvê-las.

O encontro presencial 04 foi encerrado com uma rápida conversa sobre a atividade virtual 06, que deveria ser realizada na semana seguinte e consta de algumas questões que serviriam de avaliação da proposta de ensino aplicada com os estudantes. O momento final da aula foi propício para conversar rapidamente com eles e colher algumas considerações sobre os encontros presenciais. Seguem alguns relatos a respeito:

“Eu gostei de todos. Foram bem mais dinâmicos que as aulas normais.”

(Aluno 10)

“Foram muito bons. Quando me inscrevi para participar, achava que seria uma ótima oportunidade de aumentar meus conhecimentos, mas não imaginava que seria tão bom.” (Aluno 2)

“Eu também gostei. Consegui aprender bastante.” (Aluno 6)

“Achei bom porque eu consegui aprender mais do que nas aulas normais.”

(Aluno 8)

“Foi um experiência muito boa. As aulas ficaram bem mais interessantes e prazerosas. Parabéns.” (Aluno 1)

“Foi bom. As aulas me proporcionaram uma oportunidade de aprender coisas novas de uma maneira mais dinâmica. Aprendi até a resolver uma fórmula.” (Aluno 19)

Faz-se importante destacar que duas aulas consecutivas, que inicialmente estariam propostas, para esse encontro não seriam suficientes para a realização completa de todas as atividades, sendo assim, foram necessárias três aulas de cinquenta minutos cada. Outro ponto que chamou atenção foi o fato de nenhum dos participantes reclamar da duração da aula ou pedir para encerrar ou sair do encontro, fato completamente comum em aulas regulares quando o período é excedido.

Em todos os momentos presentes nessa proposta foi tomado o devido cuidado com a preocupação na utilização de um material de apoio de qualidade no que se refere aos assuntos de História da Ciência. Tal cuidado se deu tanto na elaboração quanto na utilização dos textos que compõem a proposta de ensino aplicada nesta pesquisa sobre o assunto.

Outro ponto a se destacar é o fato de que quando se almeja avaliar o processo de interação e participação dos estudantes, é fundamental que as atividades em sala de aula possam favorecer o seu envolvimento. Desta forma, as aulas e as atividades propostas foram elaboradas mediante os referenciais teóricos da pesquisa, assim como as problematizações e temáticas que se busca investigar sempre visando promover a manifestação dos alunos em discussões e debates.

MOMENTO VIRTUAL 06

O objetivo do momento virtual 06 foi simplesmente realizar uma avaliação da

proposta junto aos participantes da pesquisa. Nessa busca, foi solicitado a eles que respondessem a cinco perguntas de caráter discursivo, no *blog*, relacionadas à referida proposta de ensino. As perguntas foram as seguintes:

- 1) A dinâmica de realização desta proposta facilitou sua aprendizagem?
- 2) A alternância entre aulas presenciais e atividades no *blog* contribuiu para que você conseguisse aprender algo mais sobre Gravitação Universal?
- 3) Como você classifica as atividades dos momentos virtuais?
- 4) Qual dos momentos virtuais você mais gostou e qual deles você não gostou?
- 5) O que você achou de estudar Física utilizando recursos de informática como ferramenta de apoio?

Diante das respostas dos estudantes, foi possível caracterizar que essa proposta de ensino ocorreu de maneira bastante produtiva e interessante, conseguindo facilitar sua aprendizagem, e podendo contribuir para que os estudantes aprendessem algo novo sobre Gravitação Universal.

Como é possível verificar na tabela 8, 100% dos estudantes participaram do momento virtual 06, portanto todos eles realizaram suas avaliações. Eles classificaram as aulas presenciais como interessantes e atrativas, diferentemente das aulas regulares de Física, os momentos presenciais como dinâmicos, prazerosos e divertidos, e a interação entre os momentos presenciais e virtuais como importante para a construção dos conceitos de Gravitação Universal.

Tabela 8 – Quantidade de acessos e participação dos estudantes na atividade 06 do *blog* de estudo.

Atividade Virtual 06		
Visualizações		64
Comentários		23
Participação na atividade	Intervenções do professor	1
	Alunos que realizaram a atividade	22
	%	100

Fonte: Elaborada pelo autor

Seguem alguns relatos:

“1)Sim.foi muito bom , prazerosa.2. Sim pois não ficou aquela coisa chata de estudar por obrigação .ficou dinâmico e gostoso de se estudar.3. Foram Boas criativas .e usamos o que mais gostamos O CELULAR 4.A 4º Pois deu pra observar a lua se movimentando e o movimento e velocidade dos mesmos.doi uma coisa mágica não sei bem explicar foi maravilhoso.5.foi ótimo porque uma matéria considerada difícil para muitos inclusive eu que com a utilidade do celular ,Internet. ,se tornou uma coisa simples fácil e prazerosa de se estudar e de querer aprender mais.foi maravilhoso” (Comentário anônimo)

“1)Sim. Não sabia quase nada sobre gravitação universal, já agora tenho bastante conhecimento sobre o assunto. Compreendi assunto de maneira muito proveitosa.

2) Sim, pois a alternância proporcionou o melhor entendimento do conteúdo, e facilitou para que nós não ficássemos cansados. Assim os encontros foram bem proveitosos e os momentos virtuais também. 3)Foi bom. Os momentos virtuais facilitou as resoluções das atividades com o material de apoio. 4)Gostei de quase todos, exceto a da simulação da atividade 04, só pelo fato de dar mais trabalho (rsrsrs), Mas foi bem interessante. 5)Foi muito bom. Facilitou o aprendizado e a 'gravar' na mente os conteúdos. Esses encontros foram muito gratificante.” (Aluno 11)

“1 – Sim porque ela possibilita uma boa interação entre todos os participantes. Acho que todas as escolas deveriam adaptar um modelo de estudo igual; 2 – sim porque me possibilitou ter fácil acesso ao material didático; 3 – Boas, de fácil acesso, de boa qualidade. O blog dispõe de ótimo material e de fontes seguras; 4 – Gostei de todas elas mais o filme usado na terceira questão me chamou mais atenção; 5 – Achei muito interessante pois possibilita um fácil acesso as informações didáticas, e possibilita um fácil contato com os colegas e com o professor.” (Comentário anônimo)

“1)Facilitou, pois compreendi bem as aulas, com o material de apoio, ajudou bastante. Facilitou, pois a gente lembrava(algumas dúvidas);é um assunto interessante e que tenho curiosidade. 2)Sim, o material de apoio ajudou, como já havia dito, aprendi nas aulas e com as atividades do blog, complementou. 3)São boas, pois não foram difíceis(nível medio). 4)Foram boas. Algumas difíceis, pois a Internet

não ajudou. 5)Foi bem proveitoso.” (Aluno 5)

“1)Sim pos proporcionou uma coisa novar elegau 2)sim pos eumacosa deferenter e chamado a atemsal dos alunos 3)levas e mais atrativos 4)eu gostei de todos foi maravilhoso elegau 5)muito legou eimteresante e mais atraemter.” (Aluno 6)

“1)Sim porque proporciona aos alunos aulas divertidas descontraídas,e comum ótimo material de apoio. 2)Sim porque proporciona ao aluno um fácil aceso ao conteúdo e uma boa interatividade com os alunos. 3)nota 10 porque facilita o acesso ao conteúdo. 4)Eu gostei mais do filme gostei de todos os momentos. 5)Eu achei muito legal eu acho que todas as escolas deveriam ter um projeto como esse.” (Aluno 4)

“1) Facilitou sim. Foi interessante essa proposta diferenciada envolvendo aulas em sala e atividades de interação no blog. 2) Como eu disse na questão anterior, foi interessante pois permitiu pra gente ter um maior tempo para estudar porque além das aulas tinham as atividades no blog e dessa forma uma maior quantidade de conteúdo. Como o conteúdo era interessante, pude estudar um pouco mais e aprender coisas novas sobre Gravitação Universal. 3) Foram muito dinâmicas e interessantes. Principalmente por que tinha o material de apoio que orientava as atividades com muita informação. 4) Gostei de todos, mas o que me chamou mais atenção foi a atividade 4 (a simulação) porque com ela podemos perceber na prática o que tinha sido estudado na sala. 5) Achei muito divertido, dinâmico e inovador.” (Aluno 1)

Ficou evidenciado que vários estudantes, ao participarem das discussões no *blog*, preferiram manter o anonimato nesse encontro, bem como em outros. Em diversas situações, eles postaram comentários sem informarem seus nomes e mesmo depois do professor convidá-los a se identificarem para melhorar o debate, eles não o fizeram. Talvez por não acharem que suas considerações fossem importantes ou pelo simples fato de optarem em não se expor, preferiram adotar essa postura que foi respeitada por todos os envolvidos.

Faz-se importante destacar que a proposta teve duração de um mês (31 dias), do dia 17 de agosto até 17 de setembro de 2016. Dessa forma, todos os dados presentes nas tabelas descritas neste capítulo são alusivos a esse período, exceto três comentários que foram postados pelos alunos após o dia 17/09/2016. Foram justamente os estudantes que não haviam

realizado a avaliação da proposta na atividade 06, sendo um dia 18/09 e dois dia 20/09.

Outro ponto importante de se analisar é que o número de visualizações às atividades propostas no *blog* é maior nas primeiras e vai diminuindo gradativamente até a última, situação facilmente justificada pelo fato de que elas eram disponibilizadas para os participantes uma de cada vez ao longo das semanas em que a proposta estava sendo realizada. Dessa forma, esses dados não podem ser usado como parâmetro para avaliar quais atividades poderiam ser consideradas mais atrativas ou menos atrativas aos estudantes somente pelo seu número de acessos. É completamente normal e natural que aquelas atividades que passaram mais tempo disponíveis para eles (as atividades dos primeiros momentos virtuais) tenham um número maior de visualizações do que as que foram postadas depois.

Na tabela 9 são mostrados os dados referentes às visualizações e comentário no *blog* durante o período de realização da proposta:

Tabela 9 – Quantidade de acessos ao *blog* de estudo.

Dados gerais		
Total de acessos		1459
Total de comentários		163
Média de acessos	Por semana	354,8
	Por dia	45,8

Fonte: Elaborada pelo autor

No total, foram 163 (cento e sessenta e três) comentários, com 1459 (mil quatrocentos e cinquenta e nove) visualizações, computando uma média de mais de 354 (trezentos e cinquenta e quatro) visitas por semana e mais de 45 (quarenta e cinco) por dia. Os dados da tabela 8 incluem 60 (sessenta) acessos à postagem de apresentação do *blog*, tendo essa postagem recebido também 3 (três) comentários, 11 (onze) visualizações à postagem sobre a solução da atividade do caça palavras e 10 (dez) acessos e 1 (um) comentário na postagem da solução da atividade de associação de informações sobre Galileu, ambas propostas no encontro presencial 03, além de 148 (cento e quarenta e oito) acessos à página do material de apoio, comprovando que eles tiveram a oportunidade de aproveitarem bem os textos disponibilizados para auxiliar nos estudos.

Caracterização dos estudantes escolhidos para acompanhamento e mudanças de atitude

Para compreender e avaliar os oito alunos selecionados para o acompanhamento, será apresentada a caracterização em relação às suas atitudes nas aulas, rendimento escolar no semestre anterior a execução da proposta, e ainda as dificuldades apresentadas em relação à aprendizagem de assuntos de Física. Serão destacadas também as mudanças de atitude mais significativas e que provocaram avanços direcionados à superação das dificuldades individuais de cada estudante.

ALUNO 1

Características: A característica principal desse aluno é a participação e o questionamento durante as aulas. Sempre interage com a aula, perguntando ou exemplificando situações do dia a dia que estejam relacionadas com o assunto trabalhado durante as aulas. É um aluno que apresenta boa compreensão dos conteúdos de Física, está sempre em dia com as atividades propostas e trabalhos direcionados, além de apresentar uma excelente frequência e pontualidade.

Rendimento escolar: Satisfatório.

Dificuldades: Não apresenta dificuldades relevantes.

Mudanças de atitude: O estudante manteve seu caráter questionador e participativo nas aulas, aumentando um pouco sua interação com os assuntos abordados. A proposta lhe pareceu atrativa e motivacional.

ALUNO 2

Características: Aluno que se caracteriza por sempre buscar a compreensão do conceito em sua forma completa. Tem bom entendimento acerca das aplicações cotidianas dos conteúdos. É um aluno com caráter questionador e sempre está atento às aulas, compreende bem as discussões teóricas, entrega todos os trabalhos em tempo hábil e sempre está presente nas aulas.

Rendimento escolar: Satisfatório.

Dificuldades: Não apresenta dificuldades relevantes.

Mudanças de atitude: O aluno permaneceu com seu caráter responsável, questionador e apresentou uma excelente participação durante toda a proposta. Considerou atrativas, motivacionais e interessantes as atividades propostas.

ALUNO 3

Características: Aluno com características de ser estudioso e interessado nos assuntos trabalhados em sala. Apresenta um comportamento passivo em relação à participação durante os momentos de aula, contribuindo com as discussões apenas quando é questionada pelo professor. Nem sempre realiza as atividades propostas e falta nas aulas esporadicamente.

Rendimento escolar: Intermediário.

Dificuldades: Apresenta dificuldades na compreensão das definições teóricas do conceito em alguns assuntos de Física e de suas aplicações em várias situações.

Mudanças de atitude: Aluno manteve seu caráter estudioso e interessado, entretanto apresentou um comportamento participativo bem mais efetivo do que o de costume. Esteve presente em todas as aulas presenciais e entregou quase todas as atividades virtuais propostas em tempo hábil, exceto a do simulador que teve problemas de acesso.

ALUNO 4

Características: Aluno interessado, apesar de pouco participativo, que, às vezes, realiza questionamentos interessantes. Costuma realizar quase todos os trabalhos, mesmo entregando um ou outro fora do prazo estipulado. Tem frequência boa em sala de aula.

Rendimento escolar: Intermediário.

Dificuldades: Apresenta características de inquietação, com dificuldades em se concentrar nas aulas. Mostra-se confuso em relação a alguns conceitos de Física.

Mudanças de atitude: Manteve seus questionamentos interessantes e aumentou sua participação nas aulas presenciais com considerações pontuais bastante pertinentes. Participou de todos os encontros com mais concentração e menos conversa paralela e realizou quase todos os trabalhos em tempo hábil, o que ajudou numa boa compreensão dos assuntos estudados.

ALUNO 5

Características: Aluno estudioso e interessado, boa frequência nas aulas e sempre cumpre com os prazos na entrega de trabalhos e realiza as atividades propostas em sala. Contudo,

apresenta características de dispersão durante as aulas. Não participa dos debates, a não ser que seja questionado. Por várias vezes se desconcentra e não presta atenção na explicação do professor.

Rendimento escolar: Intermediário.

Dificuldades: Apresenta dificuldades em se concentrar, não consegue compreender a maioria dos conceitos em assuntos de Física.

Mudanças de atitude: Manteve suas características de responsabilidade e melhorou no que tange à desatenção. Conseguiu manter-se mais concentrado nas aulas além de realizar participações nos debates com uma intensidade maior do que o de costume. Permitiu perceber que a compreensão dos assuntos estudados foi boa.

ALUNO 6

Características: Apresenta características de hiperatividade. Não consegue se concentrar na aula e se dispersa com muita facilidade. Tem boa frequência nas aulas, mas pouca participação. Nem quando é convidado às discussões participa. Dificilmente realiza uma atividade de sala e quase nunca entrega um trabalho proposto para casa.

Rendimento escolar: Insuficiente.

Dificuldades: Apresenta sérias dificuldades tanto na compreensão do termo teórico do conceito como em suas relações práticas.

Mudanças de atitude: Melhorou sua concentração na aula ao ponto que diminuiu sua inquietação em sala. Esteve presente em todos os encontros presenciais com participações nas discussões, inclusive realizando as atividades propostas, além de ter entregue a maioria dos trabalhos virtuais. A partir das observações sobre as participações do aluno, foi possível perceber que ele obteve um crescimento considerável de conhecimentos científicos em relação às aulas regulares.

ALUNO 7

Características: Aluno com altas taxas de infrequência. Quando presente em sala, pouco participa. Realiza a maioria das atividades de sala e quase nenhuma das destinadas para casa. Apático e pouco participativo nas discussões e dinâmicas da sala.

Rendimento escolar: Insuficiente.

Dificuldades: Apresenta dificuldades de relacionamento e não consegue compreender o conteúdo trabalhado nas aulas de Física.

Mudanças de atitude: Aluno melhorou consideravelmente em todos os aspectos. Fez-se presente em todos os encontros presenciais. Participou das discussões com perguntas e comentários pertinentes, realizou todas as atividades propostas, sejam em sala ou no *blog* dentro dos prazos estabelecidos. Mostrou que obteve excelente aprendizagem no que se refere aos conteúdos científicos trabalhados.

ALUNO 8

Características: Aluno com características relevantes de apatia e desmotivação. Relaciona-se apenas com dois colegas de sua sala regular e passa boa parte das aulas dormindo. Apesar de ter uma frequência razoável, nunca participa de discussões em sala nem realiza as atividades propostas.

Rendimento escolar: Insuficiente.

Dificuldades: Não consegue compreender o conceito, nem acompanhar as discussões envolvendo assuntos de Física por mais simples que possam ser.

Mudanças de atitude: Manteve suas características de apatia e desmotivação, entretanto apresentou uma melhoria considerável nesses fatores. Participou das discussões em apenas duas situações que foi solicitado, fato que nunca aconteceu nas aulas regulares. Esteve presente em todas as aulas presenciais e realizou a maioria das atividades virtuais. Conseguiu se concentrar durante todas as aulas e não foi observado dormindo em nenhum momento. A partir das atividades realizadas, tornou-se perceptível que o aluno obteve um bom entendimento dos conceitos discutido.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Alcançar uma mudança exigida para melhorar as aulas de Física do Ensino Médio foi o objetivo principal dessa pesquisa. Para tanto, elaborou-se e testou-se uma proposta de ensino de um conteúdo específico, Gravitação Universal, que buscasse superar algumas barreiras citadas na introdução deste trabalho. Além disso, com a realização desta pesquisa, objetivou-se fornecer aos demais educadores interessados, ou aos alunos mais curiosos, um material que pudesse ser utilizado como apoio, ou consulta, produzido a partir das pesquisas realizadas na construção da proposta de ensino.

Na tentativa de alcançar os objetivos traçados, a realização deste trabalho foi direcionada a responder às seguintes questões: Até que ponto a mudança nas práticas docentes pode incentivar o estudante a participar da construção e compreensão de conceitos de Física? Será que é possível perceber uma maior participação discente no estudo de um conteúdo específico de Física, por exemplo, assuntos de Gravitação Universal, a partir dessa mudança na postura do professor?

Para responder a esses questionamentos, foi necessário seguir algumas etapas de pesquisas: escolha do referencial teórico; pesquisa aos principais periódicos que tratam sobre temas de educação e ciências, buscando trabalhos semelhantes; elaboração e aplicação da proposta de ensino; e análise dos resultados obtidos durante a intervenção com os alunos.

Os referenciais teóricos escolhidos para nortear esse trabalho ficaram divididos em cinco partes, sendo eles: 1) O Ensino de Física e os Parâmetros Curriculares Nacionais, onde é destacado o conteúdo de Gravitação Universal; 2) Referenciais Teóricos em Construção de Conceitos e Aprendizagem, dando ênfase à interação social de Vygotsky; 3) Referenciais Teóricos em História da Ciência e Implicações no Ensino, aproveitando os benefícios que essa abordagem oferece ao ensino de Física, mesmo esse trabalho não sendo especificamente em História da Ciência; 4) Uso de *Blogs* na Educação, devido a utilização de um *blog* de estudo na proposta didática como ferramenta de apoio; e 5) Gravitação Universal.

Com a realização deste trabalho, alguns pontos ficaram bem claros no que se refere ao ensino de Física atualmente no Brasil. Um ponto a se destacar é que, há vários anos, a importância do uso da história da ciência no ensino foi percebida por educadores de todo o mundo. No Brasil, os últimos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) para o Ensino Médio enfatizam a relevância da história da ciência para complementar outras abordagens no ensino científico (Martins, 2006).

Outro ponto em destaque é sobre a utilização de ambientes virtuais para auxiliar as aulas ditas normais. Os *blogs*, por serem ferramentas que oferecem um ótimo nível de interação com o leitor, disponibilizam espaço para que haja interação com o autor através de mensagens instantâneas. Tais características permitem que os alunos expressem suas ideias e sentimentos sobre o conteúdo postado, formando uma comunidade com objetivos comuns, que colabora e coopera através do *blog* (Moresco e Behar, 2006). Além de oferecer ao professor a facilidade de intervir, corrigindo e orientando todos os comentários ou publicações dos alunos, sem o limite de tempo imposto pela sala de aula (Senra e Batista, 2011).

No que se refere aos trabalhos publicados sobre Gravitação Universal nos últimos seis anos, 2010 – 2015, foram encontrados poucos, apenas cinco. O que remete também a uma quantidade muito pequena de material didático sobre o assunto, evidenciando a necessidade de construção de mais textos com assuntos de Gravitação Universal.

Em relação à proposta de ensino elaborada e aplicada nessa pesquisa, tanto os momentos presenciais quanto os momentos virtuais apontaram bons resultados referentes à mudança de postura e participação dos alunos nas aulas.

Durante todas as aulas presenciais, os estudantes participantes da pesquisa, mostraram-se mais motivados e apresentaram maiores índices de participação, com perguntas e comentários pertinentes sobre os assuntos estudados, do que nas aulas regulares. Em geral, cada encontro contou com a participação de quase todos os alunos também na realização das atividades e trabalhos propostos.

Quanto aos encontros virtuais, os alunos realizaram uma participação que pode ser considerada como excelente. Conforme exposto no capítulo anterior, a participação, em todas as atividades, superou os 90%, tendo em apenas uma delas uma participação menor que esse número, sendo, no entanto, de 81,8% de participação, ainda assim um número considerado bom.

Diante das respostas dos estudantes, quando questionados nas aulas em sala ou no momento em que realizaram a avaliação da proposta, foi possível caracterizá-la como produtiva e interessante, conseguindo facilitar a aprendizagem dos alunos, e podendo contribuir para que eles aprendessem algo novo sobre Gravitação Universal. Eles classificaram as aulas presenciais como interessantes e atrativas, diferentemente das aulas regulares de Física, além de dinâmicas, prazerosos e divertidos, e a interação entre os momentos presenciais e virtuais como importante para a construção dos conceitos de Gravitação Universal.

Ao final do curso, ficou percebido que os resultados foram positivos, os estudantes mostraram-se satisfeitos com os recursos utilizados nas aulas presenciais e virtuais, demonstrando um aproveitamento muito bom e, através dos diferentes instrumentos de avaliação (observação, participação, atividades, questões, etc.), constatou-se que houve uma aprendizagem considerável por parte da maioria dos alunos.

É possível, portanto, chegar à conclusão de que os questionamentos iniciais foram respondidos e que os objetivos foram alcançados. A mudança na postura e nas atitudes dos estudantes passam, primeiro, pela mudança nas práticas pedagógicas do professor. A partir do momento em que ele entende que quando o aluno não se mostra interessado em aprender algum conceito científico, primeiramente ele deverá conquistá-lo, através de novas metodologias que incluam ferramentas que façam parte da vivência dos alunos, isto é, que já sejam utilizadas por eles no dia a dia, e que eles sintam-se entusiasmados em realizar as atividades com mais satisfação. Dessa forma, os próprios alunos se sentirão capazes de construir os conceitos sobre determinados assuntos de Física.

A pesquisa aqui realizada permite ainda alguns encaminhamentos/sugestões para o ensino de Física, como, por exemplo, uma exploração um pouco maior dos textos de história da ciência presentes no material instrucional de apoio, ou ainda, um aperfeiçoamento na aula virtual que envolvia as simulações no site *Phet* para ser trabalhada em sala de aula. Pode-se também incorporar a proposta outras atividades como a utilização de jogos educacionais no estilo quebra-cabeças, recortes e montagem, etc. Enfim, vários são os recursos de utilização que essa proposta oferece ao professor, basta que ele abuse de sua criatividade e inovação.

Apesar dos resultados obtidos nessa pesquisa terem sido positivos e animadores, não se podem esgotar as conclusões sobre a investigação. Outros trabalhos poderão ser realizados com essa mesma temática, podendo contribuir, acrescentar e validar os resultados alcançados com a realização deste.

REFERÊNCIAS

BOGDAN, Robert C.; BIKLEN, Sari Knopp. **Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria e aos métodos**. 1991. Tradução: ALVARES, Maria João; SANTOS, Sara Bahia dos; BAPTISTA, Telmo Mourinho. Porto editora. Porto, Portugal. 1994.

BORUCHOVITCH, E.; BZUNECK, J. A. (Org.). **A motivação do aluno: contribuições da psicologia contemporânea**. 4. ed. Petrópolis: Vozes, 2009.

BRASIL. Ministério da Educação (MEC), Secretaria de Educação Média e Tecnológica (Semtec). **Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio**, volume 2. Brasília: MEC/Semtec, 1999.

_____. **PCN + Ensino Médio: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais**, volume 2. Brasília: MEC/Semtec, 2008.

_____. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional**. Nº 9394/96. Brasília: 1996.

DIAS, Penha Maria Cardoso; SANTOS, Wilma Machado Soares; SOUZA, Mariana Thomé Marques de. A gravitação universal. Um texto para o ensino médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. v.26, n.3, p.257-271, 2004.

DRUMMOND, Juliana M. Hidalgo; NICÁCIO, José Diogo dos Santos; SKEETE JR, Arthur Winston; SILVA, Mykaell Martins da; CÂMARA, Amanda Thanize Araújo; BEZERRA, Francisco Valdécio. Narrativas históricas: gravidade, sistemas de mundo e natureza da ciência. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v.32, n.1, p.99-141, 2015.

FORATO, Thaís Cirino de Mello; MARTINS, Roberto de Andrade; PIETROCOLA, Maurício. *Enfrentando obstáculos na transposição didática da história da ciência para a sala de aula*. Pp. 123-155, in: PEDUZZI, Luiz O. Q.; MARTINS, André Ferreira P.; FERREIRA, Juliana Mesquita Hidalgo. **Temas de História e Filosofia da Ciência no Ensino**. Natal. Editora EDUFRRN, 2012.

GATTI, Sandra Regina Teodoro; NARDI, Roberto; SILVA, Dirceu da. História da ciência no ensino de física: um estudo sobre o ensino de atração gravitacional desenvolvido com futuros professores. **Revista Investigações em Ensino de Ciências**, v.15(1), p.7-59, 2010.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4ª edição. Editora Atlas. São Paulo. 2002.

GUTIERREZ, Suzana. O Fenômeno dos Weblogs: as possibilidades trazidas por uma Tecnologia de publicação na Internet. **Informática na Educação: teoria & prática**. Porto Alegre, v.6, n.1, p. 87-100, 2003.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentals of Physics**. Tradução: BIASI, Ronaldo Sérgio de. Volume 2. Rio de Janeiro: Editora LTC, 2012. 9ª Edição.

HEWITT, Paul G. **Física Conceitual**. Tradução: RICCI, Trieste Freire; GRAVINA, Maria Helena. São Paulo: Editora Bookman, 2002. 9ª Edição.

IVIC, Ivan; COELHO, Edgar Pereira (org.). **Lev Semionovich Vygotsky**. TRADUÇÃO: ROMÃO, José Eustáquio. Recife. Editora Massagana, 2010.

MARTINS, André Ferreira P. História e filosofia da ciência no ensino: há muitas pedras nesse caminho... **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v.4, n.1, p.112-131, 2007.

MARTINS, Roberto de Andrade. Introdução: A história das ciências e seus usos na educação. Pp. XVI-XXX, in: SILVA, Cibele Celestino. **Estudos de História e Filosofia das Ciências: Subsídios para aplicação no ensino**. São Paulo. Editora Livraria da Física, 2006.

MATTHEWS, Michael R. História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação. 1992. Tradução: ANDRADE, Cláudia Mesquita de. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v.12, n.3, p.164-214, 1995.

MOREIRA, M. A. **Teorias de Aprendizagem**. São Paulo. EPU, 1999.

MORESCO, Silvia F. S.; BEHAR, Patrícia Alejandra. Blogs para a aprendizagem de física e química. **Novas tecnologias na Educação**, v.4, n.1, 2006.

NUSSENZVEIG, Herch Moysés. **Curso de Física Básica**. 4ª edição. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 2002.

OSTERMANN, Fernanda; CAVALCANTI, Cláudio José de Holanda. **Teorias de Aprendizagem**: Texto introdutório. Universidade Federal do Rio grande do Sul, 2010.

PONTES, Renata Lopes Jaguaribe; FILHO, José Aires de Castro. O uso do blog como ferramenta de ensino-aprendizagem por professores participantes do Projeto Um Computador por Aluno (UCA). In: XXII SBIE – XVII WIE, 2011, Aracajú. **Anais...** Aracajú: 2011.

RODRIGUES, Elvis Vilela; ZIMMERMANN, Érika; HARTMANN, Ângela Maria. Lei da gravitação universal e os satélites: uma abordagem histórico-temática usando multimídia. **Ciência & Educação**, v.18, n.3, p.503-525, 2012.

SENRA, Marilene Lanci Borges; BATISTA, Helena Aparecida. Uso do *Blog* como Ferramenta Pedagógica nas Aulas de Língua Portuguesa. **Diálogo e Interação**, v.5, 2011.

SILVA, Luz Henrique Martins da; BONOMO, Paula Bertola; NAGASHIMA, Lucila Akiko. Blog como ferramenta de apoio do ensino de ciências no Pibid. **Revista Tecnologias na Educação**, ano 6, n.10, 2014.

SCHROEDER, Edson; FERRARI, Nadir; MAESTRELLI, Sylvia Regina Pedrosa. A construção dos conceitos científicos em aulas de ciências: contribuições da teoria histórico-cultural do desenvolvimento. **Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciência**. Florianópolis. 2009.

TEIXEIRA, Elder Sales; PEDUZZI, Luiz O. Q.; FREIRE JR, Olival. Os caminhos de Newton para a Gravitação Universal: Uma revisão do debate historiográfico entre Cohen e Westfall. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v.27, n.2, p.215-254, 2010.

TEIXEIRA, Elder Sales; GRECA, Ileana Maria; FREIRE JR, Olival. La enseñanza de la gravitación universal de Newton orientada por la historia y la filosofía de la ciencia: una

propuesta didáctica con un enfoque en la argumentación. **Revista Enseñanza de las Ciencias**, n.33.1, p.205-223, 2015.

UHR, Andréia Pessi. **O Sistema Solar – Um Programa de Astronomia para o Ensino Médio**. Textos de Apoio ao Professor de Física. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. Porto Alegre, v.18, n.4, 2007.

SEMPRE QUESTIONE. **Você sabe como funciona a gravidade?** Disponível em: <<http://www.semprequestione.com/2015/02/voce-sabe-como-funciona-gravidade-video.html#.VwwagqQrLIU>>. Acesso em: 11 abr. 2016, 18:46:05.

VIGOTSKY, L. S.; COLE, M.; JOHN-STEINER, V.; SCRIBNER, S.; SOUBERMAN, E. (orgs.) **A formação social da mente**. TRADUÇÃO: NETO, J. C.; BARRETO, L. S. M.; AFECHE, S. C. São Paulo. 4ª edição. Editora Martins Fontes, 1991.

APÊNDICE A – PRODUTO EDUCACIONAL

Blog de Estudo de Gravitação Universal

<http://blogdeestudogu.blogspot.com>



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
MESTRADO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E EDUCAÇÃO MATEMÁTICA**

PAULO ROBSON LEITE DE OLIVEIRA

**BLOG DE ESTUDO GU: UM AMBIENTE VIRTUAL DE APOIO PARA AULAS DE
GRAVITAÇÃO UNIVERSAL NO ENSINO MÉDIO**

**CAMPINA GRANDE - PARAÍBA
2016**

PAULO ROBSON LEITE DE OLIVEIRA

**BLOG DE ESTUDO GU: UM AMBIENTE VIRTUAL DE APOIO PARA AULAS DE
GRAVITAÇÃO UNIVERSAL NO ENSINO MÉDIO**

Produto da dissertação apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual da Paraíba como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências e Educação Matemática.

Área de concentração: Ensino de Ciências.
Orientadora: Profa. Dra. Ana Raquel Pereira de Ataíde

**CAMPINA GRANDE - PARAÍBA
2016**

APRESENTAÇÃO

Nesta seção do trabalho, é apresentado o produto educacional confeccionado a partir de várias pesquisas realizadas em fontes que tratam do tema de Gravitação Universal. Este foi o principal material utilizado como apoio para a realização da proposta didática sugerida no capítulo 4 desta dissertação.

O material a seguir discorre sobre todas as publicações realizadas no *Blog* de Estudo de Gravitação Universal (<http://blogdeestudogu.blogspot.com>), ambiente virtual utilizado como plataforma de ensino/estudo na proposta didática presente neste trabalho.

Os tópicos que seguem são referentes às páginas do *blog* citado anteriormente, cada uma com sua atividade proposta, começando pela página de **início** e encerrando com a página referente ao **material de apoio**.

É importante destacar que, apesar da escência deste trabalho não estar em História da Ciência, optou-se por utilizar uma abordagem histórica do tema, tendo como finalidade aproveitar os vários benefícios que esse tipo de abordagem oferece ao processo de ensino e aprendizagem.

Várias foram as referências utilizadas na elaboração deste material. Foram consultados desde livros didáticos e paradidáticos até revistas de publicações científicas, na busca por uma gama de informações pertinentes sobre Gravitação Universal que pudessem ser adaptadas para a educação pública do Ensino Médio.

INÍCIO

Este blog foi criado com a finalidade de estudar o tema Gravitação Universal servindo de suporte a atividades realizadas em sala de aula. Ele foi desenvolvido como parte integrante de dissertação do Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Educação Matemática da Universidade Estadual da Paraíba - UEPB, pelo mestrando Paulo Robson Leite de Oliveira, sob orientação da professora Dra. Ana Raquel Pereira de Ataíde.

Foi desenvolvida uma proposta didática para o ensino de Física, cuja ferramenta de apoio para o estudo de Gravitação Universal fora de sala de aula foi este ambiente. Aqui serão propostas atividades onde os estudantes participantes do estudo irão interagir entre eles e com o professor, contribuindo para a construção dos conceitos integrantes do tema proposto a partir dos assuntos abordados em sala de aula e no próprio blog.

ATIVIDADE 01

Baseado em tudo o que já ouviu ou estudou a respeito da formação do universo, responda os seguintes questionamentos: De que forma você acha que o universo surgiu? Como os planetas e os outros corpos celestes estão distribuídos e como se movem no espaço sideral?

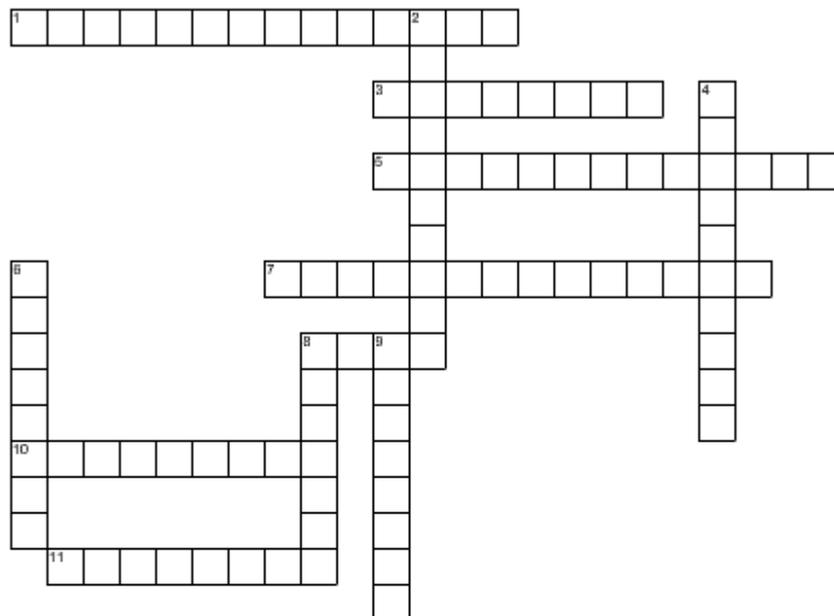
Você pode produzir um pequeno texto que responda os questionamentos acima no campo destinado aos comentários desta postagem.

ATIVIDADE 02

Descubra as palavras que completam os espaços, seguindo as pistas fornecidas a seguir. Obs: Use o campo destinado aos comentários para dar suas respostas.

CRUZADAS

Descubra as palavras, seguindo as pistas.



Horizontal

1. Modelo no qual o Sol ocupa o centro do universo.
3. Circunferência de pequeno raio, na qual o planeta giraria com velocidade constante.
5. Filósofo que deixou de lado as superstições e propôs que tudo nasce da água.
7. Distância entre o centro geométrico da circunferência e o centro da Terra.
8. Aristóteles classificou como o elemento responsável pela composição dos corpos celestes.
10. Fonte de conhecimento que propunha certa visão de como um ou vários deuses produziram esse mundo.
11. Concepção de Giordano Bruno sobre o universo.

Vertical

2. Parte do universo que ficaria após a Lua.
4. Forma da Terra, segundo Anaximandro. Era rodeada de anéis com orifícios através dos quais se viam os astros.
6. Astrônomo que elaborou uma detalhada teoria matemática para explicar e prever o movimento dos
8. Ponto deslocado do centro da órbita circular do planeta, usado para adequar a não-periodicidade dos movimentos
9. Corpos celestes que Copérnico não conseguiu determinar as distâncias até a Terra.

ATIVIDADE 03

A partir da exibição do documentário, tome nota dos momentos que julgar mais importantes, curiosos, atrativos ou que lhe chamou mais atenção. Em seguida, compartilhe com seus colegas essas informações no campo destinado aos comentários, logo abaixo. É importante ressaltar que, no caso de você não ter entendido algum assunto ou queira uma informação adicional sobre qualquer parte do vídeo, pode fazer seu questionamento também.



Figura 01 – Imagem capturada da exibição do documentário Gênios da Ciência – Galileu.
Fonte: AXELROD, 2002.

Vídeo disponível em:

https://www.youtube.com/watch?v=z11inivuIII&list=PLvZ7_enOE9UsVEGIZYHWpza8vyS68xDe4&index=8

ATIVIDADE 04

Nessa atividade você poderá verificar a primeira e a segunda lei de Kepler, a partir de simulações interativas no *site* do projeto *PhET*. Tome cuidado de seguir cada etapa sugerida em sua ordem. Obs: Relate todas suas considerações referentes às etapas das simulações no campo destinado aos comentários.

Etapa 1 – Acesse a página do *PhET* para realizar suas simulações a partir do seguinte link: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/gravity-and-orbits

Etapa 2 – Clique no simulador “Gravidade e Órbitas”; ao abrir o simulador, clique no botão *play* e verifique o que acontece. Você consegue perceber que a órbita formada pela Terra em torno do Sol é elíptica e que a velocidade do planeta é variável?

Etapa 3 – Agora, selecione as opções “força da gravidade”, “velocidade”, “caminho” e “grade”. E agora, você consegue perceber as duas leis de Kepler em ação?

Etapa 4 – Ainda com as opções da etapa anterior marcadas, realize simulações envolvendo três corpos, Sol, Terra e Lua e veja o que acontece.

Etapa 5 – Se quiser, você pode realizar várias outras simulações utilizando os demais recursos do aplicativo.

Agora responda, na parte destinada aos comentários:

1) Em qual etapa da simulação você conseguiu observar a ação das duas primeiras leis de Kepler? Etapa 2, 3, 4 ou em nenhuma? Vamos debater um pouco com seus colegas e, depois disso, responda a questão 2 a seguir.

2) A utilização do simulador ajudou na compreensão do assunto estudado em sala de aula? Justifique-se.

ATIVIDADE 05

Nessa atividade, é importante que cada etapa seja realizada seguindo sua ordem proposta. Dessa forma os resultados terão maior credibilidade.

Etapa 1 – Aproveitando que você está navegando na internet, pesquise sobre a conhecida história que envolve Isaac Newton, a queda de uma maçã e a descoberta da gravidade. Se você pesquisar bem, é possível que encontre algumas versões diferentes para ela, entretanto, que sempre atribuem a descoberta da gravidade à queda da maçã.

Etapa 2 – Você acredita que essa história é verdadeira? Ela realmente aconteceu? Responda no campo destinado aos comentários.

Etapa 3 – Depois de dar sua resposta, leia o texto presente no capítulo 6 do material instrucional, disponível na página ao lado – “Material de apoio”.

Etapa 4 – Novamente responda aos questionamentos da etapa 2. Alguma coisa mudou em sua opinião inicial? Deixe suas considerações nos comentários da postagem.

ATIVIDADE 06

Deixe suas considerações sobre a utilização desta proposta por meio de respostas às seguintes perguntas:

- 1) A dinâmica de realização desta proposta facilitou sua aprendizagem?
- 2) A alternância entre aulas presenciais e atividades no *blog* contribuiu para que você conseguisse aprender algo mais sobre Gravitação Universal?
- 3) Como você classifica as atividades dos momentos virtuais?
- 4) Qual dos momentos virtuais você mais gostou e qual deles você não gostou?
- 5) O que você achou de estudar Física utilizando recursos de informática como ferramenta de apoio?

MATERIAL DE APOIO

APRESENTAÇÃO

Nesta seção do trabalho é apresentado o material de apoio utilizado na proposta didática descrita nesta dissertação. Os textos contidos neste material foram elaborados cuidadosamente tendo como referenciais artigos e livros bastante conhecidos no meio acadêmico.

Os capítulos a seguir apresentam informações acerca da gravitação universal, tendo como ponto de partida algumas das primeiras ideias de universo que surgiram na Antiguidade, passando por alguns dos modelos planetários desenvolvidos na Idade Média e início da Idade Moderna além de algumas considerações sobre temas de gravitação estudados diariamente nas escolas de Ensino Médio por todo Brasil, que vão da lei da gravitação universal de Newton até algumas das ideias de Einstein sobre a gravidade.

Apesar de não se tratar de um trabalho em História da Ciência, foi tomado o cuidado de inserir um pouco de história em meio aos textos apresentados, na tentativa de aproveitar alguns dos pontos positivos descritos por Martins (2007) oferecidos por ela no ensino de Física, como, por exemplo, o ajudar no despertar da curiosidade dos alunos e o seu interesse pela ciência.

SUMÁRIO

1.	A ORIGEM DO MUNDO	107
1.1.	O universo na Antiguidade: Algumas das primeiras ideias	107
2.	OS EPICICLOS DE HIPARCO E O UNIVERSO SEGUNDO COPÉRNICO E JORDANO BRUNO	112
2.1.	Os epiciclos de Hiparco	112
2.2.	O universo de Copérnico	114
2.3.	O universo segundo Bruno	117
3.	GALILEU: SUA VISÃO DE MUNDO E SEU ESCORREGÃO COM OS COMETAS	118
3.1.	O universo de Galileu	118
3.2.	O escorregão de Galileu	119
4.	AS OBSERVAÇÕES E O MUNDO DE TYCHO BRAHE	120
5.	AS LEIS DE KEPLER	121
6.	NEWNTON, A MAÇÃ E A GRAVITAÇÃO	124
6.1.	A história da maçã	124
6.2.	Lei da Gravitação de Newton	126
6.3.	Lei do inverso do quadrado	128
6.4.	A gravitação perto da superfície da Terra	130
6.5.	Gravitação no interior da Terra	131
7.	EINSTEIN E A GRAVITAÇÃO	132
	REFERÊNCIAS	134

1. A ORIGEM DO MUNDO

A origem do universo é um tema que sempre interessou a toda a humanidade. Em todos os povos, em todas as épocas, surgiram muitas e muitas tentativas de compreender de onde veio tudo o que conhecemos. No passado, a religião e a mitologia eram as únicas fontes de conhecimento. Elas propunham certa visão de como um ou vários deuses produziram esse mundo. (MARTINS, 2012, p.1)

Sabe-se que, desde os tempos mais remotos da humanidade, quando nossos antepassados ainda viviam nas cavernas, que os fenômenos celestes causavam grande impressão nos homens. Com o passar dos tempos tais fenômenos inspiraram o surgimento de crenças ou mesmo religiões que consideravam astros, como o Sol, por exemplo, como um deus. Este aspecto histórico está atrelado à religião das primeiras civilizações de que se tem conhecimento. A desvinculação deste aspecto se deu através de acontecimentos sucessivos ao longo da história.

Durante a história da humanidade, sempre existiu a necessidade de se observar, estudar, questionar e explicar os fenômenos naturais. O homem, ao longo dos séculos, vem demonstrando sua capacidade de interagir com a natureza das mais diversas maneiras.

1.1. O universo na Antiguidade: Algumas das primeiras ideias

A curiosidade e a necessidade de explicar a estrutura e o surgimento do universo apareceram no homem há milhares de anos. Desde vários séculos antes de Cristo, não se sabe quando nem o quanto, os caldeus e os egípcios já observavam e estudavam os céus.

Na Grécia Antiga, por volta do século IX a.C., já se vivia a realidade de estudar os corpos celestes. Por este período o poeta Homero detalhava a Terra como um disco gigante flutuando sobre as águas do imenso oceano (Cury, 2003).

O filósofo Tales de Mileto acreditava na concepção de mundo defendida por Homero, no entanto, ele foi um dos primeiros estudiosos a questionar racionalmente essa concepção, ao deixar de lado as explicações mitológicas. Tales questionou qual seria realmente o processo que deu origem ao Universo, da mesma forma como procurou saber de que matéria fundamental era constituído (Cury, 2003). Ao deixar de lado as superstições, ele propôs que tudo nasce da água, tornando esse, talvez, o primeiro pensamento científico da história (Contador, 2014).

Anaximandro, 611 a.C. – 545 a.C., também de Mileto, concebeu um universo infinito em extensão e duração, sendo constituído por uma matéria indestrutível e eterna, sem propriedades definidas, origem de todas as coisas que existem no cosmo. A Terra seria uma coluna cilíndrica envolvida pelo ar que flutuava no centro do universo, sem ponto de apoio, rodeada de anéis com orifícios através dos quais se viam os astros que seriam o Sol, a Lua, os planetas e as estrelas, sendo possível ainda, visualizar o fogo cósmico que encheria o espaço nos intervalos entre os anéis (Contador, 2014). Esse seria o primeiro modelo mecânico do universo.

Alguns anos depois, Anaxímenes (550-480 a.C.), que fora discípulo de Anaximandro, criou um conceito mais complexo para o universo quando afirmou que as estrelas ficavam presas a uma esfera transparente de material cristalino, convencendo a todos de sua época e tornando seu modelo em um dogma da Astronomia que perdurou até o início do século XVI (Cury, 2003).

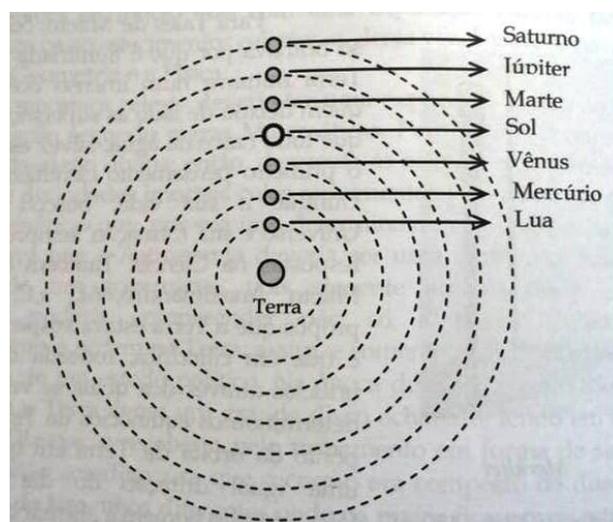


Figura I – Sistema Astronômico Geocêntrico Clássico.
Fonte: CONTADOR, 2014, p.22.

Para o também grego Filolau de Crotona, 425 a.C., a Terra rolaria no espaço, girando vinte e quatro horas ao redor de uma fogueira central, que era estacionária, e não deveria ser confundida com o Sol, onde habitavam os deuses. A terra só não era queimada por esse fogo porque existia um planeta invisível, chamado de Antiterra, entre a Terra e o fogo, que a protegia. Tudo pareceria girar em torno da Terra, mas o Sol, a Lua e os cinco planetas também girariam em órbita concêntrica em torno do fogo central (Contador, 2014).

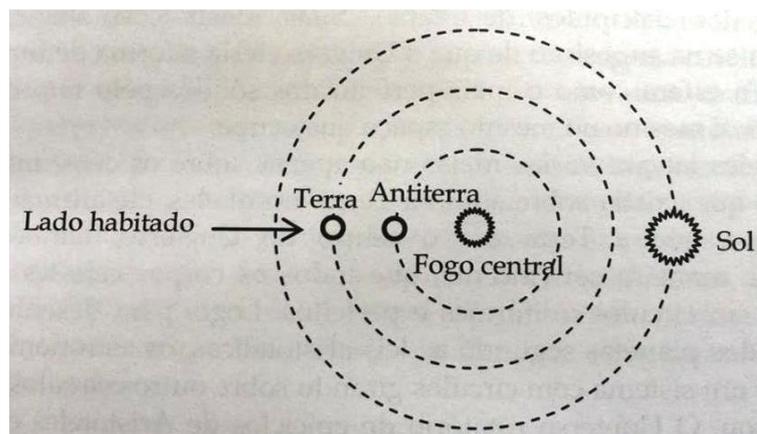


Figura II – Sistema Astronômico de Filolau.
 Fonte: CONTADOR, 2014, p.25.

Aristóteles desenvolveu uma nova Física para tentar entender o universo. Na sua época, aos poucos, a visão de uma Terra esférica foi sendo aceita. A partir de então, ao estudar o movimento dos objetos terrestres, ele concluiu que existiam coisas “pesadas”, como sólidos e líquidos, que caem no sentido do centro da Terra; e outras coisas “leves”, como o ar e o fogo, que se afastam do centro da Terra. Dessa forma, todos os objetos pesados possuíam uma tendência natural de se aproximarem do centro do universo, assim como os objetos leves de se afastarem dele (Martins, 2012).

A partir dessas considerações, Aristóteles imaginou que deveria se formar naturalmente um aglomerado de matéria pesada no centro do universo e, como essa matéria pressionaria de todos os lados para o ponto central, que não cai para nenhum lado, formaria uma grande massa redonda no seu centro, explicando o porquê da Terra ser o centro do universo e, conseqüentemente, não cair (Martins, 2012).



Figura III – A estrutura do universo, segundo Aristóteles e Ptolomeu: a Terra ocupa o centro do universo, e os quatro elementos preenchem todo o espaço abaixo da esfera lunar. Acima dela, haveria uma série de cascas esféricas onde se moveriam os diversos planetas. A última casca seria o céu estrelado.

Fonte: MARTINS, 2012, p.92.

Ao observar que os astros (Sol, Lua, estrelas, planetas) não caíam no sentido da Terra, Aristóteles concluiu que eles não poderiam ser formados nem por elementos pesados nem por elementos leves, ou seja, água, terra, fogo e ar. Assim, ele propôs que existiria um quinto elemento, conhecido por “éter”, que seria responsável pela composição dos corpos celestes (Martins, 2012).

O universo seria dividido, então, em duas partes distintas, o mundo celeste, ou supralunar, que seria feito de éter e o mundo sublunar (abaixo da Lua), que seria formado por terra, água, ar e fogo. Aristóteles pensava como quase todos os antigos, para ele era impossível a existência de espaços totalmente vazios de matéria. Por isso, imaginou que a atmosfera da Terra chegasse até a Lua e, a partir daí, haveria uma série de esferas transparentes, feitas de éter, encaixadas umas nas outras, que girariam em torno da Terra, arrastando os astros. Essas cascas esféricas foram chamadas de orbes, sendo a mais distante o orbe das estrelas, onde o universo terminava (Martins, 2012).

As cascas esféricas, assim como os corpos celestes são formados por um fluido que Aristóteles denomina éter – derivado do grego *aí thein* (correr continuamente). O éter imperecível e divino não tem nada em comum com os elementos terrenos. Assim, por exemplo, não é pesado nem leve. E, diferentemente de toda matéria terrena, pela sua própria natureza move-se em círculos. (BÜTTNER, 2008 ou 2009, p.56)

Heráclides do Ponto (287 a.C.) tomou como certa a rotação da Terra em torno de seu próprio eixo para explicar o dia e a noite. Ele propôs que a rotação diurna dos céus resultaria da rotação da Terra em torno de si e aceitou as estrelas fixas, pois jamais mudavam de posição nem em relação à Terra nem à elas mesmas, pensando que elas giravam em torno de nosso planeta com a mesma velocidade, o que garantiria a lei e a ordem do universo (Contador, 2014).

As estrelas fixas não constituíam um problema, nem o Sol e a Lua, que pareciam deslocar-se mais ou menos regularmente. O grande desafio era explicar o movimento dos planetas, que se deslocavam muito irregularmente, ora avançando, ora retroagindo, ao longo da faixa do zodíaco (Cury, 2003).

Heráclides, tentando resolver essas dificuldades, além de sugerir que a Terra devia estar no centro do universo, observou que Mercúrio e Vênus, como nunca se afastavam muito do Sol, deveriam girar ao seu redor. Para ele, deve ter sido muito mais fácil supor que Mercúrio e Vênus circundava o Sol do que aceitar que esses dois planetas girassem em torno da Terra, como os demais. Ele tornou-se o primeiro filósofo-astrônomo a sugerir o semi-heliocentrismo do universo, no qual Mercúrio e Vênus orbitariam ao redor do Sol, que por sua vez circularia ao redor da Terra (Cury, 2003).

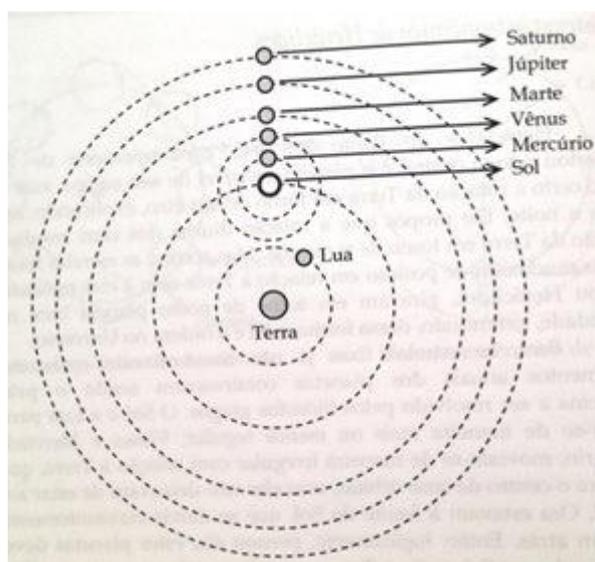


Figura IV – Sistema de Heráclides.
Fonte: CONTADOR, 2014, p. 32.

Aristarco de Samos (310 a 230 a.C.) foi o primeiro homem a colocar o Sol no centro do universo e a Terra como mais um simples planeta girando em torno de si. Para ele, apenas a Lua e as estrelas continuaram fixas, e se pareciam mover-se, era por causa do movimento da Terra. Tal teoria era ensinada, na época, pelo próprio Aristarco, e esse fato foi aceito por estudiosos antigos e modernos que deram o título de *Copérnico da Antiguidade* ao grego.

Infelizmente, a antecipação heliocêntrica de Aristarco não vingou, pois vários matemáticos e astrônomos se opuseram a ela por pensarem que a Terra deveria ocupar o centro do universo por determinação dos deuses (Contador, 2014).

Aristarco fez as primeiras medidas das distâncias da Terra até a Lua e o Sol, e verificou que a Lua era menor do que a Terra, mas o Sol era muito maior. Concluiu, assim, que o Sol era mais importante e que não poderia ficar girando em torno da Terra. No entanto, as ideias de Aristarco não foram aceitas na sua época. (MARTINS, 2012, p.94)

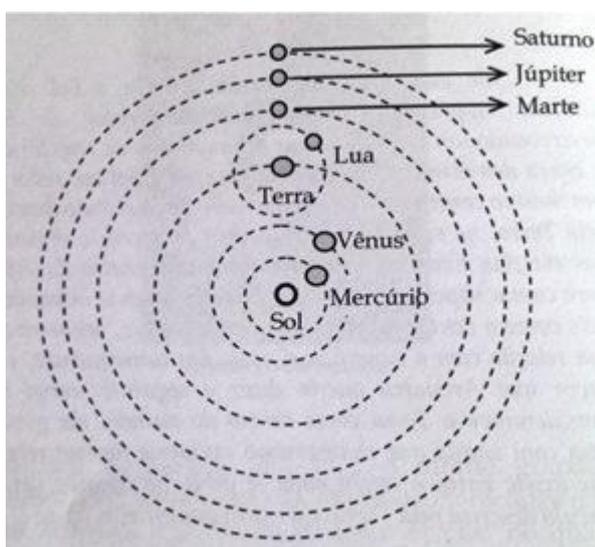


Figura V – Sistema Heliocêntrico de Aristarco.
Fonte: CONTADOR, 2014, p.36.

2. OS EPICICLOS DE HIPARCO E O UNIVERSO SEGUNDO COPÉRNICO E JORDANO BRUNO

2.1. Os epiciclos de Hiparco

Hiparco de Nicéia (aproximadamente 140-129 a.C.), adepto de uma teoria geocêntrica do universo, moveu seus esforços para tentar comprovar a imobilidade da Terra. Para tanto, ele desenvolveu um sistema de epiciclos, que explicariam os movimentos complexos dos planetas em forma de laços.

O epiciclo seria uma circunferência de pequeno raio, na qual o planeta giraria com velocidade constante, o centro desta circunferência giraria então ao redor da Terra sobre outra circunferência, denominada deferente (Braga *et al.*, 2008). (Figura VI)

O planeta percorria um círculo cujo centro geométrico não mais se encontrava na Terra. A distância entre esse centro geométrico e o centro da Terra definia o chamado valor da excentricidade. Com sentidos e velocidades bem determinados, a composição dos

movimentos do epiciclo e do deferente pode ser resumida num único círculo – o excêntrico – cujo centro foi simplesmente deslocado (Cury, 2003). (Figura VI)

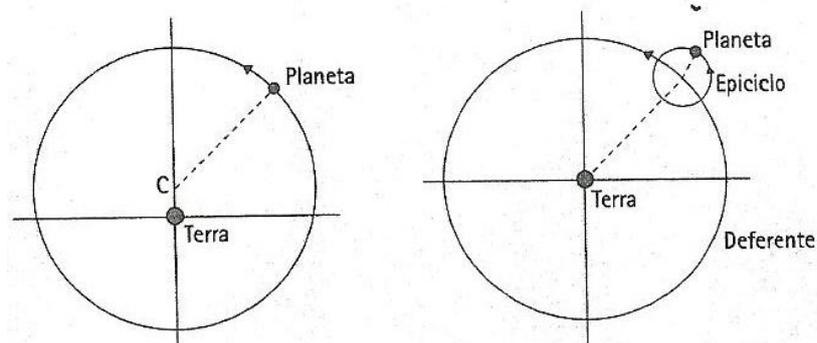


Figura VI – Esquema excêntrico, epiciclo e deferente.
Fonte: BRAGA et al., 2008, p.65.

O ponto equanto, nada mais é do que um ponto deslocado do centro geométrico da órbita circular do planeta, usado para tentar adequar a não-periodicidade dos movimentos retrógrados dos planetas. (Figura VII)

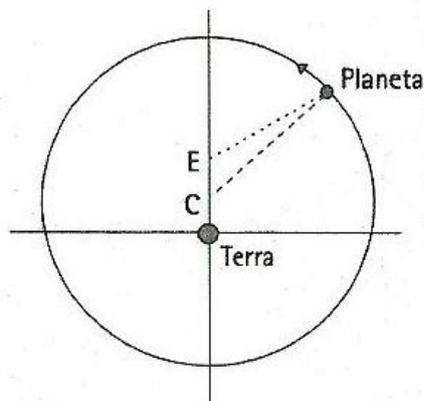


Figura VII – Equanto.
Fonte: BRAGA et al., 2008, p.67.

Cláudio Ptolomeu (século II d.C.) combinou a ideia do movimento em epiciclos com a de deferentes excêntricos. O centro do deferente se encontraria a meio caminho entre o centro da Terra e o equanto, um ponto em relação ao qual o movimento no deferente parece uniforme (Schemmel, 2008 ou 2009).

A teoria dos epiciclos bem cedo foi combinada com a doutrina aristotélica das esferas cristalinas homocêntricas, formando uma imagem de mundo que deu origem a um padrão de distâncias dos corpos celestes à Terra. A ideia fundamental dessas distâncias cosmológicas remonta a Ptolomeu. (SCHEMMEL, 2008 ou 2009, p.19)

Ptolomeu foi o mais famoso astrônomo da Antiguidade. Em seu modelo de mundo, ele aceitou as ideias de Aristóteles e elaborou uma detalhada teoria matemática que permitia explicar e prever, com grande precisão, o movimento dos planetas. Durante muitos séculos, seu trabalho não foi ultrapassado por outros astrônomos (Martins, 2012).

2.2. O universo de Copérnico

No século XVI, Nicolau Copérnico propõe uma teoria heliocêntrica, na qual o Sol é o centro do universo em torno do qual se movem todos os planetas. Dessa forma, a própria Terra seria tirada do centro, passando a ser considerada apenas como um dos planetas girando em volta do Sol. Entretanto, a visão geral de Copérnico não era totalmente diferente da antiga. Ele ainda acreditava nos orbes transparentes, encaixados e girando uns dentro dos outros. A diferença é que eles estariam girando em torno do Sol e não da Terra (Martins, 2012).

Foi ele quem, pela primeira vez, conseguiu estabelecer as distâncias dos planetas. Na teoria de Copérnico, o planeta mais próximo do Sol era Mercúrio, seguido por Vênus, Terra, Marte, Júpiter e, por fim, Saturno. Ele conseguiu comparar essas distâncias e mostrar, por exemplo, que a distância de Saturno ao Sol era cerca de dez vezes maior do que a distância entre a Terra e o Sol; e que a distância de Mercúrio ao Sol era cerca de um terço da distância da Terra ao Sol. Ele não conseguiu determinar as distâncias das estrelas, mas propôs que elas estivessem muito mais distantes do Sol do que Saturno (Martins, 2012).

Copérnico tentou ater-se quase que completamente à concepção aristotélico-ptolomaica de mundo: manteve as órbitas circulares com certos epiciclos e também as esferas cristalinas que agora, não mais se tocavam, pois no seu modelo todas as distâncias relativas no Sistema Solar eram dadas pela geometria das órbitas. (SCHEMMEL, 2008 ou 2009, p.24)

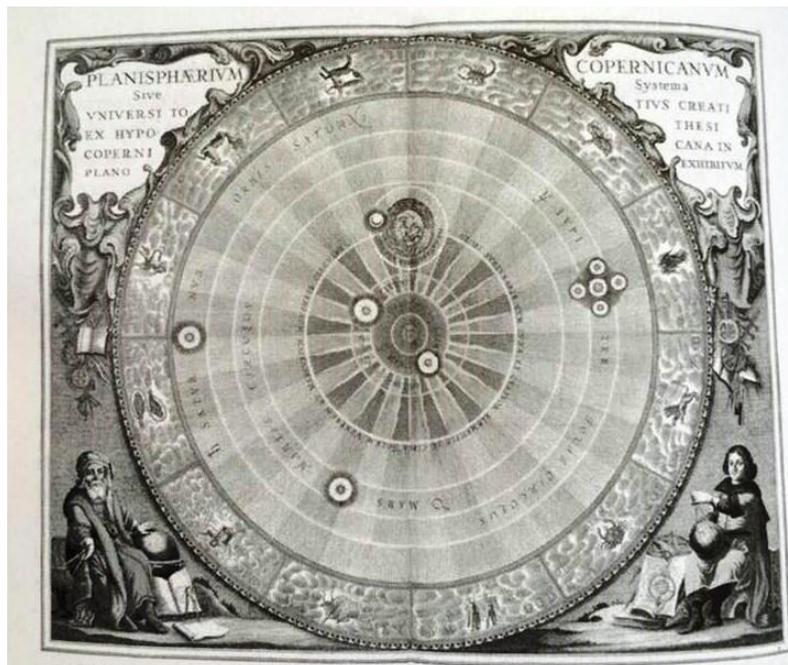


Figura VIII – A concepção de universo segundo Copérnico: o Sol ocupa o centro do universo, cercado pelas esferas nas quais se movem os diversos planetas.

Fonte: MARTINS, 2012, p.96.

Com a Terra se movimentando, alguns problemas, que intrigavam os astrônomos seguidores da tradição ptolomaica há muito tempo, foram rapidamente resolvidos sem a necessidade da utilização de tantos epiciclos e equantes. Entre eles, o problema da variação de luminosidade de cada planeta e o do movimento aparente para trás e para frente dos planetas em relação às estrelas fixas (Contador, 2014).

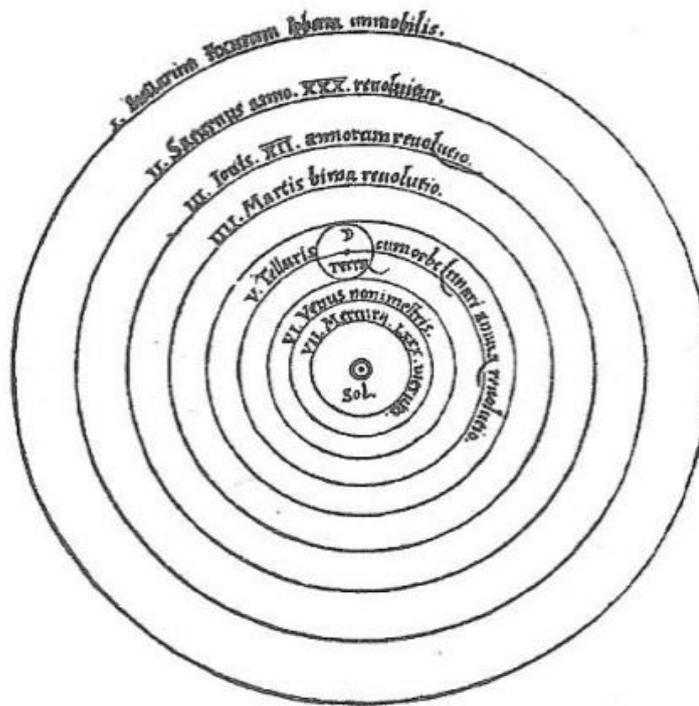


Figura IX – Modelo simplificado do sistema copernicano
 Fonte: BRAGA et al., 2008, p.73.

Sete axiomas revolucionários necessários para que o sistema de Copérnico funcionasse, estão presentes em sua obra *Nicolai Copernici de hypothesibus motuum coelestium a se constitutis commentariolus* (Contador, 2014):

- 1 – Os corpos celestes não se movem todos em torno de um mesmo centro;
- 2 – A Terra não é o centro do universo, e sim da órbita lunar e da gravidade terrestre;
- 3 – Todos os corpos celestes giram em torno do Sol; conseqüentemente, o Sol é o centro do sistema planetário e, portanto, do universo;
- 4 – A distância das estrelas fixas comparada à distância entre a Terra e o Sol, é insignificante;
- 5 – Os movimentos diários que aparecem no firmamento devem-se à rotação da Terra sobre seu próprio eixo;
- 6 – O movimento anual aparente do Sol deve-se ao fato da Terra, com os demais planetas, girar em volta do Sol;
- 7 – O movimento aparentemente retrógrado dos planetas deve-se apenas ao movimento da Terra.

2.3. O universo segundo Bruno

A teoria de Copérnico não teria sido muito aceita, logo que proposta, por vários motivos. Ela colidia com a ciência da época parecendo estar em contradição com os fatos conhecidos. E, dessa forma, foi considerada como uma hipótese curiosa e engenhosa, que permitia realizar cálculos astronômicos, mas não descrevia a realidade. Contudo, algumas pessoas, como o italiano Giordano Bruno, começaram a se convencer de que a teoria de Copérnico era verdadeira (Martins, 2012).

Bruno aceitou e levou a teoria de heliocêntrica de Copérnico às suas consequências mais extremas do ponto de vista filosófico. Admitiu que as estrelas estariam muito mais distantes de nós do que qualquer planeta ou do que o Sol, e que existem tantos outros sóis, com planetas à sua volta. O nosso mundo, com a Terra, o Sol, a Lua e os planetas, seriam apenas um dos infinitos mundos em um universo infinito (Martins, 2012).

Bruno considerava que Copérnico teria libertado a humanidade de uma prisão intelectual, expandindo o universo até o infinito.

Quem poderia louvar dignamente a grandeza desse alemão que, com pouca consideração pela multidão tola, voltou-se contra a torrente da opinião vulgar... que libertou o espírito humano e o conhecimento que estavam limitados na prisão estreita do ar turbulento onde, como por certos furos, as estrelas distantes podiam nos olhar... Ele que atravessou o ar, penetrou o céu, espalhou as estrelas pelo infinito, rompeu as fronteiras do mundo, dissipou as fantásticas muralhas da primeira esfera, da oitava, da décima, e de quantas outras quiserem adicionar. (BRUNO *apud* MARTINS, 2012, p.97)

Mesmo se baseando em Copérnico, Giordano Bruno vai bem mais longe. Copérnico ainda mantinha a ideia de que eram as esferas quem produziam os movimentos dos astros, ele não chega a defender a ideia de um universo infinito, mesmo tendo afirmado que as estrelas estariam muito mais distantes de nós do que se pensava até então. Bruno, sem se basear em nos conhecimentos astronômicos da época, nem nas observações, afirma que não existe sentido nenhum que possa perceber o infinito e que, portanto, jamais poderia se constatar, pela observação, que o universo não tem limites (Martins, 2012).

Bruno defendia que a ideia de um universo finito é incompatível com o poder de Deus. Ele questiona que, se Deus pudesse criar um universo infinito, por que motivo não o criaria? Suas próprias respostas são: ou porque não pode ou porque não quer. Para ele, um Deus que não pode criar um universo infinito não é Deus, pois não seria onipotente; e, um Deus que pode, mas não cria um universo infinito seria preguiçoso (Martins, 2012).

3. GALILEU: SUA VISÃO DE MUNDO E SEU ESCORREGÃO COM OS COMETAS

3.1. O universo de Galileu

Galileu Galilei (1564-1642) foi um dos mais famosos defensores do heliocentrismo, tendo proposto uma nova Física para tornar aceitável a ideia de que a Terra se move em torno do Sol, diferente da de Aristóteles. Por defender a teoria de Copérnico, Galileu foi perseguido pela Inquisição, embora não tenha recebido nenhuma penalidade mais grave (Martins, 2012).

Não se pode negar que Galileu tenha contribuído para a criação da nova Física e para uma aceitação do sistema copernicano, mas as suas concepções ainda são intermediárias entre o pensamento antigo, de Aristóteles, e a mecânica clássica, de Newton. De modo nenhum ele consegue apresentar uma teoria Física completa e satisfatória que seja coerente com o copernicanismo (Martins, 1994).

Em algumas de suas obras, Galileu tratou de temas aristotélicos como o movimento dos corpos em queda em diversos meios, ampliando-os pela inclusão de máquinas simples, como a balança e o plano inclinado, por exemplo. Apesar da polêmica contra a Física aristotélica, como o movimento natural e o provocado, ela continuou sendo base de suas discussões (Renn, 2008 ou 2009).

No que se refere à tradição escolástica, a obra de Galileu é destacada pela sua referência à mecânica e pela tentativa da utilização de conceitos e teorias de Arquimedes numa revisão da Física de Aristóteles. Dessa forma, ele substitui, por exemplo, a afirmação aristotélica de que os corpos mais pesados caem mais rápido do que corpos menos pesados, baseado na tese arquimediana de que a velocidade de queda depende do peso específico do corpo (Renn, 2008 ou 2009).

Com a invenção do telescópio em 1609, na Holanda, Galileu pode desenvolver uma nova visão do céu. Após difundir seu telescópio, ele realiza importantes descobertas astronômicas como, as observações da Lua e das fases de Vênus, a decomposição da Via Láctea em estrelas individuais, e, principalmente, a descoberta das quatro grandes luas de Júpiter. Galileu torna-se um astrônomo conhecido em toda Europa, e na China, e o defensor mais proeminente da imagem do mundo copernicana e contestador da imagem de mundo geocêntrica da Igreja (Renn, 2008 ou 2009).

Em relação aos movimentos dos planetas, Galileu tentou aplicar suas ideias sobre o movimento de quedas dos objetos e de lançamento de projéteis para fornecer uma explicação

mecânica ao surgimento do sistema planetário (Renn, 2008 ou 2009). “Ele imaginou que o Criador abandonava os planetas a partir de um determinado ponto na direção do Sol, para depois fazê-los circular em torno do Sol, deduzidas a partir das afirmações de Kepler” (RENN, 2008 ou 2009, p.15).

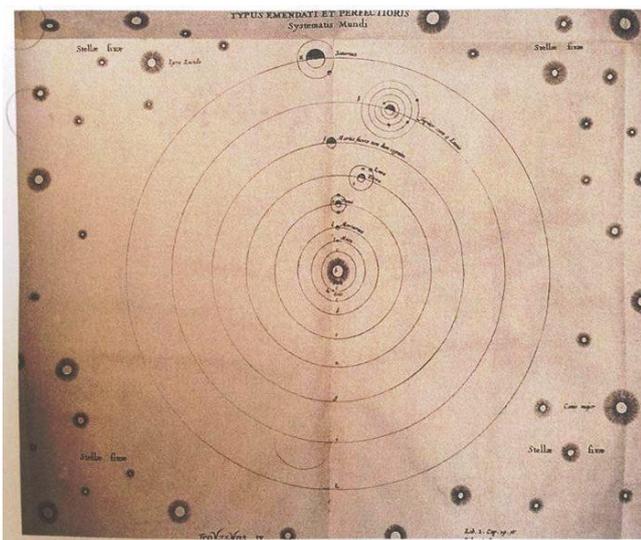


Figura X – Representação do cosmo de 1672, meio século após a invenção do telescópio. O Sistema Solar – ordenado segundo Copérnico e incluindo as luas de Júpiter descobertas por Galileu – está assentado em um mar de estrelas, não mais dispostas em uma esfera, mas cuja verdadeira natureza era desconhecida na época.

Fonte: SCHEMMEL, 2008 ou 2009, p.25.

3.2. O escorregão de Galileu

Outro importante passo para a rejeição da cosmovisão de Aristóteles e, conseqüentemente, aceitação do modelo copernicano foram os estudos dos cometas. Entretanto, neste aspecto, Galileu não deu nenhuma contribuição positiva, pelo contrário, foi um defensor das ideias aristotélicas (Silva, ca. 2010).

Aristóteles acreditava que não podiam ser fenômenos celestes, por aparecerem, aumentarem de tamanho, depois diminuírem e acabarem por sumir – o que contrariava sua concepção de mundo perfeito e imutável. Assim, o filósofo grego concluiu que constituíam fenômenos atmosféricos, da mesma categoria que o arco-íris. (SILVA, ca. 2010, p.25)

Tycho Brahe, no final do século XVI, estudou vários cometas e notou que suas posições em relação às estrelas sempre variavam lentamente. Ao procurar medir suas paralaxes, ele não conseguiu determinar nenhum valor, concluindo que eram muito menores do que a Lua, o que significava que os cometas estariam bem mais distantes da órbita lunar e, portanto, não poderiam ser fenômenos atmosféricos (Silva, ca. 2010).

Na tentativa de determinar as trajetórias dos cometas, Brahe, concluiu que esses corpos celestes se moviam em torno do Sol em percursos alongados, que pensou serem ovais. O astrônomo dinamarquês verificou que eles chegavam perto do Sol e depois se afastavam muito, o que era incompatível com a ideia da existência, no céu, de esferas que suportavam os astros. Dessa forma, embora ele acreditasse que a Terra estaria parada no centro do universo, ajudou a demolir a cosmologia de Aristóteles (Silva, ca. 2010).

Curiosamente, foi Galileu quem se opôs de modo feroz à interpretação de que os cometas eram fenômenos celestes. Sem fazer nenhuma observação direta nem os cálculos de suas trajetórias, ele optou pela solução mais fácil, simplesmente negou que os cometas fossem fenômenos celestes, com trânsito além da órbita lunar (Silva, ca. 2010).

4. AS OBSERVAÇÕES E O MUNDO DE TYCHO BRAHE

Tycho Brahe (1546-1601), astrônomo dinamarquês, grande observador que deu grande impulso à astronomia, verificou o Sol, a Lua, os planetas, as estrelas, durante muitos anos, de forma contrária a seus predecessores. Brahe não aceitou o sistema de Copérnico, pois ele não era capaz de detectar as alterações nas posições relativas das estrelas, ele imaginou os planetas Mercúrio, Vênus, Marte, Júpiter e Saturno em volta do Sol, o Sol e Lua em volta da Terra e esta imóvel no centro do universo (BRAGA *et al.*, 2008).

No universo de Brahe, a Terra ficava no centro, da mesma forma que no universo de Aristóteles, e o Sol girava ao seu redor, mas todos os outros planetas giravam em torno do Sol (Contador, 2014).

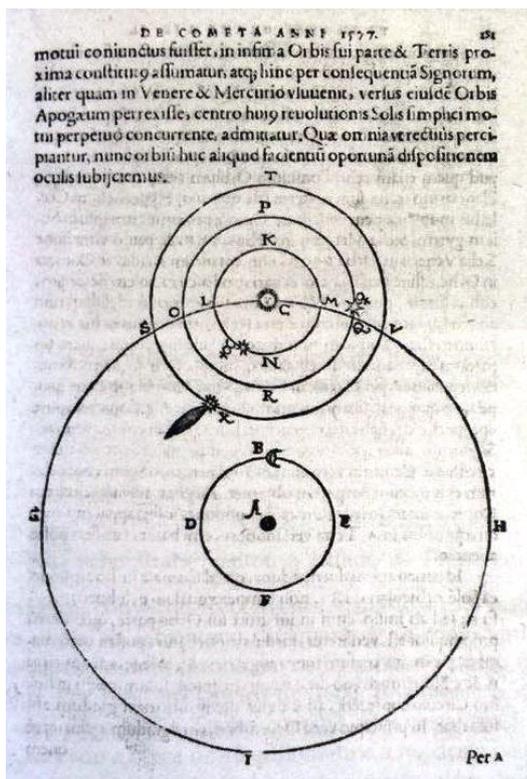


Figura XI – Sistema Solar segundo a concepção de Tycho Brahe.
Fonte: CONTADOR, 2014, p.123.

Para nós, o sistema de Tycho parece uma solução conciliatória entre os mundos de Aristóteles e Copérnico. Mas ele foi, na realidade, uma inovação radical. A noção dos planetas girando em torno do Sol e o Sol girando em torno da Terra destruiu as esferas de cristal dos sistemas mais antigos. (CONTADOR, 2014, p. 120)

Assim como Ptolomeu, Brahe colocou a Terra no centro do universo, com o Sol girando ao seu redor, e mesmo não sendo copernicano, da mesma forma que Copérnico, colocou os outros planetas orbitando o Sol. Seu sistema era muito complicado, mas ele não acreditava no modelo de Copérnico por questões teológicas e porque achava possível medir as paralaxes das estrelas, que o modelo copernicano assumia valores infinitos (Contador, 2014).

5. AS LEIS DE KEPLER

A Astronomia descrevia matematicamente o movimento dos astros. De acordo com a natureza dos corpos celestes, os astros deveriam mover-se, uniformemente, em círculos, ao redor da Terra. Porém, as observações mostravam desvios desse movimento, chamados anomalias (Dias *et al.*, 2004):

1. Os planetas de tempos em tempos parecem andar para trás, em seu movimento nos céus (retrogressão);

2. Os planetas parecem não se mover uniformemente em sua jornada pelo céu, isto é, arcos iguais no céu, não são, necessariamente, percorridos em tempos iguais;

3. Os brilhos dos planetas variam, o que era atribuído a um menor ou maior afastamento da Terra.

Enquanto estudante da universidade Tubingen, Kepler teria um professor cuja amizade e o relacionamento perdurariam por toda a vida. Michael Mästlin foi o homem que verdadeiramente o influenciou no estudo do universo, pois foi ele quem teria lhe apresentado o trabalho de Nicolau Copérnico, o *Revolutionibus*. Desse ponto em diante, o novo Universo Copernicano passaria a fazer parte integrante da vida de Kepler (Contador, 2014).

Quando Kepler leu o *Almagesto* de Ptolomeu, achou, assim como Mästlin, que este havia inventado um sistema muito complicado. Aqueles epiciclos eram necessários para explicar os movimentos dos planetas, mas por causa deles o sistema tornava-se um pesadelo quase que incompreensível. Kepler achava que se existisse uma harmonia do universo, a sua estrutura não poderia ser de tão difícil compreensão. (CONTADOR, 2014, p.102)

Ao ser publicado, o *De revolutionibus orbium coelestium* de Copérnico provocou uma certa repulsa em toda comunidade da Europa, incluindo católicos e protestantes. Foram poucas as pessoas que compartilhavam de suas ideias, dentre as quais Kepler, seu professor Mästlin, Galileu, Clavius e Tycho Brahe. Desde então, a mudança na forma de pensar de Kepler foi inevitável. Tudo parecia ficar mais fácil, apesar dos epiciclos copernicanos e das estrelas fixas na esfera de cristal, foi esse novo universo menos complicado de Copérnico que entusiasmaria Kepler e o levaria a interessar-se mais pelo céu do que pela religião (Contador, 2014).

Tycho Brahe construiu melhores instrumentos que, junto com sua habilidade para observar o céu, lhe permitiram obter medidas mais precisas de posições angulares de Marte. A órbita do quarto planeta representava um desafio: hoje, sabemos que a órbita de Marte é acentuadamente elíptica, o que não é tão acentuado, no caso dos outros planetas (Dias *et al.*, 2004).

Kepler trabalhou como assistente de Brahe. Ele usou os dados de Tycho para resolver o problema e determinar a órbita de Marte. Como ele tinha melhores dados do que seus antecessores, pôde almejar uma melhor precisão dos cálculos. Ele teve que fazer hipóteses, tentativas para ajustar seus dados aos cálculos e testá-las para muitas posições. Foi um trabalho que lhe consumiu alguns anos. Desses cálculos resultaram duas leis, em 1616 (Dias *et al.*, 2004):

1. As órbitas planetárias são elípticas, com o Sol em um dos focos;

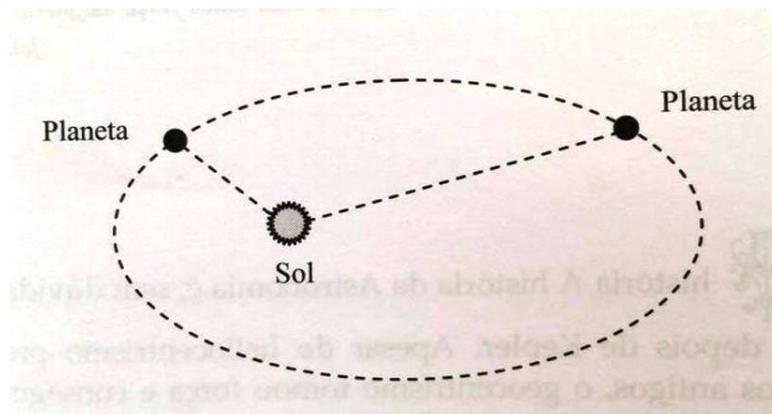


Figura XII – Lei das Elipses. O ponto dessa trajetória mais próximo do Sol é o chamado periélio e o ponto mais afastado caracterizamos como afélio.

Fonte: CONTADOR, 2014, p.170.

2. A linha (imaginária) que liga o Sol a um planeta descreve áreas iguais em intervalos de tempo iguais.

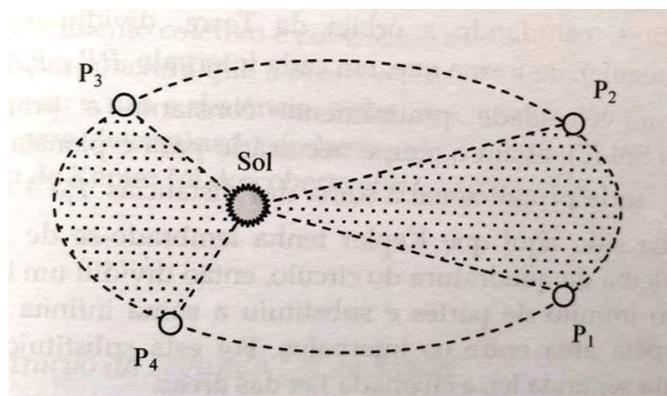


Figura XIII – Lei das Áreas. A partir da segunda lei de Kepler podemos concluir ainda que a velocidade de um planeta é variável. Ela aumenta à medida que o planeta se aproxima do Sol e diminui à medida que ele se afasta.

Fonte: CONTADOR, 2014, p.181.

A segunda lei de Kepler ainda pode ser enunciada de outro modo. Podemos dizer que a linha que liga o Sol a um planeta percorreu a área A_1 no intervalo de tempo Δt_1 e área A_2 no intervalo de tempo Δt_2 . Assim, as áreas percorridas são proporcionais aos intervalos de tempo gasto para varrê-las:

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

Alguns anos depois, ele acrescenta nova lei: A razão entre o quadrado do período da órbita do planeta e o cubo do raio médio de sua órbita é uma constante.

$$\frac{T^2}{R^3} = \text{constante}$$

6. NEWNTON, A MAÇÃ E A GRAVITAÇÃO

6.1 A história da maçã



Figura XIV – Caricatura denominada “Descoberta da lei da gravitação por Isaac Newton”, de autoria de John Leech, publicada em meados do século XIX.
Fonte: MARTINS, 2006, p.168.

Uma lenda na História da Física é a da queda da maçã. São várias as versões antigas existentes sobre esse suposto acontecimento. Em uma delas, estaria sentado sob uma macieira em um jardim, quando ele teria visto uma maçã caindo da árvore. Depois disso, viria logo a sua mente um pensamento de que deveria haver alguma razão para a maçã cair no chão e não ir para cima. Imediatamente, ele chegaria a conclusão de que deve existir uma força exercida pela Terra que puxa (atrai) todos os objetos para baixo, em sua direção. Depois ele daria a essa força o nome de força da gravidade (Martins, 2006).

Em outra versão, Newton tentava entender porque a Lua não se afasta da Terra e na década de 1660, quando passeava em um jardim, observou uma maçã caindo de uma árvore. Isso o teria feito pensar que, talvez, o poder responsável pela queda da maçã atuasse, também, na Lua, de modo que a Lua estaria continuamente caindo para a Terra, o que a impediria de se afastar (Dias *et al.*, 2004).

O episódio da maçã, que teria desencadeado os estudos de Newton sobre a gravitação, aparece com grande frequência no ensino e é relatada por quase todos os professores de Física e, dessa forma, sendo incorporada à cultura científica contemporânea (Martins, 2006).

Esse acontecimento teria ocorrido durante a juventude de Isaac Newton (1642-1727). Ele iniciou seus estudos no *Trinity College*, em Cambridge, 1661. Quatro anos depois ele obteve o título de “bacharel em artes” e permaneceu em Cambridge, para prosseguir seus estudos. No entanto, no outono de 1665 a Grande Praga atingiu a Inglaterra. A universidade foi fechada, os alunos se dispersaram e Newton abandonou a cidade, retornando à prosperidade rural de Woolsthorpe, onde havia

nascido e onde a avó o havia criado. Lá passou quase todo o tempo (18 meses), até a primavera de 1667, quando a peste havia desaparecido e foi possível retornar a Cambridge. Foi nos “anos maravilhosos”, de 1665 a 1667, que Newton iniciou alguns dos trabalhos científicos mais relevantes de sua vida como o “binômio de Newton” e desenvolveu importantes ideias sobre a gravidade. A anedota sobre a maçã de Newton se refere exatamente ao tempo em que ele passou na fazenda de Woolsthorpe – mais exatamente, ao ano de 1666. (MARTINS, 2006, p.167)

Textos, como os citados anteriormente, mostram uma visão completamente distorcida da História da Ciência, eles dão a entender que ninguém antes de Newton havia se perguntado o porquê das coisas caírem em vez de subir, e que a simples queda da maçã despertaria nele tal questionamento.

O que acontece de fato é que muitas pessoas, desde a Antiguidade, já pensavam sobre a queda dos corpos e que já se falava de “gravidade” há mais de mil anos antes de Newton. A queda dos corpos já era descrita desde os tempos imemoriais, utilizando-se palavras equivalentes a “gravidade”, em vários idiomas, “gravitas”, em latim. Foi justamente dessa palavra latina que as palavras correspondentes em português, francês, inglês e outros idiomas europeus modernos, de forma que não foi Newton quem inventou a palavra gravidade, ela é muito mais antiga (Martins, 2006).

“Galileo, muito antes do nascimento de Newton, referia-se a gravidade e aos ‘graves’ (os corpos pesados) e sabia perfeitamente que a palavra gravidade era um nome e não uma explicação”. (MARTINS, 2006, p.171)

Se o episódio aconteceu mesmo ou não, é difícil de afirmar, o que sabemos é que Newton deixou, ao morrer, uma vasta quantidade de manuscritos, entretanto, jamais foi encontrada qualquer descrição dele a respeito da queda da maçã. Newton descreveu esse episódio para algumas pessoas quando já era idoso. Um desses testemunhos foi registrado por William Stukeley, amigo pessoal de Newton, que só foram publicadas no século XX (Martins, 2006).

Stukeley teria afirmado que, certo dia depois do almoço, ele e Newton foram para o jardim e tomaram chá sob a sombra de algumas macieiras e, entre outras coisas, Newton teria confessado para ele que estariam na mesma situação em que, muito tempo atrás, a ideia da gravitação veio a sua mente. Por que uma maçã deve sempre descer verticalmente ao solo? Teria pensado Newton consigo por ocasião da queda de uma maçã, enquanto estava sentado em uma atitude contemplativa (Martins, 2006).

6.2. Lei da Gravitação de Newton

Um dos mais antigos objetivos da Física é entender a força gravitacional, a mesma força que nos mantém na superfície da Terra, que mantém a Lua em órbita em torno da Terra, assim como mantém a Terra em órbita em torno do Sol. A força gravitacional se estende em toda Via Láctea, evitando que se dispersem os bilhões de estrelas e incontáveis moléculas e partículas isoladas que existem na galáxia (Halliday *et al.*, 2012).

Essa força também é responsável por uma das entidades mais misteriosas do universo, o buraco negro. Quando uma estrela consideravelmente maior que o Sol se apaga, a força gravitacional que age entre suas partículas pode fazer com que a estrela se contraia de forma indefinida, formando assim um buraco negro. A força gravitacional na superfície de uma estrela desse tipo será tão intensa que nem a luz poderá escapar (Halliday *et al.*, 2012).

Mesmo que a força gravitacional ainda não seja totalmente compreendida, o ponto de partida para seu entendimento será a Lei da Gravitação de Isaac Newton.

Boa parte das conquistas de Isaac Newton foi alicerçada nos trabalhos dos que o antecederam, como por exemplo, Galileu. Newton trabalhou na Lei da Gravitação percebendo que a atração sofrida por uma maçã ao cair sobre a Terra e pela Lua orbitando em torno do planeta tinham algo em comum, uma força que as puxava para o centro da Terra (Uhr, 2007).

Após formular sua terceira lei do movimento, Newton ao afirmar que para toda ação sempre existe uma reação igual e oposta ou as ações mútuas de dois corpos um no outro são sempre iguais e direcionadas para partes contrárias, compreendeu que se o Sol atrai a Terra, a Terra também deveria atrair o Sol com uma força de mesma intensidade. Dessa forma, se cada planeta é, por sua vez, atraído pelo Sol, então ele atrai o Sol, pela terceira lei. Assim, cada planeta é um centro de força atrativa, também. Mas, se cada planeta não só atrai como é atraído pelo Sol, também atrai e é atraído por cada um dos outros planetas (Dias *et al.*, 2004).

A universalidade da gravitação não é tão óbvia para nós porque a força de atração que a Terra exerce sobre os corpos próximos é muito maior que a força de atração que os corpos exercem uns sobre os outros. Por exemplo, a Terra atrai uma maçã com uma força da ordem de 0,8N, enquanto que uma pessoa atrai uma maçã próxima (e é atraída por ela) com uma força de atração menor que o peso de uma partícula de poeira (Halliday *et al.*, 2012).

A relação dessa força com o inverso do quadrado da distância entre os corpos envolvidos ficou definida. A mesma **Lei do Inverso do Quadrado** que descreve como a força gravitacional decai com a distância é válida para qualquer outro fenômeno em que uma

fonte localizada se espalha uniformemente no espaço ao redor, por exemplo: a luz que sai de uma vela acesa, o som produzido por um jogador chutando uma bola, uma explosão, uma pistola de tinta sendo acionada, etc. (Uhr, 2007).

2.2.1.1. Lei da Gravitação de Newton

Para realizar os cálculos da força gravitacional a que Newton se refere, ele já dispunha da formulação dos princípios fundamentais da dinâmica, obtidos por ele em sua fazenda com cerca de 23 ou 24 anos de idade (NUSSENZVEIG, 2002).

Para diversos planetas, a excentricidade da órbita elíptica é muito pequena, de modo que esta pode ser tomada como circular, com excelente aproximação. O que pode ser aplicado à órbita da Lua. A órbita circular é mais fácil de ser tratada do que a elíptica, de modo que será construído o argumento de Newton para esse caso (NUSSENZVEIG, 2002).

Newton conhecia a 3ª lei de Kepler

$$\frac{T^2}{R^3} = K \equiv \text{constante}, \quad (1)$$

Pensando se a força que faz corpos próximos à superfície da Terra não seria a mesma força que mantém a Lua em órbita “circular” em torno da Terra. Para responder essa questão ele fez uso de sua 2ª lei, portanto

$$F = m_L a = m_L \frac{v^2}{R_L} = m_L \omega^2 R_L = m_L \frac{4\pi^2}{T^2} R_L. \quad (2)$$

Na equação (2) F é a força que a Terra exerce sobre a Lua para mantê-la em órbita “circular”, m_L é a massa da Lua, a é a aceleração centrípeta, v é a velocidade circular média, R_L é a distância do centro de massa da Terra ao centro de massa da Lua, ω é a velocidade angular média que a Lua tem em torno da Terra e T é o período da órbita.

Aplicando a 3ª lei de Kepler nesse caso terá

$$\frac{T^2}{R_L^3} = K \Rightarrow T^2 = K R_L^3. \quad (3)$$

Substituindo (3) em (2)

$$F = \frac{4\pi^2}{K R_L T^3} m_L R_L \Rightarrow F = \frac{4\pi^2}{K} \frac{m_L}{R_L^2}, \quad (4)$$

Para não abandonar a sua 3ª lei, ele igualou a constante que aparece em (4) a outra constante multiplicado pela massa da Terra M_T

$$\frac{4\pi^2}{K} = GM_T. \quad (5)$$

Na equação (5) G é uma constante de proporcionalidade que é conhecido como constante de gravitação universal. Assim, substituindo (5) em (4) obtém-se

$$F = G \frac{M_T m_L}{R_L^2}, \quad (6)$$

Que é a lei de gravitação universal aplicada à Terra e à Lua em sua forma modular. A sua forma vetorial é

$$F = G \frac{M_T m_L}{R_L^2} \frac{R_L}{R_L}. \quad (7)$$

Newton havia então proposto uma lei para a força de gravitação, que foi chamada de **lei da gravitação de Newton**: toda partícula do universo atrai as outras partículas com uma **força gravitacional** cujo módulo é dado por (Halliday *et al.*, 2012):

$$F = G \frac{M_1 m_2}{r^2}$$

onde M_1 e m_2 são as massas das partículas, r é a distância entre elas e G é uma constante conhecida como **constante gravitacional**, cujo valor é:

$$G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N.m/kg}^2$$

Para se determinar o valor da constante gravitacional G , é necessário medir a força de atração gravitacional entre duas massas conhecidas, fato que é muito difícil em laboratório por ser muito fraca a interação entre elas (NUSSENZVEIG, 2002).

O valor de G é dado pelo valor da força de atração entre dois corpos de 1 kg cada, estando afastados 1 m um do outro, ou seja, 0,0000000000667 N. O que representa uma força extremamente fraca. A constante G foi medida pela primeira vez pelo físico inglês Henry Cavendish (século XVIII), bem depois da época de Newton. Cavendish fez isso medindo a minúscula força entre massas de chumbo com uma balança de torção extremamente sensível (Hewitt, 2002).

6.3. Lei do inverso do quadrado

A gravidade vai ficando cada vez mais fraca à medida que a distância entre os corpos aumenta. Isso pode ser percebido considerando como uma pistola de pintura espalha a tinta com o aumento da distância, por exemplo (Hewitt, 2002).

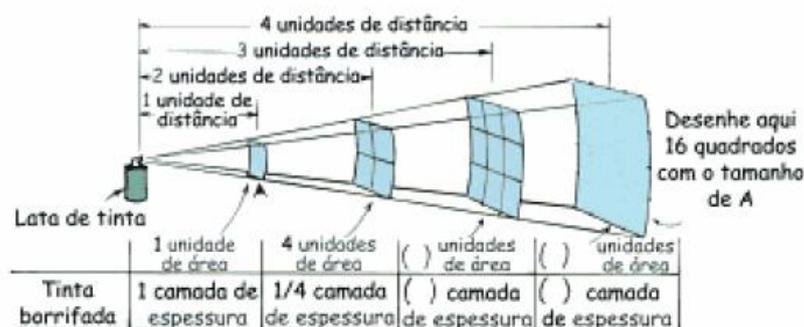


Figura XV – A lei do inverso do quadrado. A tinta borrifada sai do bocal da lata em linhas retas radiais. Como a gravidade, a “intensidade” do borrifo obedece à lei do inverso do quadrado.

Fonte: HEWITT, 2002, p.159.

Suponha que tal pistola de pintura seja posicionada no centro de uma esfera com raio de 1 metro, e que um jato de tinta viaja 1 metro para produzir um retalho quadrado de tinta que tem 1 milímetro de espessura. Se a mesma quantidade de tinta desloca-se em linha reta por 2 metros, ela se espalhará sobre um retalho que é duas vezes maior tanto na largura como na altura. A tinta seria espalhada, então, sobre uma área quatro vezes maior, de modo que sua espessura seria apenas $\frac{1}{4}$ de milímetro (Hewitt, 2002). O mesmo acontecerá com o aumento da distância em três vezes ($\frac{1}{9}$ de milímetro para a espessura), 4 vezes ($\frac{1}{16}$ de milímetro) e assim por diante.

Esse fato é conhecido como **lei do inverso do quadrado**. Ela vale, também, para todos os fenômenos em que a fonte localizada se espalha uniformemente no espaço ao redor, por exemplo, o campo elétrico em torno de um elétron isolado, a luz de um palito de fósforo, a radiação de um pedaço de urânio, o som produzido por uma bola atingida durante um jogo e, inclusive, com a gravidade (Hewitt, 2002).

É importante enfatizar que o termo distância r , presente na equação de Newton para a gravidade, é a distância entre os centros de massa dos corpos. Isso significa, por exemplo, que se uma pessoa pesa 800N na superfície da Terra, ela terá um peso de apenas 200N caso seja levada para uma distância referente ao raio da Terra.

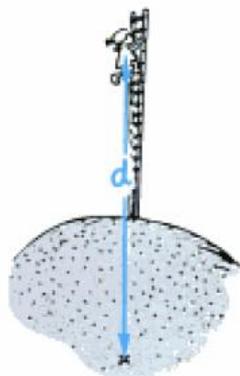


Figura XVI – De acordo com a equação de Newton, o peso da pessoa (e não sua massa) diminui quando ela aumenta sua distância do centro da Terra.

Fonte: HEWITT, 2002, p.159.

Não importa quão grande seja a distância, a força gravitacional da Terra vai se aproximando de zero, mas nunca chegará a zero. Mesmo que uma pessoa seja transportada para um local muito longínquo em relação à Terra, a influência gravitacional de nosso lar ainda estará lá, mesmo que seja sobrepujada pelas influências gravitacionais de outros corpos mais próximos. A influência gravitacional de todos os objetos materiais é exercida através de todo o espaço, seja ele pequeno ou esteja muito longe (Hewitt, 2002).

6.4. A gravitação perto da superfície da terra

Supondo que a Terra é uma esfera homogênea de massa M . O módulo da força gravitacional que ela exerce sobre uma partícula de massa m , localizada fora da Terra, em sua superfície, isto é, a uma distância r do seu centro é dada pela equação (Halliday *et al.*, 2012):

$$F = G \frac{Mm}{r^2}$$

Caso essa partícula seja liberada, ela cai no sentido do centro da Terra, em consequência da força gravitacional F , com uma aceleração que é chamada de **aceleração da gravidade a_g** . De acordo com a segunda lei de Newton, os módulos de F e a_g estão relacionados através da equação (Halliday *et al.*, 2012):

$$F = ma_g$$

Igualando as duas equações acima, obtemos:

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

A tabela a seguir, mostra os valores de a_g calculados para várias altitudes acima da superfície da Terra. Pode-se perceber que a_g tem um valor relativamente alto, mesmo a 400 km de altitude (Halliday *et al.*, 2012).

Altitude (km)	a_g (m/s²)	Exemplo de altitude
0	9,83	Superfície média da Terra
8,8	9,80	Monte Everest
36,6	9,71	Recorde para um balão tripulado
400	8,70	Órbita do Ônibus espacial
35700	0,225	Satélite de comunicações

Varição de a_g com a altitude.
Adequação da tabela de HALLIDAY et al., 2012.

6.5. Gravitação no interior da terra

O campo gravitacional da Terra existe tanto no seu interior quanto fora dela. Imaginando que é possível cavar um túnel que atravessasse toda a Terra, do polo sul ao norte (desconsiderando os fatores que tornam isso impossível), o movimento de uma pessoa ao saltar pelo buraco cairia e ganharia rapidez ao longo de todo o caminho para baixo, até o centro, e depois perderia a rapidez ao longo do caminho “para cima”, até o outro polo (Hewitt, 2002).

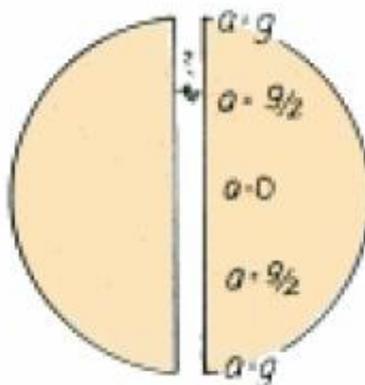


Figura XVII – Quando você cai cada vez mais rapidamente num buraco perfurado de um lado a outro da Terra, a sua aceleração diminui porque a parcela de massa que se encontra abaixo de si torna-se cada vez menor. Menos massa significa menos atração, até que, ao atingir o centro, a força resultante e a aceleração decorrente tornem-se nulas. O momentum que já possui permite ultrapassar o centro, seguindo com uma aceleração orientada no sentido oposto e cujo valor vai crescendo até chegar na outra extremidade do túnel, onde a aceleração volta a ser de valor g e orientada para o centro.

Fonte: HEWITT, 2002, p.165.

Sem o arraste produzido pelo ar, a viagem de ida levaria cerca de 45 minutos. Caso não conseguisse agarrar a borda do buraco, a pessoa cairia de volta no sentido do centro da Terra e retornaria ao outro polo no mesmo tempo da viagem de ida (Hewitt, 2002).

A aceleração da pessoa em queda pelo buraco fica progressivamente menor à medida que ela se aproxima do centro da Terra, pois existe cada vez menos massa atraindo-a para lá. Ao chegar no centro da Terra, a atração será contrabalançada pela atração orientada para cima, de modo que a força resultante sobre ela seja nula, ou seja, $a = 0$ quando passar zunindo pelo centro da Terra. O campo gravitacional no centro da Terra é nulo (Hewitt, 2002).

7. EINSTEIN E A GRAVITAÇÃO

No início do século XX, Albert Einstein formulou um modelo para a gravidade completamente diferente do de Newton, em sua teoria geral da relatividade. Ele concebeu um campo gravitacional como uma curvatura geométrica no espaço-tempo tetradimensional. Einstein percebeu que os corpos produzem deformações no espaço-tempo (Hewitt, 2002).

Analogamente a uma bola massiva, localizada no meio de um colchão d'água, que deforma a superfície bidimensional do mesmo, um corpo produz a deformação do espaço-tempo (Hewitt, 2002).

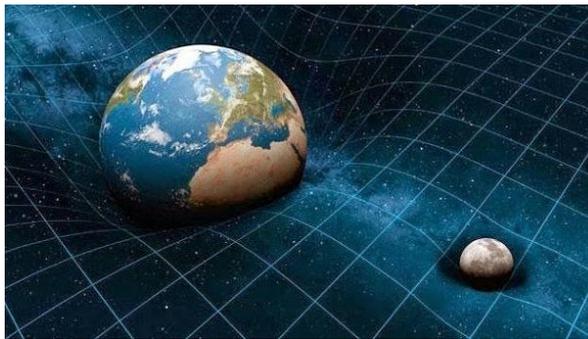


Figura XVIII – Curvatura do espaço.
Fonte: SEMPRE QUESTIONE, acesso em: 11 abr. 2016, 18:46:05.

Quanto mais massiva for a bola, maior será a deformação ou a dobra produzida. Caso uma bola de gude for rolada sobre o colchão, em um local bem afastado da bola massiva, ela seguirá rolando em linha reta, no entanto, se ela for rolada próximo à bola massiva, a trajetória da bola de gude se curvará quando estiver passando pela depressão na superfície do colchão. Se a trajetória fechar-se sobre si mesma, a bola de gude orbitará ao redor da bola massiva numa trajetória oval ou circular (Hewitt, 2002).

REFERÊNCIAS

- AXELROD, David. **Gênios da Ciência: Galileu**. 2002. Versão brasileira Audionews. Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=z11inivuIII&list=PLvZ7_enOE9UsVEGIZYHWpza8vyS68xDe4&index=8>. Acesso em: 27/07/2016.
- BÜTTNER, Jochen. Assim na Terra como no Céu. **Scientific American Brasil**. Galileu: o destronamento da Terra. Edição especial. Número 33. Pp. 54-63. São Paulo. Duetto editorial [2008 ou 2009].
- BRAGA, Marco; GUERRA, Andreia; REIS, José C. **Breve História da Ciência Moderna**, Volume 1, Convergência de Saberes. Rio de Janeiro: Editora Zahar, 2008. 3ª Edição.
- CONTADOR, Paulo Roberto Martins. **Kepler, o legislador dos céus**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2014.
- CURY, Fernanda. **Copérnico e a revolução da astronomia**. São Paulo: Editora Minuano, 2003.
- DIAS, Penha Maria Cardoso; SANTOS, Wilma Machado Soares; SOUZA, Mariana Thomé Marques de. A gravitação universal. Um texto para o ensino médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. v.26, n.3, p.257-271, 2004.
- HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentals of Physics**. Tradução: BIASI, Ronaldo Sérgio de. Volume 2. Rio de Janeiro: Editora LTC, 2012. 9ª Edição.
- HEWITT, Paul G. **Física Conceitual**. Tradução: RICCI, Trieste Freire; GRAVINA, Maria Helena. São Paulo: Editora Bookman, 2002. 9ª Edição.
- MARTINS, Roberto de Andrade. Galileu e a rotação da Terra. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v.11, n.3, p.196-211, 1994.
- _____. **A maçã de Newton: Histórias, lendas e tolices**. Pp. 167-189, in: SILVA, Cibele Celestino. *Estudos de História e Filosofia das Ciências: Subsídios para aplicação no ensino*. São Paulo. Editora Livraria da Física, 2006.
- _____. **Universo: Teorias sobre sua origem e evolução**. São Paulo. Editora Livraria da Física, 2012. 2ª edição.

NUSSENZVEIG, Herch Moysés. **Curso de Física Básica**. 4ª edição. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 2002.

OLIVEIRA, Paulo Robson Leite de. Início. **Blog de Estudo de Gravitação Universal**. Junho de 2016. Disponível em: <<http://blogdeestudogu.blogspot.com.br/>>. Acesso em: 27/07/2016.

RENN, Jürgen. A revolução de Galileu e a transformação do conhecimento. **Scientific American Brasil**. Galileu: o destronamento da Terra. Edição especial. Número 33. Pp. 6-15. São Paulo. Duetto editorial [2008 ou 2009].

SCHEMMEL, Matthias. Novas visões de mundo. **Scientific American Brasil**. Galileu: o destronamento da Terra. Edição especial. Número 33. Pp. 16-25. São Paulo. Duetto editorial [2008 ou 2009].

SEMPRE QUESTIONE. **Você sabe como funciona a gravidade?** Disponível em: <<http://www.semprequestione.com/2015/02/voce-sabe-como-funciona-gravidade-video.html#.VwwagqQrLIU>>. Acesso em: 11 abr. 2016, 18:46:05.

SILVA, Cibelle Celestino. A natureza dos cometas e o escorregão de Galileu. Pp. 20-25. **Scientific American História**. Os grandes erros da ciência. Edição número 6. São Paulo. Duetto editorial [ca. 2010].

UNIVERSITY OF COLORADO. Gravidade e Órbitas. **PHET**. Junho de 2016. Disponível em: <https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/gravity-and-orbits>. Acesso em: 27/07/2016.

APÊNDICE B

Slides Utilizados nas Aulas Presenciais

Estudos de Gravitação Universal

Prof. Paulo Robson Leite de Oliveira
Mestrando em Ensino de Ciências - PPGECM - UEPB

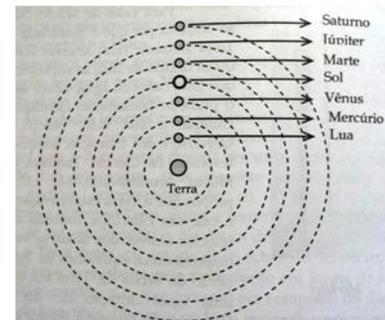
Algumas das Primeiras Ideias

- Homero detalhava a Terra como um disco gigante flutuando sobre as águas do imenso oceano;
- Tales de Mileto acreditava na concepção de Homero; questionou racionalmente essa concepção; abandonou as explicações mitológicas.
- Anaximandro de Mileto, concebeu um universo infinito em extensão e duração, sendo constituído por uma matéria indestrutível e eterna, sem propriedades definidas, origem de todas as coisas que existem no cosmo
- Anaximenes, discípulo de Anaximandro, criou um conceito mais complexo para o universo; afirmou que as estrelas ficavam presas a uma esfera transparente de material cristalino criando um dogma da Astronomia que perdurou até o início do século XVI

Momento presencial 02

- Você já ouviu falar em modelo planetário?
- Sabe qual é a diferença entre o modelo geocêntrico e o heliocêntrico?
- No que se refere a esses dois modelos, seria possível considerarmos um modelo planetário para o universo que seja geocêntrico e heliocêntrico ao mesmo tempo?

Modelo Astronômico Geocêntrico Clássico



A Origem do Mundo

- Durante a história da humanidade sempre existiu a necessidade de se observar, estudar, questionar e explicar os fenômenos naturais.

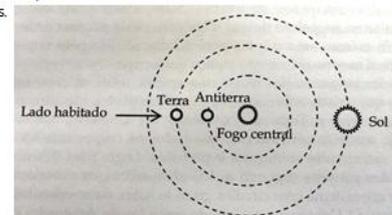
Universo na Antiguidade

- A curiosidade e a necessidade de explicar a estrutura e o surgimento do universo apareceram no homem há milhares de anos. Desde vários séculos antes de Cristo, não se sabe quando nem o quanto, os caldeus e os egípcios já observavam e estudavam os céus.

Outros modelos de universo

Sistema de Filolau

a Terra rolaria no espaço, girando vinte e quatro horas ao redor de uma fogueira central, que era estacionária, e não deveria ser confundida com o Sol, onde habitavam os deuses.



Sistema de Aristóteles

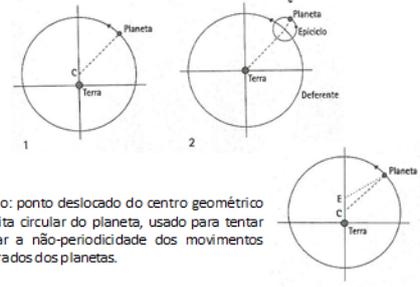
A visão de uma Terra esférica foi sendo aceita. Ele concluiu que existiam coisas "pesadas", como sólidos e líquidos, que caem no sentido do centro da Terra; e outras coisas "leves", como o ar e o fogo, que se afastam do centro da Terra.



Ele propôs que existiria um quinto elemento, conhecido por "éter" que seria responsável pela composição dos corpos celestes

Epíclidos de Hiparco

Circunferência de pequeno raio, na qual o planeta giraria com velocidade constante, o centro desta circunferência giraria então ao redor da Terra sobre outra circunferência, denominada deferente

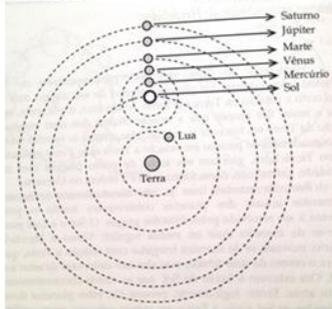


Equanto: ponto deslocado do centro geométrico da órbita circular do planeta, usado para tentar adequar a não-periodicidade dos movimentos retrógrados dos planetas.

Sistema de Heráclides

Tomou como certa a rotação da Terra em torno de seu próprio eixo para explicar o dia e a noite.

Terra estaria no centro do universo; Mercúrio e Vênus deveriam girar ao redor do Sol.



Cláudio Ptolomeu

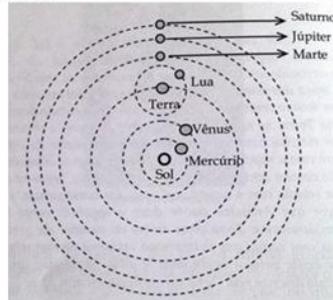
Combinou a ideia do movimento em epíclidos com a de deferentes excêntricas. O centro do deferente se encontraria a meio caminho entre o centro da Terra e o equanto, um ponto em relação ao qual o movimento no deferente parece uniforme.

Mais famoso astrônomo da Antiguidade. Em seu modelo de mundo, ele aceitou as ideias de Aristóteles e elaborou uma detalhada teoria matemática que permitia explicar e prever, com grande precisão, o movimento dos planetas.

Aristarco e o Heliocentrismo

Foi o primeiro homem a colocar o Sol no centro do universo e a Terra como mais um simples planeta girando em torno de si.

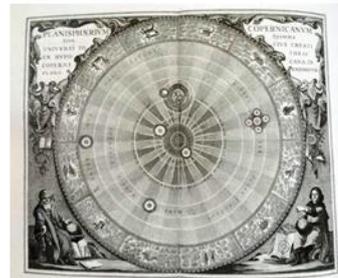
Fez as primeiras medidas das distâncias da Terra até a Lua e o Sol, e verificou que a Lua era menor do que a Terra, mas o Sol era muito maior



Universo de Copérnico

Propõe uma teoria heliocêntrica; Acreditava nos orbes transparentes; Conseguiu estabelecer as distâncias dos planetas; Não conseguiu determinar as distâncias das estrelas

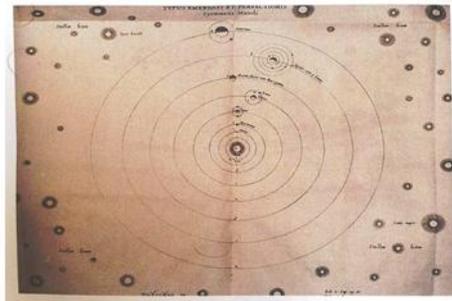
Copérnico tentou ater-se quase que completamente à concepção aristotélica-ptolomeica de mundo.



Concepções de Giordano Bruno

Se convenceu de que a teoria de Copérnico era verdadeira;
Considerava que Copérnico teria libertado a humanidade de uma prisão intelectual, expandindo o universo até o infinito.

Bruno defendia que a ideia de um universo finito é incompatível com o poder de Deus. Ele questiona que, se Deus pudesse criar um universo infinito, por que motivo não o criaria?



Representação do cosmo de 1672, meio século após a invenção do telescópio. O Sistema Solar – ordenado segundo Copérnico e incluindo as luas de Júpiter descobertas por Galileu – está assentado em um mar de estrelas, não mais dispostas em uma esfera, mas cuja verdadeira natureza era desconhecida na época.

Momento presencial 03

- É possível mesmo um grande cientista cometer algum erro? E a Ciência erra?
- Por muito tempo o movimento circular dos planetas foi considerado como inquestionável. Será que o movimento elíptico não era tão óbvio assim?
- Isso significa que os astrônomos que antecederam Kepler não foram tão bons como ele?

O escorregão de Galileu

Outro importante passo para a rejeição da cosmologia de Aristóteles e consequente aceitação do modelo copernicano foram os estudos dos cometas. Entretanto, neste aspecto, Galileu não deu nenhuma contribuição positiva

Galileu se opôs de modo feroz à interpretação de que os cometas eram fenômenos celestes. Sem fazer nenhuma observação direta nem os cálculos de suas trajetórias, ele optou pela solução mais fácil, simplesmente negou que os cometas fossem fenômenos celestes, com trânsito além da órbita lunar.

O universo de Galileu

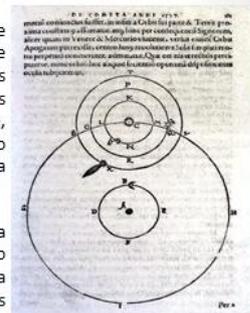
Foi um dos mais famosos defensores do heliocentrismo, tendo proposto uma nova Física para tornar aceitável a ideia de que a Terra se move em torno do Sol, diferente da de Aristóteles.

Com a invenção do telescópio em 1609 na Holanda, Galileu pode desenvolver uma nova visão do céu. Após difundir seu telescópio, ele realiza importantes descobertas astronômicas como, as observações da Lua e das fases de Vênus, a decomposição da Via Láctea em estrelas individuais, e, principalmente, a descoberta das quatro grandes luas de Júpiter.

O mundo de Tycho Brahe

Brahe não aceitou o sistema de Copérnico, pois ele não era capaz de detectar as alterações nas posições relativas das estrelas, ele imaginou os planetas Mercúrio, Vênus, Marte, Júpiter e Saturno em volta do Sol, o Sol e Lua em volta da Terra e esta imóvel no centro do universo.

No universo de Brahe, a Terra ficava no centro, da mesma forma que no universo de Aristóteles, e o Sol girava ao seu redor, mas todos os outros planetas giravam em torno do Sol.



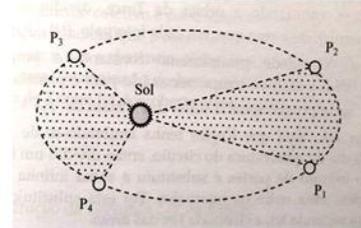
As leis de Kepler

De acordo com a natureza dos corpos celestes, os astros deveriam mover-se, uniformemente, em círculos, ao redor da Terra. Porém, as observações mostravam desvios desse movimento, chamados anomalias:

1. Os planetas de tempos em tempos parecem andar para trás, em seu movimento nos céus (retrogressão);
2. Os planetas parecem não se mover uniformemente em sua jornada pelo céu, isto é, arcos iguais no céu, não são, necessariamente, percorridos em tempos iguais;
3. Os brilhos dos planetas variam, o que era atribuído a um menor ou maior afastamento da Terra.

Segunda lei

A linha (imaginária) que liga o Sol a um planeta descreve áreas iguais em intervalos de tempo iguais.



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

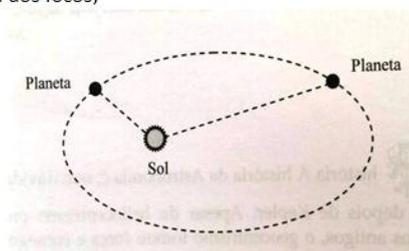
- Kepler compartilhava as ideias de universo de Copérnico;
- Trabalhou como assistente de Brahe;
- Ele usou os dados de Tycho para resolver o problema e determinar a órbita de Marte;
- Como ele tinha melhores dados do que seus antecessores, pôde almejar uma melhor precisão dos cálculos.
- Fez várias hipóteses e tentativas para ajustar seus dados aos cálculos e testá-las para muitas posições;
- Foi um trabalho que lhe consumiu alguns anos;
- Desses cálculos resultaram duas leis, em 1916:

Alguns anos depois, ele acrescenta nova lei: A razão entre o quadrado do período da órbita do planeta e o cubo do raio médio de sua órbita é uma constante.

$$\frac{T^2}{R^3} = \text{constante}$$

Primeira lei

As órbitas planetárias são elípticas, com o Sol em um dos focos;



Momento presencial 04

- Se a gravitação é mesmo universal, isso quer dizer que todo corpo atrai outro corpo, certo?
- Se isso é verdade, então por que nós não estamos nos atraindo e sendo puxados uns nas direções dos outros?
- Ou será que estamos e não estamos percebendo?

Lei da Gravitação de Newton

A universalidade da gravitação:

Após formular sua terceira lei do movimento, Newton compreendeu que se o Sol atrai a Terra, a Terra também deveria atrair o Sol com uma força de mesma intensidade. Dessa forma, se cada planeta não só atrai como é atraído pelo Sol, também atrai e é atraído por cada um dos outros planetas.

Questões para resolução:

- 1) Quais informações são necessárias para se determinar um valor numérico para a força de atração gravitacional entre a Terra e a Lua?
- Dispondo de tais informações, qual seria o procedimento para realizar essa tarefa?
- Você conseguiria desenvolvê-la?
- Vamos tentar?

Lei da gravitação de Newton

Toda partícula do universo atrai as outras partículas com uma **força gravitacional** cujo módulo é dado por

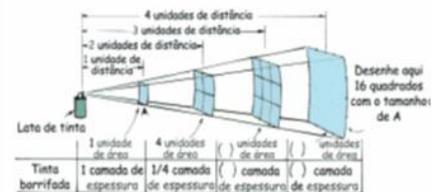
$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

onde m_1 e m_2 são as massas das partículas, r é a distância entre elas e G é uma constante conhecida como **constante gravitacional**

Lei do inverso do quadrado

A gravidade vai ficando cada vez mais fraca à medida que a distância entre os corpos aumenta.

Exemplo, uma pistola de pintura:



Ela vale, também, para todos os fenômenos em que a fonte localizada se espalha uniformemente no espaço ao redor

$$G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N.m/kg}^2$$

O valor de G é dado pelo valor da força de atração entre dois corpos de 1 kg cada, estando afastados 1 m um do outro, ou seja, 0,0000000000667 N. O que representa uma força extremamente fraca. Foi medida pela primeira vez por Henry Cavendish (século XVIII).

É importante enfatizar que o termo distância r , presente na equação de Newton para a gravidade, é a distância entre os centros de massa dos corpos. Isso significa, por exemplo, que se uma pessoa pesa 800N na superfície da Terra, ela terá um peso de apenas 200N caso seja levada para uma distância referente ao raio da Terra.



Gravitação perto da superfície da Terra

Supondo que a Terra é uma esfera homogênea de massa M . O módulo da força gravitacional que ela exerce sobre uma partícula de massa m , localizada fora da Terra, em sua superfície, isto é, a uma distância r do seu centro é dada pela equação:

$$F = G \frac{Mm}{r^2}.$$

Caso essa partícula seja liberada, ela cai no sentido do centro da Terra, em consequência da força gravitacional F , com uma aceleração que é chamada de **aceleração da gravidade** a_g . De acordo com a segunda lei de Newton, os módulos de F e a_g estão relacionados através da equação:

$$F = ma_g.$$

Igualando as duas equações acima, obtemos:

$$a_g = \frac{GM}{r^2}.$$

Valores de a_g calculados para várias altitudes acima da superfície da Terra.

Altitude (km)	a_g (m/s ²)	Exemplo de altitude
0	9,83	Superfície média da Terra
8,8	9,80	Monte Everest
36,6	9,71	Recorde para um balão tripulado
400	8,70	Órbita do ônibus espacial
35 700	0,225	Satélite de comunicações

Pode-se perceber que a_g tem um valor relativamente alto, mesmo a 400 km de altitude

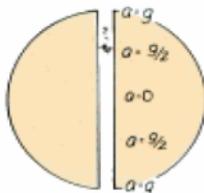
Questões para resolução:

- 2) (HEWITT, 2002 – Adaptada) Se uma maçã pesa 1 N na superfície da Terra, ela pesaria apenas 1/4 N a uma distância duas vezes maior em relação ao centro da terra. A uma distância três vezes maior ela pesaria 1/9 N. Então qual seria o peso dessa maçã a uma distância quatro vezes maior? E cinco vezes maior? E seis vezes maior?

Questões para resolução:

- 3) Se uma pessoa pesa 400N sobre a superfície da Terra, caso ela seja levada a uma distância duas vezes maior em relação ao centro do planeta, isto é, a uma altura igual ao dobro do raio da Terra, ela terá um peso de quantas vezes menor? Qual será esse peso?

Gravitação no interior da Terra



Quando você cai cada vez mais rapidamente num buraco perfurado de um lado a outro da Terra, a sua aceleração diminui porque a parcela de massa que se encontra abaixo de si torna-se cada vez menor. Menos massa significa menos atração, até que, ao atingir o centro, a força resultante e a aceleração decorrente tornem-se nulas.

O campo gravitacional no centro da Terra é nulo.

Questões para resolução:

- 4) Se a aceleração da gravidade (a_g) varia com a altitude e seu valor para superfícies no nível do mar é, aproximadamente, 9,8 m/s², determine o valor de a_g para:
 - a) o ponto mais elevado na cidade de Altaneira-Ce (cerca de 800 m em relação ao nível do mar);
 - b) a cidade de La Paz na Bolívia (cerca de 3600m de altitude);
 - c) uma órbita maior que a do ônibus espacial (500km de altitude).

Einstein e a Gravitação

Albert Einstein formulou um modelo para a gravidade completamente diferente do de Newton, em sua teoria geral da relatividade. Ele concebeu um campo gravitacional como uma curvatura geométrica no espaço-tempo tetradimensional. Einstein percebeu que os corpos produzem deformações no espaço-tempo.

Analogamente a uma bola massiva, localizada no meio de um colchão d'água, que deforma a superfície bidimensional do mesmo, um corpo produz a deformação do espaço-tempo.



Referências

- BÜTTNER, Jochen. Assim na Terra como no Céu. *Scientific American Brasil*. Galileu: o destronamento da Terra. Edição especial. Número 33. Pp. 54-69. São Paulo. Duetto editorial [2008 ou 2009].
- BRAGA, Marco; GUERRA, Andreia; REIS, José C. Breve História da Ciência Moderna, Volume 1. Convergência de Saberes. Rio de Janeiro: Editora Zahar; 2008. 3ª Edição.
- CONTADOR, Paulo Roberto Martins. *Kepler, o legislador dos céus*. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2014.
- CURY, Fernanda. *Copérnico e a revolução da astronomia*. São Paulo: Editora Minuano, 2009.
- DIAS, Penha Maria Cardoso; SANTOS, Wilma Machado Soares; SOUZA, Mariana Thomé Marques de. A gravitação universal. Um texto para o ensino médio. *Revista Brasileira de Ensino de Física*. v.26, n.3, p.257-271, 2004.
- HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. *Fundamentals of Physics*. Tradução: BIASI, Ronaldo Sérgio da. Volume 2. Rio de Janeiro: Editora LTC, 2012. 9ª Edição.
- HEWITT, Paul G. *Física Conceitual*. Tradução: RICO, Trieste Freire; GRAVINA, Maria Helena. São Paulo: Editora Bookman, 2002. 9ª Edição.
- MARTINS, Roberto de Andrade. Galileu e a rotação da Terra. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v.11, n.3, p.196-211, 1994.
- _____. Universo: Teorias sobre sua origem e evolução. São Paulo. Editora Livraria da Física, 2012. 2ª edição.
- RENN, Jürgen. A revolução de Galileu e a transformação do conhecimento. *Scientific American Brasil*. Galileu: o destronamento da Terra. Edição especial. Número 33. Pp. 6-15. São Paulo. Duetto editorial [2008 ou 2009].
- SCHEMML, Matthias. *Novas visões de mundo*. *Scientific American Brasil*. Galileu: o destronamento da Terra. Edição especial. Número 33. Pp. 16-25. São Paulo. Duetto editorial [2008 ou 2009].
- SEMPRE QUESTIONE. *Você sabe como funciona a gravidade?* Disponível em: <<http://www.semprequestione.com/2015/02/voc-e-sabe-como-funciona-gravidade-video.html#ixzz3Q1LIU>>. Acesso em: 11 abr. 2016, 18:46:05.
- SILVA, Cibelle Celestino. A natureza dos cometas e o escoreggió de Galileu. Pp. 20-25. *Scientific American História*. Os grandes erros da ciência. Edição número 6. São Paulo. Duetto editorial [ca. 2010].

APÊNDICE C

Atividade de Associação de Informações

Associe as informações da coluna da esquerda a seus respectivos complementos na coluna da direita:

1 - Galileu Galilei	A - Apesar da polêmica contra a Física aristotélica, como o movimento natural e o provocado, ela continuou sendo base de suas discussões.
2 - No que se refere à tradição escolástica, Galileu faz referência à mecânica e utiliza de conceitos e teorias de Arquimedes numa revisão da Física de Aristóteles.	B - Entretanto, suas concepções ainda são intermediárias entre o pensamento antigo, de Aristóteles, e a mecânica clássica, de Newton. De modo nenhum ele consegue apresentar uma teoria Física completa e satisfatória que seja coerente com o copernicanismo
3 - Com a invenção do telescópio, em 1609 na Holanda, Galileu pode desenvolver uma nova visão do céu.	C - Neste aspecto, Galileu não deu nenhuma contribuição positiva, pelo contrário, foi um defensor das ideias aristotélicas.
4 - Galileu tratou de temas aristotélicos como o movimento dos corpos em queda em diversos meios, ampliando-os pela inclusão de máquinas simples, como a balança e o plano inclinado.	D - Galileu torna-se um astrônomo conhecido em toda Europa, e na China, e o defensor mais proeminente da imagem do mundo copernicana e contestador da imagem de mundo geocêntrica da Igreja
5 - Outro importante passo para a rejeição da cosmovisão de Aristóteles e, conseqüentemente, aceitação do modelo copernicano foram os estudos dos cometas.	E - Dessa forma, ele substituiu, por exemplo, a afirmação aristotélica de que os corpos mais pesados caem mais rápido do que corpos menos pesados, baseado na tese arquimediana de que a velocidade de queda depende do peso específico do corpo
6 - Foi Galileu quem se opôs de modo feroz à interpretação de que os cometas eram fenômenos celestes.	F - Foi um dos mais famosos defensores do heliocentrismo, tendo proposto uma nova Física para tornar aceitável a ideia de que a Terra se move em torno do Sol, diferente da de Aristóteles.
7 - Não se pode negar que Galileu tenha contribuído para a criação da nova Física e para uma aceitação do sistema copernicano.	G - Sem fazer nenhuma observação direta nem os cálculos de suas trajetórias, ele optou pela solução mais fácil, simplesmente negou que os cometas fossem fenômenos celestes, com trânsito além da órbita lunar.

APÊNDICE D

Jogo de Caça Palavras

Encontre as palavras destacadas no texto a seguir:

E O S D J F K G O O A I J B P
 E T L W G Y H T E B I P E C L
 Y P N F B T N M J G M D J U A
 B D I E L E Z V V E O L N O N
 X R A C M C O P E R N I C O E
 U V A I I E Y N X H O S N Y T
 B U V H M C M D V O R O A A A
 E O E T E R L R X B T R E S S
 M I V L E W W O O L S T Y F W
 O R J L I X K Q S F A S C A A
 A T P C I L V Z K P I A P E Q
 Y E T E R R A I U J Y N X S Z
 K G S F W U V G T Z P C U G S
 T Y C M W J S E P H A F L X X
 O W Q T F R O S R E V I N U A

A **Astronomia** descrevia matematicamente o movimento dos **astros**. De acordo com a natureza dos corpos celestes, os astros deveriam mover-se, uniformemente, em círculos, ao redor da Terra. Porém, as observações mostravam desvios desse **movimento**, chamados anomalias (Dias *et al.*, 2004):

1. Os **planetas** de tempos em tempos parecem andar para trás, em seu movimento nos céus (retrogressão);
2. Os planetas parecem não se mover **uniformemente** em sua jornada pelo céu, isto é, arcos iguais no céu, não são, necessariamente, percorridos em tempos iguais;
3. Os brilhos dos planetas variam, o que era atribuído a um menor ou maior afastamento da **Terra**.

Enquanto estudante da universidade Tubingen, **Kepler** teria um professor cuja amizade e o relacionamento perdurariam por toda a vida. Michael Mästlin foi o homem que verdadeiramente o influenciou no estudo do universo, pois foi ele quem teria lhe apresentado

o trabalho de Nicolau Copérnico, o *Revolutionibus*. Desse ponto em diante, o novo **Universo** Copernicano passaria a fazer parte integrante da vida de Kepler (Contador, 2014).

Ao ser publicado, o *De revolutionibus orbium coelestium* de **Copérnico** provocou uma certa repulsa em toda comunidade da Europa, incluindo católicos e protestantes. Foram poucas as pessoas que compartilhavam de suas ideias, dentre as quais Kepler, seu professor Mästlin, **Galileu**, Clavius e Tycho **Brahe**. Desde então a mudança na forma de pensar de Kepler foi inevitável. Tudo parecia ficar mais fácil, apesar dos **epículos** copernicanos e das estrelas fixas na esfera de cristal, foi esse novo universo menos complicado de Copérnico que entusiasmaria Kepler e o levaria a interessar-se mais pelo céu do que pela religião (Contador, 2014).

APÊNDICE E

Questões do Momento Presencial 04

1) Quais informações são necessárias para se determinar um valor numérico para a força de atração gravitacional entre a Terra e a Lua? Dispondo de tais informações, qual seria o procedimento para realizar essa tarefa? Você conseguiria desenvolvê-la? Vamos tentar?

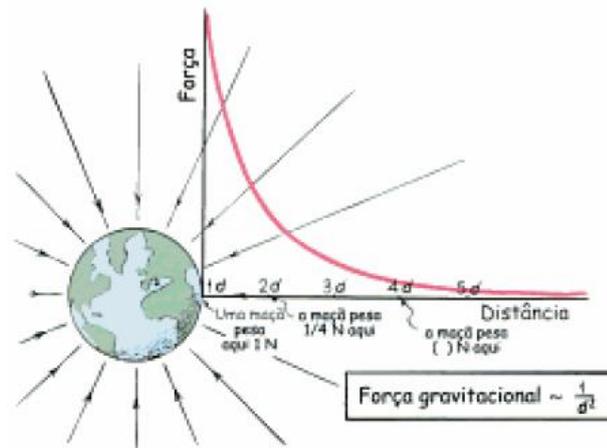


Figura 19 – Representação da relação do inverso do quadrado.

Fonte: HEWITT, 2002, p.159.

- 2) (HEWITT, 2002 – Adaptada) Se uma maçã pesa 1 N na superfície da Terra, ela pesaria apenas 1/4 N a uma distância duas vezes maior em relação ao centro da terra. A uma distância três vezes maior ela pesaria 1/9 N. Então qual seria o peso dessa maçã a uma distância quatro vezes maior? E cinco vezes maior? E seis vezes maior?
- 3) Se uma pessoa pesa 400N sobre a superfície da Terra, caso ela seja levada a uma distância duas vezes maior em relação ao centro do planeta, isto é, a uma altura igual ao dobro do raio da Terra, ela terá um peso de quantas vezes menor? Qual será esse peso?
- 4) Se a aceleração da gravidade (a_g) varia com a altitude e seu valor para superfícies no nível do mar é, aproximadamente, $9,8 \text{ m/s}^2$, determine o valor de a_g para:
- o ponto mais elevado na cidade de Altaneira-Ce (cerca de 800 m em relação ao nível do mar);
 - a cidade de La Paz na Bolívia (cerca de 3600m de altitude);
 - uma órbita maior que a do ônibus espacial (500km de altitude).

DADOS NECESSÁRIOS PARA RESOLUÇÃO DAS QUESTÕES DA ATIVIDADE DO MOMENTO PRESENCIAL 04:

Massa da Terra = 6×10^{24} kg

Massa da Lua = $7,36 \times 10^{22}$ kg

Distância da Terra a Lua: 4×10^8 m

Raio da Terra = $6,37 \times 10^6$ m

OBS. Os números acima representam valores aproximados.