



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DAS CIÊNCIAS**

NADINE DE OLIVEIRA

**PREMISSAS DA ENGENHARIA DIDÁTICA COMO VIÉS
METODOLÓGICO PARA UMA ABORDAGEM DE ENSINO ENTRE
ASTRONOMIA E FÍSICA**

RECIFE

2019

NADINE DE OLIVEIRA

**PREMISSAS DA ENGENHARIA DIDÁTICA COMO VIÉS
METODOLÓGICO PARA UMA ABORDAGEM DE ENSINO ENTRE
ASTRONOMIA E FÍSICA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino das Ciências da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como requisito para obtenção do título de Mestre em Ensino das Ciências, sob a orientação e a coorientação dos professores Drs. Alexandro C. Tenório e Antônio Carlos da S. Miranda, respectivamente.

RECIFE

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Biblioteca Central, Recife-PE, Brasil

O48p Oliveira, Nadine de.
Premissas da Engenharia Didática como viés metodológico para uma
abordagem de ensino entre Astronomia e Física / Nadine de Oliveira . – Recife, 2019.
105 f.: il.

Orientador(a): Alexandro Cardoso Tenório.
Coorientador(a): Antonio Carlos da Silva Miranda.
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco,
Programa de Pós-Graduação em Ensino das Ciências, Recife, BR-PE, 2019.
Inclui referências, anexo(s) e apêndice(s).

1. Física – Estudo e ensino 2. Engenharia Didática 3. Meteorito Serra de Magé
I. Tenório, Alexandro Cardoso, orient. II. Miranda, Antonio Carlos da Silva, coorient.
III. Título

CDD 501

NADINE DE OLIVEIRA

**PREMISSAS DA ENGENHARIA DIDÁTICA COMO VIÉS
METODOLÓGICO PARA UMA ABORDAGEM DE ENSINO ENTRE
ASTRONOMIA E FÍSICA**

Dissertação defendida e aprovada pela banca examinadora composta pelos
seguintes membros:

Prof. Dr. Alexandro Cardoso Tenório (UFRPE - DED)
Presidente e orientador

Prof. Dr. Antônio Carlos da Silva Miranda (UFRPE - DF)
Coorientador

Prof^a. Dr^a. Ana Paula de Teixeira Bruno Silva (UFRPE - UAEADTec)
Examinadora externa

Prof^a. Dr^a. Monica Lopes Folena Araújo (UFRPE - DED)
Examinadora interna

Dissertação aprovada no dia 30/08/2019 no Departamento de Educação da UFRPE.

DEDICATÓRIA

À Veralúcia Maria de Oliveira (mainha) e à Juareudes Florentino de Oliveira (painho – *in memorian*), por todo amor, cuidado e carinho à mim dedicados e por todos os bons momentos que juntos vivemos.

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela vida e por todas as bênçãos que me proporciona. Por estar sempre comigo em todos os obstáculos que surgem em meu percurso, fazendo-me ter forças para não desanimar e seguir confiante;

Aos meus pais, agradecendo ao meu pai Juareudes (*in memoriam*) pelo amor a mim dedicado, e por todos os apoios que direta ou indiretamente, me ajudaram a chegar a este nível acadêmico. Agradeço especialmente a minha mãe Veralúcia, pelo amor e cuidado, ajudando-me e vivenciando junto comigo todos os desafios enfrentados e vitórias alcançadas em minha vida;

Ao meu orientador Alexandro Tenório, por sua disposição em me orientar neste trabalho acadêmico e por sua amizade. Desde o momento que o convidei para essa orientação (ainda na elaboração do pré-projeto), o professor sempre se mostrou prestativo e empenhado em nossas discussões e ajustes nesta dissertação, resultando para mim, um período de aprendizado frutífero. Muito obrigada Alexandro;

Ao meu coorientador Miranda, que foi meu professor desde a época de minha graduação, mostrando-se também, um professor e amigo. Seu amor pela Astronomia e pela difusão do ensino da mesma me motivou ainda mais pelo estudo e ensino desta ciência. Muito obrigada Miranda, pelo apoio e sugestões neste trabalho acadêmico;

À Escola Municipal José Paes Gramim, que foi a escola que estudei durante os meus ensinos Fundamental e Médio, e a casa que novamente visitei para a realização do trabalho de campo desta pesquisa. Obrigada à direção da escola, por permitir minhas visitas e por toda a atenção a mim dedicada;

Aos professores José Fernando e Lenilta Brito, por me permitirem utilizar o tempo de suas aulas para as aplicações de minhas atividades com o grupo de estudantes da Escola José Paes Gramim, e também pela atenção que dedicaram para mim. Também agradeço aos estudantes do 9º ano da referida escola, por participarem e colaborarem nas atividades que foram propostas;

Agradeço ao Programa de Pós-Graduação em Ensino das Ciências (PPGEC), pelo acolhimento entre todos que fazem parte deste programa. Foi um convívio maravilhoso, de muito aprendizado e harmonia;

Aos meus professores do PPGEC e colegas da turma de mestrado 2017.1, pelas riquíssimas discussões, as quais me proporcionaram um importante crescimento intelectual, e pelas sugestões e apoios relacionados a este trabalho de dissertação;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo financiamento para esta pesquisa, durante o período da realização do curso de mestrado. Código de Financiamento 001.

RESUMO

Diante de dificuldades a serem enfrentadas no processo de ensino e aprendizagem da ciência Física, identificamos alguns estudos que envolvem concepções alternativas de estudantes, relacionadas ao conceito científico de gravidade, que nem sempre condizem ao que é aceito cientificamente. Com isso, nos propomos como objetivo, analisar as concepções de estudantes do último ano do Ensino Fundamental sobre conceitos científicos relacionados à atração gravitacional, a partir de uma abordagem sobre o episódio da queda do meteorito Serra de Magé. Assim, desenvolvemos um trabalho baseando-se em premissas da Engenharia Didática fundamentada por Artigue. Onde foram organizadas e aplicadas sessões de interlocuções em uma escola do estado de Pernambuco, visando à construção de novos significados em relação aos conceitos científicos abordados. Utilizamos questionários e audiografações como instrumentos de coleta de dados. Os resultados obtidos nos mostraram as contribuições da Astronomia no ensino de ciências, considerando a animação e atenção dos estudantes em relação ao episódio da queda do meteorito Serra de Magé, como também, a importância da valorização das concepções alternativas dos estudantes em relação aos conceitos que foram discutidos nessas interlocuções. Compreendemos também, que a utilização de premissas da Engenharia Didática como viés metodológico para este trabalho, forneceu subsídios importantes para a estruturação do mesmo, pois sua utilização auxiliou para um procedimento teórico-metodológico que visasse um melhor entendimento das variáveis didáticas, existentes na elaboração, aplicação e análise das sessões de interlocuções desenvolvidas.

Palavras-chave: Ensino de Física; Engenharia Didática; Meteorito Serra de Magé.

RÉSUMÉ

Face aux difficultés rencontrées dans le processus d'enseignement et d'apprentissage des sciences physiques, nous avons identifié certaines études impliquant des conceptions alternatives d'étudiants, liées au concept scientifique de gravité, qui ne correspondent pas toujours à ce qui est scientifiquement acceptée. Ainsi, nous proposons comme objectif, d'analyser les conceptions des élèves de la dernière année d'école primaire sur les concepts scientifiques liés à l'attraction gravitationnelle, à partir d'une approche à l'épisode de la chute de météorite Serra de Magé. Ainsi, nous avons développé un travail basé sur des prémisses d'Ingénierie Didactique basées sur Artigue. Des sessions de dialogue ont été organisées et appliquées dans une école de l'état de Pernambuco, dans le but de construire de nouvelles significations en relation avec les concepts scientifiques abordés. Nous avons utilisé des questionnaires et des enregistrements audio comme instruments de collecte de données. Les résultats nous montrent les contributions de l'astronomie dans l'enseignement des sciences, en tenant compte de l'animation et de l'attention des étudiants concernant l'épisode de la chute de météorite Serra de Magé, ainsi que de l'importance de valoriser les conceptions alternatives des étudiants sur les concepts qui ont été discutés dans ces interlocutions. Nous comprenons également que l'utilisation des locaux de Didactic Engineering, en tant que biais méthodologique pour ce travail, a fourni des subventions importantes pour sa structuration. Parce que son utilisation a contribué à une procédure théorico-méthodologique visant à une meilleure compréhension des variables didactiques existant dans l'élaboration, l'application et analyse des sessions de dialogue développées.

Mots-clés: Enseignement de la Physique; Ingénierie Didactique; Météorite de la Serra de Magé.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Simples classificação dos meteoritos.....	34
Figura 2 - Meteorito Hoba West.....	34
Figura 3 - Meteorito do Bendegó no Museu Nacional do Rio de Janeiro.....	35
Figura 4 - Meteorito Bendegó resistiu ao incêndio do Museu Nacional do Rio de Janeiro.....	36
Figura 5 - Meteorito Vicência.....	36
Figura 6 - Possível fragmento do meteorito Serra de Magé.....	36
Figura 7 - Desenho do estudante X no pré-teste.....	71
Figura 8 - Desenho do estudante X no pós-teste.....	71
Figura 9 - Desenho do estudante Y no pré-teste.....	74
Figura 10 - Desenho do estudante Y no pós-teste.....	74
Figura 11 - Desenho do estudante Z no pré-teste.....	77
Figura 12 - Desenho do estudante Z no pós-teste.....	77

LISTA DE QUADROS E GRÁFICOS

Quadro 1 - Algumas concepções de alguns cientistas.....	26
Quadro 2 - Alguns aspectos para análise preliminar.....	41
Quadro 3 - Características da concepção e análise <i>a priori</i>	43
Quadro 4 - Algumas características globais.....	44
Quadro 5 - Descrição da sessão 1.....	45
Quadro 6 - Descrição da sessão 2.....	46
Quadro 7 - Descrição da sessão 3.....	47
Quadro 8 - Descrição da sessão 4.....	48
Quadro 9 - Descrição da sessão 5.....	49
Quadro 10 – Classificação de respostas.....	67
Gráfico 1 - Quantitativo porcentual de respostas do estudante X, no pré-teste e pós-teste.....	69
Gráfico 2 - Quantitativo porcentual de respostas do estudante Y, no pré-teste e pós-teste.....	72
Gráfico 3 - Quantitativo porcentual de respostas do estudante Z, no pré-teste e pós-teste.....	75

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	13
1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	18
1.1 Rumo à uma aprendizagem potencialmente significativa.....	18
1.2 Desafios para uma aprendizagem potencialmente significativa no processo de ensino e aprendizagem da Física.....	21
1.3 Desenvolvimento histórico sobre o conceito de gravidade.....	24
1.4 Contribuição de temas astronômicos para o ensino da Física.....	29
1.5 O episódio da queda do Meteorito Serra do Magé numa abordagem interdisciplinar entre Astronomia e Física.....	32
2 METODOLOGIA.....	39
2.1 A Engenharia Didática.....	40
2.1.1 Análises Preliminares.....	41
2.1.2 Concepção e Análise <i>a priori</i>	42
2.1.3 Experimentação.....	50
2.1.4 Análise <i>posteriori</i> e validação.....	50
3 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	52
3.1 Análise da sessão 1.....	52
3.2 Análise da sessão 2 (dia 04/10/2018).....	54
3.3 Análise da sessão 2 (dia 10/10/2018).....	56
3.4 Análise da sessão 3.....	64
3.5 Análise da sessão 4.....	65
3.6 Análise da sessão 5.....	66

3.7 Análise do pré-teste e do pós-teste.....	67
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	78
REFERÊNCIAS.....	80
APÊNDICES.....	86
ANEXO.....	93

INTRODUÇÃO

Desde criança já era fascinada pelos astros celestes, adorava as aulas de ciências, nas quais abordavam sobre os planetas, satélites, sistema solar, constelações, galáxias, etc. Além das lembranças dessas aulas, lembro-me também da noite que olhei pela primeira vez, o céu de uma forma diferenciada, creio que não tinha nem 10 anos nessa época. Nessa noite, fiquei maravilhada ao olhar o céu estrelado, e ao olhar todas aquelas estrelas tão distantes, senti algo bom, algo como uma percepção de imensidão do universo. Nessa época, nem fazia ideia que no futuro eu entenderia muito mais sobre o universo do que aquela criança que observava maravilhada o céu noturno.

Foi em 2010, já no curso de Licenciatura em Física que pude ter um entendimento científico um pouco mais aprofundado sobre todos esses astros celestes que sempre me encantaram. Mais precisamente, quando participei junto com outros colegas licenciandos de um clube de Astronomia. Nesse clube, fazíamos observações do céu, estudávamos e pesquisávamos sobre temas astronômicos, além da realização de algumas atividades de divulgação da Ciência. E diante das experiências dessas atividades relacionadas à Astronomia, e da literatura, Mees (2004); Gama e Henrique (2010); Vasconcelos e Saraiva (2012); Aroca, Júnior e Silva (2012); Damasio, et al. (2014); Oliveira e Tezani (2016); Langhi (2017); Rocha (2019); entre outros, posso compreender que o ensino de temas astronômicos podem contribuir de forma significativa para a aprendizagem científica.

Trabalhos como o de Mees (2004) e o de Vasconcelos e Saraiva (2012), exemplificam atividades incluindo a Astronomia como tema principal para o ensino de Física. Conforme Mees (2004) é possível encontrar na Astronomia, uma enorme variedade de abordagens científicas, evidenciando a evolução histórica da Ciência e servindo de base teórica para o estudo de vários fenômenos científicos. Vasconcelos e Saraiva (2012), apontam a Astronomia como tema importante para a reformulação do ensino médio. Pois, de acordo com Vasconcelos e Saraiva (2012), temas astronômicos propõem ao homem a compreensão da natureza relacionando ciências humanas e exatas, mostrando dessa forma, uma ferramenta interessante para o ensino de Física.

Dessa forma, concordando com Bernardes (2006), é possível perceber que temas astronômicos despertam um maior interesse e curiosidade dos estudantes diante do fascínio que estes têm pelos fenômenos celestes, resultando assim, em aulas mais dinâmicas e participativas. Podendo-se, por algumas vezes, tirar proveito da curiosidade dos estudantes sobre algum evento astronômico divulgado em notícias nos meios de comunicação, a fim de despertá-los para a visão de uma Ciência mais cotidiana.

Com essas motivações, esta dissertação apresenta-se como uma proposta no campo do ensino das ciências, favorecendo a linha de pesquisa: Processos de construção de significados para conceitos científicos, proposta pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino das Ciências da Universidade Federal Rural de Pernambuco. Onde buscamos desenvolver sequências didáticas baseadas em pressupostos das fases da Engenharia Didática, uma metodologia e teoria educacional desenvolvida por Michèle Artigue (1996), direcionada à aspectos do trabalho didático do professor, baseado em sequências didáticas e demais variáveis do contexto educacional.

Contemplamos a Engenharia Didática, por se tratar de uma metodologia que nos fornece subsídios para um melhor planejamento didático, visando-se um melhor desempenho das sessões de interlocuções realizadas em sala de aula. Com isso, buscamos neste trabalho, desenvolver sequências que abordem as relações entre um episódio astronômico e conceitos físicos, almejando-se uma aprendizagem científica potencialmente significativa. Todavia, refletindo sobre o ensino de ciências na atualidade, especificamente a ciência Física, podemos perceber diante da literatura científica, Batista (2004); Moreira (2014); Mendes e Batista (2016); entre outros autores, que alguns docentes podem escolher metodologias inadequadas para o ensino da mesma.

E dessa forma, os temas astronômicos podem não estar presentes nas aulas de ciências, ou então, serem apresentados de forma muito mecanicista, reforçando entre os estudantes, concepções deformadas sobre a Ciência, especificamente a Física. Dessa maneira, o estudante pode ser inferido a pensar que a Física é algo descontextualizado, sem significado para seu cotidiano, que é muito difícil, que são apenas cálculos e fórmulas que se tem que decorar para passar de ano escolar.

Metodologias inadequadas constituem-se de forma muito tradicional, atrelando o professor como centro do conhecimento, aplicando-se forte ênfase matemática para resolução de exercícios repetitivos, altamente disciplinares. Podendo desse modo, dificultar a percepção dos estudantes sobre as relações da Ciência com o cotidiano. Tornando-se assim, uma Física descontextualizada, que se caracteriza como uma das visões deformadas sobre a Ciência apontadas por Cachapuz et al (2011).

Com isso, deparamo-nos com algumas inquietações sobre a aprendizagem de conceitos físicos que ocorrem de forma muito mecanicista, pois, tal estilo de abordagem pode ocasionar uma aprendizagem muito incipiente e vaga em relação ao estudo epistemológico dos fenômenos científicos. Podendo ocasionar assim, concepções científicas equivocadas, tanto em relação a concepção da natureza da Ciência, como em definições equivocadas de algum conceito científico. Dessa maneira, diante desses desafios no ensino de Física, restringimo-nos como objetivo neste trabalho, analisar as concepções de estudantes do último ano do Ensino Fundamental sobre conceitos científicos relacionados à atração gravitacional, a partir de uma abordagem sobre o episódio da queda do meteorito Serra de Magé. Desenvolvendo assim, um planejamento metodológico pautado na construção de significados científicos, baseando-se nas premissas da Engenharia Didática.

Nesse planejamento, objetivamos especificamente em: construir diante dos estudantes sujeitos da pesquisa, significados científicos significativos e próximos ao aceito cientificamente; desenvolver habilidades sociais dos estudantes, visando o diálogo entre aluno-aluno e aluno-professor; investigar as contribuições de abordagens científicas utilizando-se temas astronômicos para o ensino de ciências; problematizar junto com os estudantes sujeitos da pesquisa, sobre a queda dos corpos na superfície terrestre, almejando-se um estudo sobre o conceito de gravidade.

De acordo com Teodoro (2000), algumas das concepções alternativas, mais frequentes entre os estudantes, relacionadas à atração gravitacional, são, por exemplo, a presença de um meio para que a força atrativa atue, que corpos pesados caem primeiro no solo, que quanto maior a altura, maior será a atração gravitacional do objeto, entre outras concepções. Trabalhos como os de Anjos e Serrano (2017), Sousa (2015), Teodoro (2000), Nardi e Carvalho (1996), são alguns exemplos de

estudos que envolvem as concepções alternativas de estudantes relacionadas à gravidade. Esses trabalhos apontam concepções iniciais dos estudantes acerca do conceito de gravidade, e diante de tais concepções compreende-se que algumas das respostas que os estudantes buscam para questões relacionadas ao fenômeno da atração gravitacional, nem sempre corroboram com o que é aceito cientificamente.

Desse modo, no intuito de atrelarmos um tema astronômico para desenvolvermos um estudo relacionado à atração gravitacional, abordarmos o episódio da queda do meteorito Serra de Magé ocorrido em 1 de outubro de 1923, que ficou conhecido como “O dia do estrondo” e foi o primeiro meteorito catalogado no estado de Pernambuco, tendo além deste mais um novo meteorito, catalogado em 2013, o meteorito Vicência. Trabalhou-se com este tema em uma escola da região onde ocorreu o referido evento astronômico, a qual fui aluna durante meus ensinamentos Fundamental e Médio. Com o intuito também, de divulgar um fenômeno astronômico para os próprios estudantes moradores da região e desta forma, incentiva-los para construção de significados científicos de maneira envolvente e contextualizada, por se apresentar como um fenômeno de cunho científico dessa região.

Assim, como forma de apresentarmos melhor esta dissertação, seguimos com uma fundamentação teórica pautada em cinco tópicos, os quais abordam a Teoria da Aprendizagem Significativa de David Paul Ausubel, que é uma teoria educacional que se refere à discussão sobre as concepções prévias dos estudantes, já que se pretende investigar sobre as concepções iniciais dos estudantes sobre conceitos relacionados à atração gravitacional. E assim discorreremos no segundo tópico da fundamentação, os desafios para se alcançar a aprendizagem potencialmente significativa. No terceiro tópico, apresentamos com base em alguns trabalhos bibliográficos, algumas das noções mais comuns de estudantes acerca de conceitos relacionados com a gravidade, e uma breve abordagem histórica sobre a evolução desse conceito.

No quarto tópico, compreendemos as contribuições do ensino de Astronomia para o ensino de ciências, já que se pretende abordar um tema astronômico, e no quinto tópico, um aprofundamento sobre o tema astronômico em questão. Na metodologia, discorreremos sobre alguns elementos da Engenharia Didática, como

sua definição e elementos de suas fases, apresentando de forma atrelada com suas premissas, o planejamento didático de elaboração e aplicação das sessões de interlocuções, como também, os resultados obtidos em tais sessões, discutidos no terceiro capítulo desta dissertação. Por fim, as considerações finais e recomendações deste trabalho,

CAPÍTULO 1 - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

1.1 Rumo à uma aprendizagem potencialmente significativa

O processo de aprendizagem que se constitui por meio das interações do homem com seus pares, e da sua relação com o meio natural, permite o desenvolvimento de habilidades cognitivas, afetivas e psicomotoras. Assim, a aprendizagem é objeto de estudo de diversos especialistas, como psicólogos, filósofos, sociólogos, linguistas, pedagogos, que buscam investigar melhor esse processo. Alguns estudos como os de Piaget (1975); Vygotsky (2008); Wallon (2005) procuram entender a psique humana e como o intelecto deste evolui. Sendo que algumas teorias tais como a de Vygotsky defende que o processo de aprendizagem configura-se em contextos sociais e culturais, caracterizando-se em aspectos simbólicos e emocionais do indivíduo.

Para Vygotsky (2008), o ser humano desenvolve uma noção simbólica na qual apreende as interações do sujeito em si com o seu meio, desenvolvendo-se assim, aspectos simbólicos que representam características informativas que podem converter-se em algum aprendizado, os signos. Díaz (2011), afirma que Vygotsky apresenta os signos na mente humana como um processo psicológico superior, em que este irá corresponder à “[...] a memória racional, a atenção intencional, o pensamento abstrato, os sentimentos, a percepção pesquisadora, etc.” (DÍAZ, 2011, p. 62). Onde estes aspectos irão formar-se gradativamente na mente humana à medida que o sujeito relaciona-se com aspectos socioculturais, tais como características geográficas, étnicas, religiosas, etc.

Dessa forma, pensando nesses aspectos, estudos sobre o processo de aprendizagem é trabalhado em contexto escolar, aplicando-lhe um olhar psicopedagógico para se tratar com tal fenômeno. Nesse sentido, buscam-se na escola, estratégias que proporcionem aos estudantes, aspectos que potencializem suas aprendizagens. Permitindo-lhes um crescimento na construção de seus conhecimentos, de modo que a consciência cognitiva destes estudantes seja ampliada. Buscando-se desta forma, estratégias de ensino que proporcionem aos estudantes, capacidades cognitivas reflexivas e críticas diante de seu meio natural, social e cultural.

Diante disso, as estratégias de ensino devem buscar novas concepções sobre a noção do processo de ensino e aprendizagem, as quais se contrapõem com algumas visões não construtivistas de ensino. Uma das concepções que buscam a habilidade crítica do estudante de maneira construtivista é a Teoria da Aprendizagem Significativa, de David Ausubel (1968), na qual corresponde à interação entre conhecimentos prévios da estrutura cognitiva do aprendiz, com conhecimentos novos. Para Ausubel, os novos conhecimentos passam a subordinar-se com os conhecimentos prévios, os chamados *subsunçores*, de forma que estes dois tipos de conhecimentos se vinculam, estabelecendo-se uma dependência entre estas duas proposições.

Para que isso ocorra é necessário um processo de “ancoragem” em que o novo conhecimento resulte em uma modificação do conhecimento já existente, apresentando-se em um conhecimento mais elaborado e estruturado, capaz de abrigar o novo conhecimento. Por exemplo, no ensino de ciências, conceitos relacionados à atração gravitacional poderiam ser compreendidos como conhecimentos *subsunçores*, associando-os à novos conhecimentos, como, por exemplo, aqueles relacionados a impactos de corpos celestes na atmosfera terrestre.

Oposto à aprendizagem significativa, existe a aprendizagem mecânica, que é o processo de aquisição de um novo conhecimento sem relação com algum conhecimento existente na estrutura cognitiva do estudante. A simples memorização de conceitos, leis e fórmulas matemáticas exemplifica uma aprendizagem mecânica, um exemplo: a utilização da expressão “sorvetão”, para memoriar a equação horária do espaço. É uma forma de aprendizagem de frágil significância. Entretanto, Ausubel não caracteriza aprendizagem significativa e aprendizagem mecânica como um processo dicotômico, mas um processo contínuo, já que pode existir a situação do estudante não ter nenhum tipo de conceito *subsunçor*, sendo necessário então, o uso de *organizadores prévios*.

Os *organizadores prévios* seriam uma estratégia de elaborar materiais de aprendizagem de forma que estes potencializem o processo de aprendizagem significativa, este material permite deste modo, uma espécie de ligação entre conhecimentos que o estudante já sabe e o que ele deveria saber. Assim, vê-se que a aprendizagem significativa requer um processo dinâmico que precisa ser

percorrido. E é no percorrer deste processo, que se detém a aprendizagem potencialmente significativa. Isto implica, de acordo com Moreira (2012), que os materiais tenham significado lógico para os estudantes, pois, conforme Moreira (2012, p. 36), o que se pretende no ensino,

[...] é que o aluno atribua aos novos conhecimentos, veiculados pelos materiais de aprendizagem, os significados aceitos no contexto da matéria de ensino, mas isso normalmente depende de um intercâmbio, de uma “negociação”, de significados, que pode ser bastante demorada. (MOREIRA, 2012, p. 36)

Para que uma aprendizagem significativa ocorra, é necessário conforme Ausubel (1968), observar alguns fatores complexos, como a natureza do assunto, onde deve ser analisado suas relações com conhecimentos relevantes da capacidade cognitiva humana, ou seja, se os conceitos a serem estudados interagem com algum aspecto do contexto social e/ou cultural do indivíduo. E a verificação da estrutura cognitiva do estudante, verificando-se a predisposição de cada estudante em particular, em aprender determinado conteúdo.

Assim, muitas variáveis constituem-se no processo de ensino e aprendizagem, percebendo-se de acordo com Ausubel (1968), que não só o material de aprendizagem deve ser potencialmente significativo, mas que também seja considerado a análise de fatores tais como idade, contextos socioculturais dos estudantes, etc. Pensando nisso, questiona-se que tipos de características devem ter os materiais para que sejam abordados todos esses aspectos mencionados acima?

Ausubel (1968) aponta três critérios, que são: a relação não arbitrária, que implica na escolha de um material não aleatório, de forma que seja possível relacioná-lo com conceitos relevantes aptos de aprendizagem, contextualizando tais conceitos com o cotidiano do estudante; a relação substantiva, que implica num material não arbitrário, que relaciona na estrutura cognitiva do aprendiz o uso de símbolos sem alterações em seus significados, por exemplo, o uso de palavras em diferentes idiomas, mas que sua tradução representa o mesmo significado para um indivíduo com conhecimento em mais de um idioma; e o terceiro critério corresponde a acentuar a familiaridade do material, em que se entende como a percepção da importância de elementos já significativos, que não precisam de alguma interação

entre informações antigas e novas, mas que esta estrutura já combinada auxilia na formação de elementos cognitivos mais abrangentes.

Assim, diante da Teoria da Aprendizagem Significativa, muitas investigações sobre as concepções iniciais dos estudantes sobre conceitos científicos foram desenvolvidas a partir da década de 70. Conforme Nardi e Gatti (2005),

Os trabalhos de Doran (1972), Viennot (1979), Driver (1985), e Watts e Zylbertajn (1981) foram algumas das investigações pioneiras nessa linha e denominaram tais noções de “conceitos espontâneos”, “conceitos intuitivos”, “formas espontâneas de raciocínio”, “estruturas alternativas” e outras denominações semelhantes. (NARDI; GATTI, 2005, p. 27)

Todos esses trabalhos contribuíram para uma postura construtivista educacional de maneira que seja desmitificada a ideia de um aluno tido como uma “tábula rasa”, em que os conhecimentos são transmitidos para este, centralizando apenas, o professor como único detentor do saber. E algumas das investigações sobre as ideias prévias dos estudantes, apontam concepções baseadas no senso comum deste, onde por muitas vezes, tais concepções não são as respostas aceitas cientificamente. Assim, um processo de mudança conceitual pode ser desenvolvido, norteado pela Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel.

Com isso, percebe-se que a teoria de David P. Ausubel é uma teoria construtivista, fundamentando-se na aprendizagem do indivíduo a partir do que ele já sabe. Onde, concordamos com Moreira (2012), ao afirmar que esta teoria é considerada uma teoria construtivista diferenciada de outras teorias, por tratar da aquisição cognitiva com especificidade em situações do ambiente escolar. Dessa forma, em busca de uma aprendizagem potencialmente significativa, muitas pesquisas surgem, tornando o processo de ensino e aprendizagem uma questão relevante para especialistas e sociedade como um todo. Conferindo assim, reflexões que adotem concepções epistemológicas a fim de auxiliar e propor métodos de ensino, para que uma significativa aprendizagem científica seja efetivada.

1.2 Desafios para uma aprendizagem potencialmente significativa no processo de ensino e aprendizagem da Física

Desenvolver estratégias e instrumentos de ensino, a fim de promover uma aprendizagem significativa constitui-se em um desafio, pois, as variadas estratégias

podem resultar em aprendizagens mecânicas ou significativas. Desta forma, é possível que no processo de ensino e aprendizagem ocorra a interação entre estes dois tipos de aprendizagem. No sentido de aprendizagem significativa constituir-se, conforme Ausubel (1968), no processo de aquisição de conhecimento de forma não arbitrária de informações, e a aprendizagem mecânica, constituir-se numa aquisição cognitiva de forma arbitrária.

Diante disso, são feitos muitos trabalhos sobre a aprendizagem significativa de Ausubel, como os trabalhos de Moreira (2012); Tavares (2004); Pelizzari, et al. (2002); entre outros. Onde compreendemos assim, uma busca pela preponderância da aprendizagem significativa. Pois esta é um tipo de aprendizagem que tem como objetivo a inserção do estudante para a construção do conhecimento, considerando qualquer tipo de conhecimento prévio que este estudante possa ter, para que desta forma, um conhecimento mais abrangente e de respostas próximas ao que é aceito cientificamente seja alcançado. Almejando-se assim, a internalização de uma nova informação de acordo com algum significado que o estudante já detém, para que com isso, algo se torne potencialmente significativo e mais estruturado para este.

Contudo, concordando com Pietrocola (2013), é perceptível em contexto escolar que as aulas de ciências se tornem algo menos atrativo para os estudantes, fazendo com que estes estudem apenas “passar de ano”. Assim, observa-se uma relutância por parte dos estudantes para a aprendizagem em ciências, percebendo-se dificuldades para obter-se uma significativa aprendizagem científica já que esta requer um processo complexo. Dentre algumas dificuldades para uma aprendizagem potencialmente significativa, destacamos algumas problemáticas pertinentes no processo de ensino e aprendizagem das ciências.

Onde alguns autores como Caphapuz, et al. (2011) apontam que um dos fatores para esta repulsa dos estudantes, seria a propagação de visões distorcidas sobre a Ciência. Destacando-se a mera “transmissão de conhecimentos” por parte do professor como um elemento enaltecido para a propagação dessas visões distorcidas sobre Ciência. Pois, a mera “transmissão de conhecimentos” proporciona a visão de uma ciência pronta, linear, acabada, rígida, descontextualizada.

Sobre isso, Massoni (2010) em sua tese de doutorado conclui:

[...] fica mais visível que o professor que tem visões empiristas-indutivistas da natureza da ciência privilegia estratégias didáticas tradicionais; transmite

o conhecimento sem abri-lo para o debate; apresenta o conteúdo seguindo com rigor o livro de texto; conduz com precisão e objetividade a resolução de exercícios oferecendo oportunidades para que os alunos adquiram habilidades matemáticas e manejo com fórmulas, o que é muito bom, mas uma prática que distancia a Física do cotidiano dos alunos e, não incentiva a inquietação indagadora, a reflexão, a criticidade. Com isso, de forma implícita passa uma ideia, subjacente destacamos, de que a ciência e em especial a Física, constrói um conhecimento definitivo, inquestionável, imutável, onde invariavelmente racionalidade se traduz em logicidade. (MASSONI, 2010, p. 388)

Lopes (2004) também destaca algumas problemáticas relacionadas ao ensino da ciência Física, como por exemplo: o alto índice de reprovação, o pouco investimento em instalações e equipamentos, uma Física descontextualizada e excessivamente matematizada diante da visão dos estudantes, e uma Física com poucas condições de materiais e de um tempo pequeno para realização de atividades diante da visão de professores. Ainda de acordo com Lopes (2004), poucas atividades experimentais são realizadas e quando existe, acontece de forma muito mecanicista, além de resolução de problemas e exercícios realizados também de forma mecanicista, entre outros aspectos.

Por exemplo, acreditar-se que os “problemas” têm que ter uma solução imediata, que as questões devem conter todos os dados para serem bem formuladas, que deve existir a fórmula correta para resolver o problema sem se discutir outros aspectos físicos, etc. No que se refere ao trabalho experimental, reconhece-se dificuldades, tais como, poucas ou nenhuma condições de trabalho laboratorial nas escolas, e ainda quando o professor realiza alguma atividade experimental, este pode por algumas vezes, realizar um trabalho de forma bastante sistemática ou como comprovação de alguma teoria, sem levar os estudantes para problematizações dos fenômenos observados.

Conforme Pena e Filho (2009), os principais obstáculos para um trabalho experimental significativo são relativos à: “falta ou carência de pesquisa sobre o que os alunos realmente aprendem por meio de experimentos, despreparo do professor para trabalhar com atividades experimentais e condições de trabalho.” (PENA; FILHO, 2009). Machado e Ostermann (2005) também citam como dificuldades:

a excessiva matematização da Física, a completa descontextualização da mesma, a falta de reciclagem de docentes e a disseminação de erros conceituais por muitos professores, que podem gerar concepções alternativas que, muitas vezes, permanecem arraigadas na estrutura cognitiva do estudante. (MACHADO; OSTERMANN, 2005, p. 1)

Monteiro (2014), baseada em estudos sobre a contribuição da utilização da História da Ciência (HC) para a superação de visões distorcidas sobre a Ciência, aponta alguns obstáculos para a incipiência da utilização da HC, sendo que alguns dos obstáculos são:

o currículo escolar voltado para os exames vestibulares, o pouco tempo disponível, a resistência e o desinteresse dos alunos, a falta de preparo do professor e a falta de material didático adequado, que é um aspecto também apontado com mais frequência pelos pesquisadores. (MONTEIRO, 2014, p. 22)

Com tudo isso, vemos que a mera transmissão de conhecimentos físicos de forma rígida, ahistórica ou acumulativa, proporcionam uma interpretação mecânica de conhecimentos científicos. Onde Cachapuz, et al. (2011) definem melhor estas visões como sendo uma visão de uma ciência como algo exato, de observações e sequências rigorosas, em que observa-se também, a falta de abordagem histórica de como os conceitos se formam, sem apresentar as problematizações encontradas no contexto histórico, e ainda o desenvolvimento de uma ciência puramente linear.

Sendo que tais abordagens descontextualizadas e excessivamente matematizadas da Física, levam-na ainda para uma visão de uma ciência complicada, de difícil compreensão, sendo assim, uma ciência para poucos, em que Cachapuz define como visão equivocada de uma ciência individualista e elitista. Assim, diante dessas problematizações, discorreremos no tópico seguinte, com base em pesquisas bibliográficas, alguns aspectos relacionados ao ensino sobre a atração gravitacional, evidenciando de forma introdutória, a evolução epistemológica deste saber, e alguns obstáculos para uma melhor compreensão sobre este tema no ensino de Física.

1.3 Desenvolvimento histórico sobre o conceito de gravidade

Pesquisar o ensino sobre atração gravitacional nos remete a alguns trabalhos que apontam as concepções prévias dos estudantes como ferramenta auxiliadora para um melhor aprendizado das ciências. Em que mencionamos nos tópicos anteriores desta fundamentação, alguns trabalhos que defendem a valorização do conhecimento prévio dos estudantes. Sendo que tais concepções prévias podem parecer coerentes do ponto de vista do aluno, mas, do ponto de vista científico,

apresentam equívocos. Ao se pesquisar sobre o entendimento dos estudantes acerca do conceito de gravidade no ensino de Física, alguns trabalhos apresentam algumas ideias que os estudantes têm sobre este conceito, tais como os trabalhos de Anjos e Serrano (2017) e de Freitas e Neto (2017).

Teodoro (2000), em seu trabalho de dissertação, menciona vários autores que investigaram sobre as concepções dos estudantes acerca do conceito de gravidade. Sendo que as noções mais comuns encontradas nas pesquisas desses autores, referem-se: à necessidade de um meio para que a força atrativa atue; ao limite de atuação da força gravitacional coincidindo com o fim da atmosfera; à queda de corpos mais pesados caírem primeiro no chão; e a força gravitacional atuando somente na direção do movimento.

De acordo com Teodoro (2000), estudos como o de Whitaker (1983), apontam concepções de estudantes parecidas com a visão aristotélica, onde os alunos argumentam que o objeto mais pesado cai primeiro no solo por a gravidade agir mais no objeto mais pesado. Zylbersztajn (1983) aponta estudos onde os estudantes acreditam que a atmosfera é o meio que prende os corpos na Terra e que por não haver atmosfera no espaço, os corpos flutuam e ainda que a gravidade tenha haver com a queda de corpos, mas sem a ideia de isto tenha haver com algum tipo de força.

Todas essas noções mostram que os estudantes têm ideias intuitivas e baseadas no senso comum, que se comparando com o que é aceito cientificamente, apresentam-se como equivocadas. Entretanto, as ideias prévias e equivocadas dos estudantes podem ser trabalhadas, problematizando os equívocos e buscando limitações nas respostas dadas pelos estudantes. Conferindo assim, um trabalho de mudança conceitual. Conforme Villani e Cabral (1997),

O escopo proposto pelos pesquisadores em mudança conceitual é incentivar e provocar a modificação de conceitos, idéias ou representações trazidas pelos alunos, em conceitos, idéias ou representações legitimadas pelas comunidades científicas. (VILLANI e CABRAL, 1997, p.44)

Damasio e Peduzzi (2017), em um trabalho sobre História e Filosofia da Ciência (HFC), mencionam estudos de vários pesquisadores que apontam o uso da HFC como subsidio para uma mudança conceitual. Em que a utilização de debates históricos pode ser propícios para uma melhor compreensão de significados

científicos. Podendo-se apontar semelhanças entre as noções prévias dos estudantes e a evolução epistemológica dos conceitos científicos.

Dessa forma, ao estudar-se sobre o conceito de gravidade, verifica-se um caráter histórico, destacando-se alguns modelos desenvolvidos não necessariamente de forma linear, mas com aspectos problematizados diante da HFC, tais como as concepções de Aristóteles, Ptolomeu, Copérnico, Gilbert, Kepler, Galileu, Descartes e Newton, conforme Gatti, Nardi e Silva (2004). De acordo com Teodoro (2000), o estudo sobre a atração gravitacional confunde-se com o desenvolvimento da Mecânica e torna-se necessário para a compreensão dos modelos de mundo que os homens desenvolviam em busca de compreender melhor o universo.

Investigando as noções de mundo desenvolvidas por povos antigos, conforme Teodoro (2000), nos deparamos com vários modelos, entre os quais podemos citar os modelos desenvolvidos pelos chineses, pelos hindus, pelos fenícios, etc. Contudo, concordando com Teodoro (2000), as concepções desenvolvidas pelo pensamento grego contribuíram “[...] para o estabelecimento do paradigma aristotélico-ptolomaico e que, o nascimento da mecânica no século XVII foi o resultado de um trabalho que buscava sua superação.” (TEODORO, 2000, p. 63). Assim, seguiremos com mais detalhes acerca da evolução histórica e rupturas de paradigmas relacionados à atração gravitacional, a partir do pensamento grego. Onde apresentamos no quadro abaixo, alguns tópicos sobre as concepções de alguns cientistas sobre as visões de mundo e a noção de atração gravitacional.

Quadro 1- Algumas concepções de alguns cientistas

Concepção aristotélica
<ul style="list-style-type: none"> • O planeta Terra ocupa a região central de um conjunto de esferas, em que se admite a esfericidade do formato da Terra; • Todos os corpos que existiam na Terra procuravam seu “lugar natural” sem a necessidade de uma força motriz, obedecendo a movimentos que fossem ascendentes ou descendentes, seguindo uma linha reta que passasse pelo centro da Terra; • Para os corpos celestes, o movimento seria diferente de corpos terrestres, na visão aristotélica, os corpos celestes estariam imersos num quinto elemento: o éter, onde o corpo celeste obedeceria a um movimento uniforme e circular considerando-se como um movimento “natural”.

Concepção ptolomaica

- Explicação dos movimentos retrógrados dos planetas através de uma combinação de círculos. O planeta se move ao longo de um pequeno círculo: o epiciclo, onde este se move em um círculo maior: o deferente. A Terra ficaria numa posição um pouco afastada do centro do deferente, de um lado oposto a um ponto que estaria ao lado do centro do deferente, esse ponto seria o equante.

Concepção copernicana

- Visão heliocêntrica de sistema planetário;
- A gravidade é vista como uma característica de corpos esféricos, com tendência a se unirem, não sendo uma propriedade exclusiva da Terra, fortalecendo-se a ideia de que a Terra não é o centro do Universo;
- Explicação sobre o movimento retrógrado dos planetas baseada no heliocentrismo, não sendo necessário, portanto, a utilização de epiciclos;
- Colocação dos planetas em ordem com relação a distância ao Sol;
- Forma circular das órbitas dos planetas é mantida.

O pensamento de Gilbert

- Para Gilbert o magnetismo ocuparia uma filosofia central sobre a cosmologia. Gilbert estudou fenômenos magnéticos e afirmou que a Terra seria um grande ímã que atraía outros ímãs por meio de “eflúvios magnéticos”.

O pensamento de Kepler

- Formulação das três leis fundamentais da Mecânica celeste (Leis de Kepler), as quais dizem que:
 1. Os planetas orbitam em torno do Sol com forma elíptica, sendo o Sol um dos focos da elipse (lei das elipses);
 2. Os raios vetores que os planetas percorrem, ocupam áreas iguais em intervalos de tempos iguais (lei das áreas);
 3. Os quadrados dos períodos dos planetas são proporcionais aos cubos das distâncias médias dos planetas ao Sol (lei dos períodos).

O pensamento de Galileu

- Desenvolvimento de estudos sobre o movimento uniformemente variado, caracterizado por aceleração constante. Sendo então a gravidade uma característica inerente dos corpos.
- Melhoria significativa do telescópio refrator e com este, o descobrimento das manchas solares, de montanhas da Lua, das fases de Vênus, dos anéis de Saturno, luas de Júpiter, etc. Fortalecendo com isso, a teoria heliocêntrica;
- Estudo com planos inclinados demonstrando que a velocidade da queda dos corpos não depende do peso dos mesmos.

O pensamento de Descartes

- O vácuo foi rejeitado, pois para Descartes haveria matéria em todo espaço e a gravidade foi explicada pela ideia de vórtices de éter, onde os planetas se moveriam em movimento circulares em torno de seus sóis, por causa destes vórtices.

O pensamento de Newton

- Formulação da lei da gravitação universal, em que corpos se atraem com força proporcional às suas massas e inversamente proporcional ao quadrado da distância que separa esses corpos;
- Formulação das leis sobre força e movimento (Leis de Newton), as quais dizem o seguinte:
 1. Todo corpo tende a ficar em seu estado de repouso ou em movimento uniforme, até que uma força externa mude seu estado inercial (lei da inércia);
 2. A força aplicada em um corpo é proporcional ao produto da aceleração e da massa do corpo;
 3. Para toda ação existe uma força de reação de sentido contrário a esta e de mesma intensidade (lei da ação e reação);

Fonte: Elaborado pela autora

Assim, podemos perceber um caráter histórico para a formação de um conceito científico, que com a contribuição de vários cientistas vai se moldando diante de vários estudos. E dessa maneira percebemos que a noção do conceito de gravidade na Física Clássica, é atribuída a partículas e forças, onde estudos relacionados ao eletromagnetismo durante o século XIX fizeram com que seja atribuída a ideia de campo de força, surgindo-se então o conceito de campo gravitacional. Já os estudos na Física Moderna atribuem um novo olhar para a noção de gravidade, fundamentada pela Teoria da Relatividade Geral de Einstein. Conforme Cajori (1990) apud Teodoro (2000),

[...] de acordo com a qual a gravidade é encarada não como uma propriedade inata aos corpos, mas sim como certa modificação no espaço. De acordo com Einstein, a Terra produz nas suas vizinhanças um campo gravitacional, que agindo sobre a maçã provoca seu movimento de queda. No campo gravitacional de Einstein, em geral, um raio de luz propaga-se curvilíneamente. A diferença entre a nova e a velha física é enunciada por Eddington assim: “A lei da gravitação de Einstein controla uma quantidade geométrica, a curvatura, em contraste à lei de Newton que controla uma quantidade mecânica, a força”. (CAJORI, 1990, p. 275-6 apud TEODORO, 2000, p.142-143)

Dentre esses aspectos apresentados acima, percebemos que o estudo relacionado à atração gravitacional requer como qualquer outro conteúdo científico, mais do que memorização de leis e fórmulas, requer um olhar ampliado para a

história da ciência de forma crítica e problematizada, mostrando aos estudantes a evolução dos conhecimentos, e como um conceito científico pode se formar. Todavia, refletindo sobre as características e obstáculos que se percebem durante o estudo de gravidade, percebemos de acordo com Gatti, Nardi e Silva (2004) dificuldades relacionadas às preconcepções dos estudantes, tais como as relações entre os conceitos de força e movimento, a noção da velocidade de queda de um corpo relacionado ao seu peso e a necessidade de um meio para a transmissão da força atrativa.

Diante disso, alguns autores educacionais, tais quais os que foram mencionados no subtópico 1.1 desta dissertação, defendem que para se obter uma aprendizagem científica mais significativa, com construção de significados científicos e de abordagem teórica mais qualitativa, é preciso considerar tais concepções equivocadas. Visando desse modo, a adoção de uma postura construtivista, onde se explore e analise os argumentos dos estudantes para que se alcance uma compreensão sobre conceitos científicos de forma mais estruturada. Buscando considerar fatores subjetivos e motivacionais dos estudantes, como também explorar limitações nas respostas dos mesmos para que assim, se obtenha estratégias de aprendizagens mais eficazes, podendo-se verificar dessa forma, um trabalho de mudança conceitual, como mencionamos anteriormente.

1.4 Contribuição de temas astronômicos para o ensino da Física

Almejando-se a superação de problemáticas encontradas no ensino da ciência Física, tais como as descritas no tópico 2.2 desta fundamentação, várias pesquisas e trabalhos são desenvolvidos com o intuito de pensar-se em metodologias didático-pedagógicas, visando à construção de uma significativa aprendizagem científica. Assim, concepções epistemológicas sugerem a reflexão de práticas educacionais, discorrendo em estratégias que favoreçam ao processo de ensino e aprendizagem no ensino da Física, tais como a experimentação, a resolução de problemas, o enfoque Ciência, Tecnologia, Sociedade (CTS), a elaboração de programas a partir de conceitos unificadores, entre outros.

Muitos autores, como Carvalho, et al (2015), defendem a introdução da história da ciência no ensino das ciências, como uma alternativa para o rompimento

do ensino tradicional. Pois, através da abordagem histórica, podem-se discutir vários aspectos a respeito do contexto histórico, verificando que são as ações humanas que constroem o conhecimento científico. Percebendo desta forma, o caráter provisório deste, pois teorias que se apresentam como corretas hoje, podem ser derrubadas amanhã. Apresentando-se desta maneira uma visão problemática da Ciência, rompendo com a visão fechada e simplista da mesma.

A história da ciência pode ser apresentada através de abordagens de episódios científicos, podendo-se trabalhar também, a conceituação científica de forma dinâmica e envolvente, levando os estudantes à uma argumentação e compreensão da história e filosofia da Ciência. Em que os episódios científicos podem constituir-se como uma ferramenta para abordar-se temas que favoreçam a uma aprendizagem mais significativa. Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2011), destacam a abordagem de temas como uma maneira à propiciar uma aprendizagem potencialmente significativa. Pois tais abordagens podem propiciar um caráter dialógico, levando a problematização de diversas questões, auxiliando à uma ruptura com o conhecimento comum chegando a um conhecimento científico. Podendo também, serem tratadas de forma transdisciplinar.

Na perspectiva de abordagens de temas, veem-se então os temas astronômicos propícios para o processo de ensino e aprendizagem, pois temas astronômicos despertam bastante interesse para os estudantes, conforme referências citadas na introdução deste trabalho, e dessa forma, os docentes de Física podem utilizá-los como ferramenta para exploração de vários conteúdos presentes nas ementas escolares. Auxiliando para uma aprendizagem potencialmente significativa, relacionado o que é aprendido em sala de aula com o mundo ao nosso redor.

Temas como História da Astronomia, Astronomia Moderna, Origem do Universo, Modelos do Universo, Sistema Solar, Corpos celestes, Evolução estelar, Modelo de Kepler e Leis de Kepler, Leis de Newton e Gravitação, Conquista do espaço, Astronomia na atualidade, entre outros podem levantar várias questões acerca de conhecimentos científicos previstos em conteúdos escolares de forma interativa e dinâmica. Segundo Scarinci e Pacca (2006, apud VASCONCELOS, SARAIVA, 2012, p.483),

a curiosidade inerente ao senso comum pelos temas de Astronomia mostra não só que os indivíduos querem conhecer melhor os fenômenos, mas também que eles possuem suas próprias explicações para o que ocorre. Muitas dessas explicações estão longe das aceitas cientificamente e devem evoluir para tal ao longo da aprendizagem; cabe ao professor encontrar os meios adequados para que isso ocorra. (SCARINCI, PACCA, 2006, apud VASCONCELOS, SARAIVA, 2012, p.483)

Concordando com Mota, Bonomini e Rosado (2009), o ensino de temas astronômicos pode ser uma ferramenta interessante para o ensino de ciências, pois contribui para que o estudante compreenda melhor a natureza cosmológica, permitindo-lhe visões mais ampliadas sobre o seu “lugar” diante da vastidão e imensidão do Universo. Assim, ao se trabalhar com temas astronômicos, podemos levantar questões abordando-se a relação interacionista entre o sujeito e o objeto, tais como: “o que é o universo?”, “quantos universos existem?”, “quando e como ocorreu a origem do universo?”, entre outras. Abordando-se desta forma, a natureza cosmológica como objeto de interação com estes sujeitos.

Bernardes, et al (2006), ainda afirmam:

a astronomia é uma das áreas que mais atrai a atenção e desperta a curiosidade dos estudantes, desde os primeiros anos escolares até sua formação nos cursos de graduação, abrangendo todas as áreas, principalmente de Física. (BERNARDES, T. O., et al. 2006, p. 391)

Gama e Henrique (2010, p. 11), também apontam que:

É difícil manter indiferença frente ao céu ou a imagens de nebulosas, galáxias, cometas e planetas. Animações abundantes na internet apresentam escalas de tamanho no universo, e colocam em pauta o lugar do homem, enquanto ser físico, químico e vivo, no universo. (GAMA e HENRIQUE, 2010, p. 11)

Ainda verificando-se na literatura, é possível encontrar também, trabalhos que a partir de um tema astronômico, apresentam resultados em que se vê possível uma motivação para a cultura científica, aproximando comunidades científicas, amadoras e escolares, tais como o trabalho de Langhi (2009). Desta forma, usufruindo do fascínio que os estudantes apresentam por temas de Astronomia, podemos levantar discussões que problematizem uma questão, gerando então, um desequilíbrio das estruturas cognitivas dos estudantes.

Por exemplo, ao falar sobre os “[...] movimentos celestes reinaugura-se a problemática dos primórdios da mecânica moderna (séc. XVII) e da gravitação” (GAMA; HENRIQUE, 2010 p.11). Outro exemplo, que se pode indagar a partir da Astronomia, é a passagem do modelo geocêntrico para o heliocêntrico, onde se

questiona a imobilidade do Sol e/ou da Terra. Como também se pode questionar sobre discussões da cosmologia contemporânea, tais como temas estudados pela astrofísica, citando matéria e energia escura ou sobre evolução estelar, que já fornecem uma vasta gama de materiais que podem ser discutidos de forma problematizada.

Assim, percebe-se uma possível contribuição para a qualificação da aprendizagem no ensino de Física através da Astronomia, vendo nesta, uma ferramenta que pode utilizar-se dos conhecimentos prévios dos estudantes e instigá-los para a construção de conhecimentos estruturantes. De maneira a trabalhar-se de forma interdisciplinar entre estas duas ciências, buscando estratégias de ensino criativas e dinâmicas. Conforme com Bertol e Florczak (2013),

Ao ensinar de forma interdisciplinar, estamos nos afastando do método tradicional de ensino, no qual o(a) docente é o(a) detentor(a) de todo o conhecimento e o discente é uma página em branco, sem vivências e que, passivamente, espera pelas respostas prontas vindas desse(a) professor(a). A interdisciplinaridade baseia-se no diálogo, na pesquisa, na criatividade, buscando sempre ir além dos limites impostos pelas disciplinas. (BERTOL e FLORCZAK, 2013)

Dessa forma, diante de todo o exposto, propõe-se aqui, um trabalho com perspectiva interdisciplinar entre Astronomia e Física, por estas terem um alto grau de interconexões. Abordando-se um tema de um evento astronômico, de maneira que seja possível fazer um estudo teórico sobre conceitos pertinentes a tal tema, relacionando seu potencial interdisciplinar como alicerce para conceitos estudados na Física, de forma que seja propício à construção de uma visão menos fragmentada do conhecimento científico.

1.5 O episódio da queda do Meteorito Serra de Magé numa abordagem interdisciplinar entre Astronomia e Física

Como tema interdisciplinar e que possa favorecer para uma aprendizagem potencialmente significativa, menciona-se aqui o evento da queda do meteorito Serra de Magé, ocorrido em 1 de outubro de 1923, por volta das 11 horas. Este é o primeiro meteorito catalogado em Pernambuco e teve sua queda observada por habitantes no interior do estado, passando por cidades como Garanhuns e Pesqueira e localidades vizinhas a estas cidades. Conforme notícia do jornal O imparcial, publicado em 11 de outubro de 1923, foram sentidos durante a queda do

meteorito, grandes estrondos e abalos que ocasionaram quebras de vidraças. Causando também, um grande espanto e pânico na população, pois os efeitos do impacto do meteorito foi sentido por quase toda a zona central do estado.

Todavia, ao mencionar esse evento científico, faz-se necessário a compreensão desse fenômeno, em que se desenvolve toda uma área de estudos astronômicos, destacando-se em uma linha de estudos científicos, a meteorítica. Onde esta se destina aos estudos sobre corpos que caem na Terra, analisando esses corpos e investigando mais sobre os processos físicos desses e assim, conhecendo mais sobre a formação do sistema solar. De acordo com Carvalho (1995),

Meteoritos são núcleos ou fragmentos de corpos celestes que descreviam órbitas elípticas no espaço sideral, em volta do sol, quando foram atraídos pela gravidade terrestre e forçados a entrar no nosso planeta, chegando até a superfície após atravessar a atmosfera. (CARVALHO, 1995, p. 53)

Durante a travessia destes corpos pela atmosfera terrestre, esses corpos são chamados de meteoros conhecidos popularmente como estrelas cadentes, somente quando atingem a superfície da Terra que passam a serem chamados de meteoritos. Conforme Zucolotto (2014), quando se sabe a data que um meteorito caiu, esse evento é considerado uma queda, quando não se sabe, é considerado um achado. A importância de se estudar os meteoritos é por estes constituírem-se em um material onde os pesquisadores podem investigar sobre a origem do sistema solar, de acordo com Carvalho (1995),

[...] os meteoritos continuam sendo o principal material cósmico que os cientistas dispõem para estudar a origem do sistema solar e inferir hipóteses sobre as substâncias que compõem o centro da Terra, considerando-se que esses corpos celestes são núcleos ou remanescentes de astros maiores que explodiram. (CARVALHO, 1995, p. 55)

Os meteoritos são classificados em sideritos (metálicos) formados principalmente de ferro, em aerólitos (rochosos) formados basicamente de minerais e em siderólitos que são formados pelos dois tipos de materiais (metálicos e minerais). Os meteoritos do tipo aerólitos podem ser de dois grupos de classificação: os condritos e os acondritos. Conforme Zucolotto (2014),

A distinção principal é que os condritos são remanescentes da nebulosa solar primitiva, portanto têm composição primitiva, ao passo que os acondritos têm composição diferenciada, isto é, foram submetidos à fusão no interior de corpos planetários. (ZUCOLOTTO, 2014, p. 363)

Os meteoritos condritos, por sua vez, subdividem-se em mais dois subgrupos de classificação, que são os carbonáceos com alto teor de carbono em sua composição e que nunca sofreram exposição a altíssimas temperaturas e os ordinários que são fragmentos do cinturão de asteroides que colidiram com a Terra. Abaixo, segue-se uma representação simplificada das categorias dos meteoritos (ver figura 1). Os meteoritos podem ser das mais variadas dimensões e seu peso pode ser de microgramas à toneladas, o maior meteorito conhecido é o Hoba West (figura 2), localizado na Namíbia – África, seu peso é de aproximadamente 60 toneladas.



Figura 1 - Simples classificação dos meteoritos
Adaptado: Zucolotto (2014)

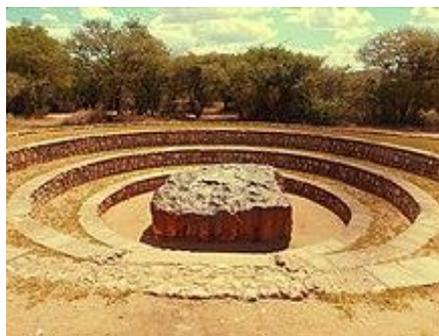


Figura 2 – Meteorito Hoba West
Fonte: Eugen Zibiso (2013)

No Brasil, o maior meteorito que temos é o meteorito Bendegó (ver figuras 3 e 4), um siderito que pesa 5360 Kg e foi achado no interior da Bahia em 1784, e encontrava-se em exposição no Museu Nacional do Rio de Janeiro, que infelizmente sofreu um incêndio em 2018. Contudo, os meteoritos são corpos que conseguem resistir à altas temperaturas, assim, o meteorito Bendegó e outros meteoritos do Museu Nacional, permaneceram intactos. Em Pernambuco, temos catalogados dois meteoritos, o meteorito Vicência (ver figura 5), que teve sua queda numa data mais recente, em 21 de setembro de 2013 no distrito de Borracha, que é distrito do município de Vicência. O meteorito Vicência é um condrito ordinário e pesa 1540 g.

E o meteorito Serra de Magé, que é tema deste trabalho, que como já foi mencionado anteriormente, teve sua queda em 1 de outubro de 1923, sendo observada por habitantes de várias cidades do interior de Pernambuco. Segundo relatos, esse evento causou grande pânico para os habitantes dessas cidades e foi um fenômeno em que o meteorito se fragmentou em vários pedaços durante a sua queda, sendo possível que algumas pessoas pudessem recolher alguns desses e afirmarem que poderiam ser pedaços do referido meteorito (ver figura 12).



Figura 3 - Meteorito do Bendegó no Museu Nacional do Rio de Janeiro

Fonte: Jorge Andrade / Museu Nacional do Rio de Janeiro¹

¹Disponível em: <https://www.galeriadometeorito.com/2018/09/meteorito-de-bendego-historia.html>. Acesso em: 25/07/2019



Figura 4 – Meteorito Bendegó resistiu ao incêndio do Museu Nacional do Rio de Janeiro

Fonte: Clever Feliz/ Brazil Photo Press/ Folhapress²

²Disponível em: <https://veja.abril.com.br/brasil/meteorito-resistente-ao-fogo-sobrevive-apos-incendio-no-museu-nacional/>. Acesso em:25/07/2019



Figura 5 - Meteorito Vicência

Fonte: Alexsandro (Neguinho)³

³Disponível em: <http://www.tvlimoeiro.com/2013/09/asteroide-cai-em-borracha-municipio-de.html>. Acesso em:25/07/2019



Figura 6 - Possível fragmento do meteorito Serra de Magé

Fonte: Elaborado pela autora

Os pesquisadores Djalma Guimarães e Luciano J. de Moraes relataram esse evento em um trabalho e descreveram as características físicas desse meteorito. Conforme Moraes e Guimarães (1927), esse episódio científico foi bastante notável e animais pecuários de pessoas que presenciaram esse evento se apavoraram e saíram correndo. As pessoas ficaram muito assustadas e vidraças foram quebradas devido à onda de choque no ar causada pelo impacto do meteorito com a atmosfera terrestre. Esses autores ainda afirmam que:

As pessoas que presenciaram o fenômeno, referem ter havido primeiro um clarão de relâmpago, seguido de uma forte trovoadas, um grande estrondo e outros menores. Tudo isso durou cerca de três minutos. Explodindo, o meteorito dividiu-se em uma enorme quantidade de fragmentos, que caíram como se fosse uma chuva de pedras. Durante a queda eles davam desprendimento gazoso, uma espécie de fumaça. (MORAES e GUIMARÃES, 1927, p. 357)

O meteorito Serra de Magé é um meteorito aerólito acondrito, e um fragmento desse também estava no Museu Nacional, o qual ainda não temos notícias sobre ele. Conforme Zucolotto (2014), o meteorito Serra de Magé “é um dos meteoritos brasileiros mais raros, pertence a uma classe dos acondritos cuja crosta de fusão esverdeada é composta de minerais típicos de crosta planetária” (ZUCOLOTTO, 2014, p. 380). Segundo Flório (2018), o meteorito Serra de Magé foi o primeiro fragmento de um famoso asteroide do Sistema Solar coletado no Brasil, o asteroide Vesta. De acordo com Flório (2018), o Vesta possui 500 quilômetros (km) de diâmetro e faz parte do Cinturão de Asteroides, entre as órbitas dos planetas Marte e Júpiter.

Enfim, diante do exposto, expomos em ambiente escolar, este episódio científico como um tema astronômico, abordando-o especificamente em uma escola pública de uma das localidades na qual foi observada a queda. Com o intuito de motivar os estudantes para uma visão de uma Ciência mais cotidiana e de mais fácil compreensão. Para isto, foram realizadas interlocuções numa turma do 9º ano do Ensino Fundamental, trabalhando-se com os estudantes, exposições dialogadas em sessões didáticas baseadas na Engenharia Didática, sobre o evento da queda do meteorito Serra do Magé e todos os aspectos envolvidos sobre os meteoritos. Para que a partir daí se problematize a causa da queda de corpos celestes na superfície terrestre, desenvolvendo assim, um estudo teórico e histórico sobre a noção de atração gravitacional, tal qual foi brevemente abordada no terceiro tópico desta

fundamentação. As descrições e detalhamento dessas atividades serão apresentados a seguir, na metodologia deste trabalho.

CAPÍTULO 2 - METODOLOGIA

A metodologia deste trabalho contemplou a elaboração de sequências didáticas baseadas em pressupostos da Engenharia Didática, que é uma metodologia de pesquisa, cuja noção se desenvolveu na França durante os anos 80. E segundo Michèle Artigue (1996), trata-se de uma metodologia que assemelha o trabalho do professor-investigador ao trabalho de um engenheiro, onde se requer um trabalho que, além de apropriação de conhecimentos científicos, é preciso também, levantar um controle de variáveis complexas no processo de ensino e aprendizagem. A Engenharia Didática fundamenta-se, segundo Machado (2010), num processo experimental composto em quatro fases, que são: análises preliminares, concepção e análise *a priori*, experimentação e análise *a posteriori* e validação.

Alguns trabalhos desenvolvidos neste programa de pós-graduação abordaram a Engenharia Didática em suas pesquisas, como os trabalhos de Andrade (2005), Costa (2006) e o de Barros (2016). Conforme Barros (2016), “[...] a proposta da Engenharia Didática foi idealizada como uma maneira de consolidar os ideais de investigação da escola da Didática da Matemática Francesa” (BARROS, 2016, p. 96). Onde se buscou aprimorar recursos para o trabalho em contexto escolar. Assim, para esta pesquisa são utilizados os pressupostos presentes nas fases da Engenharia Didática para a elaboração das sequências didáticas, de forma que seja possível fazer um melhor procedimento metodológico para construção e análise de dados das atividades que foram trabalhadas no ambiente escolar.

Enfatiza-se também que esta pesquisa baseia-se na modalidade de pesquisa qualitativa, sendo possível a verificação de problemáticas em processos de ensino e aprendizagem através do contato do pesquisador com o ambiente escolar e com os sujeitos da pesquisa. Caracterizando-se em um procedimento exploratório, em que foi analisado o ambiente escolar e interpretado o processo de ensino e aprendizagem atribuindo significados descritivos, seguindo-se neste projeto, um delineamento de pesquisa-ação. Promovendo-se dessa forma, uma maior articulação entre a teoria e a prática da pesquisa desenvolvida, configurando-se assim, em uma ação planejada que integre as relações entre pesquisador e sujeitos de forma cooperativa e participativa.

As aplicações das atividades desenvolvidas foram realizadas com uma turma do último ano do Ensino Fundamental de uma escola pública do interior de Pernambuco, mais especificamente em uma localidade onde foi percebida a queda do meteorito Serra de Magé há quase 96 anos. Sendo utilizados questionários aplicados para os estudantes, e audiogravação das atividades realizadas, como instrumentos que possibilitem uma melhor coleta de dados. Contudo, para uma melhor compreensão sobre a Engenharia Didática, e sobre as fases e recursos metodológicos para esta pesquisa, expomos a seguir, as atividades que foram realizadas adaptando-as à concepção de Engenharia Didática, fazendo-se também, uma breve introdução à mesma.

2.1 A ENGENHARIA DIDÁTICA

Conforme Pommer (2013), a Engenharia Didática é uma metodologia de pesquisa, desenvolvida a partir de resultados de discussões feitas no Instituto de Investigação do Ensino de Matemática (IREM), na França, na década de 60, sendo idealizada por Brosseau, de forma a desenvolver-se e de ser bastante ampliada por Artigue. As discussões no IREM visavam para ações de controle sobre situações didáticas voltadas para o ensino de Matemática, analisando e investigando as relações entre o aluno, o professor e o saber. De acordo com Barros (2016), foi nesse cenário que a Engenharia Didática foi idealizada e viabilizada, fortalecendo os debates desenvolvidos pelos IREMs.

Barros (2016), afirma que foi por volta da década de 90, que a metodologia da Engenharia Didática foi difundida em nível mundial. Sendo definida por Artigue (1996), como uma forma de etiquetagem do trabalho didático, onde a pesquisadora francesa compara-o:

ao trabalho do engenheiro que, para realizar um projecto preciso, se apoia nos conhecimentos científicos de seu domínio, aceita submeter-se a um controle de tipo científico mas, ao mesmo tempo, se encontra obrigado a trabalhar sobre objectos muito mais complexos que os objectos depurados na ciência e, portanto a estudar de uma forma prática, com todos os meios ao seu alcance, problemas de que a ciência não quer ou ainda não é capaz de se encarregar (ARTIGUE, 1996, p. 193).

Dessa forma, pode-se compreender que o trabalho do professor, que por sua vez, desenvolve sequências didáticas planejadas para um determinado projeto de

aprendizagem, é análogo ao que se pressupõe a Engenharia Didática. Onde o professor necessitará de vários conhecimentos específicos como também, necessitará de um planejamento que envolva as variáveis encontradas para seu projeto de ensino. A Engenharia Didática enquanto metodologia se constitui em quatro fases procedimentais que são:

- 1) Análises Preliminares;
- 2) Concepção e Análise *a priori*;
- 3) Experimentação;
- 4) Análise *posteriori* e validação.

Ressalta-se que a realização destas fases não ocorre necessariamente de maneira linear, por muitas vezes estas fases se articulam e se superpõem. Mais adiante, seguimos com breves caracterizações dessas fases e as atividades didáticas que foram realizadas baseadas nessas respectivas fases.

2.1.1 Análises Preliminares

Nessa fase, várias análises prévias são realizadas de maneira que se possam considerar alguns aspectos iniciais do trabalho, sendo que tais análises podem sempre serem verificadas durante todo o desenvolver do mesmo. Dentre as análises preliminares a serem feitas, Artigue (1996) aponta alguns aspectos para análise, entre os quais citamos alguns no quadro abaixo:

Quadro 2 - Alguns aspectos para análise preliminar

- Análise epistemológica dos conteúdos visados;
- Análise do ensino habitual e seus efeitos;
- Análise das concepções dos alunos, das dificuldades e obstáculos que marcam a sua evolução.

Fonte: Elaborado pela autora

Dessa maneira, é feito na análise preliminar, uma revisão bibliográfica com o intuito de se verificar na literatura o que se tem sobre os aspectos que envolvem os contextos epistemológicos e didáticos, referentes aos conteúdos que se pretende trabalhar, e ao processo de ensino e aprendizagem. Com esse intuito, para este trabalho, como análise do contexto epistemológico do conteúdo, expomos na fundamentação teórica, entre as páginas 24 a 29, uma breve abordagem sobre a noção e evolução do conceito de gravidade.

Para análise do ensino habitual e seus efeitos, apresentamos na fundamentação teórica, questões que envolvem aspectos da Aprendizagem Significativa de David Ausubel (pags. 18-21) como teoria construtivista de ensino e aprendizagem, as dificuldades no ensino de Física que não contribuem para a Aprendizagem Significativa (pags. 21-24), e as possíveis contribuições que os temas astronômicos podem trazer para o ensino de Física (pags. 29-32). Para análise da concepção dos alunos, refletiu-se com o auxílio de questionários (ver apêndices e o tópico 3 desta dissertação), as concepções prévias que os estudantes têm sobre questões que envolvam conceitos físicos relacionados com a gravidade e questões com abordagens de temas astronômicos, evidenciando conceitos relacionados com o episódio da queda do meteorito. Assim, depois de percorridas estas análises, discorreremos para a fase de concepção e análise *a priori*, apresentada em seguida.

2.1.2 Concepção e Análise *a priori*

Na concepção e análise *a priori* são delimitadas variáveis de comando, o que Artigue (1996), define como variáveis presentes nas situações didáticas, fazendo-se útil a distinção entre variáveis macrodidáticas (ou globais) e variáveis microdidáticas (ou locais). De acordo com Artigue (1996), esses dois tipos de variáveis são definidas da seguinte maneira:

- as variáveis *macrodidáticas ou globais*, que dizem respeito à organização global da engenharia;
- e as variáveis *microdidáticas ou locais*, que dizem respeito à organização local da engenharia, isto é, à organização de uma sessão ou de uma fase, podendo umas e outras ser, por sua vez, variáveis de ordem geral ou variáveis dependentes do conteúdo didático cujo ensino é visado. (ARTIGUE, 1996, p. 202).

Sendo que ambas variáveis são interdependentes, e a delimitação de variáveis macrodidáticas precede a delimitação de variáveis microdidáticas. A função da delimitação destes tipos de variáveis permite que seja visado o controle de comportamento dos estudantes, fazendo-se com que seja desempenhada uma aprendizagem, conforme o objetivo da situação didática construída. Assim, a delimitação de variáveis de comando faz com que o objetivo da fase de concepção e análise *a priori*, seja uma análise de controle de sentido, que de acordo com Artigue (1996), é analisar como as escolhas feitas pelo professor-investigador permitirão controlar o comportamento dos estudantes, e o que esses comportamentos significam.

Para isto, Artigue (1996), aponta algumas características que a análise *a priori*, deve conter:

Quadro 3 - Características da concepção e análise *a priori*

- Descrição de cada escolha local feita;
- Análise de desafios referentes aos investimentos que as escolhas determinam;
- Previsão de comportamentos possíveis.

Fonte: Elaborado pela autora

Diante de todos esses elementos, temos em seguida, descrições de análises de caráter macrodidático, constituintes no projeto de ensino realizado na escola que houve a interlocução.

Quadro 4 – Algumas características globais

- **Caracterização dos sujeitos:**

Os estudantes selecionados para esta pesquisa foram estudantes do último ano do Ensino Fundamental de uma escola pública do interior de Pernambuco. Pretendeu-se trabalhar com este nível, tendo em vista que a escola é uma escola municipal, contando assim, com turmas de ensino fundamental. A escolha do último ano deu-se por ser uma fase que antecede os conceitos sobre atração gravitacional, estudados a partir da primeira série do Ensino Médio, de acordo com as ementas escolares. A turma escolhida apresenta um total de 18 alunos com faixa etária de 14 a 16 anos.

- **Caracterização do ambiente:**

A escola onde se fez a intervenção é uma escola pública municipal situada em um distrito do interior de Pernambuco, sendo selecionada por pertencer a uma localidade onde foi percebida a queda do meteorito Serra de Magé, tema astronômico que foi abordado nas atividades didáticas construídas. A escola apresenta um total de 620 alunos matriculados, sendo alunos do próprio distrito, de sítios e povoados vizinhos. A escola em questão, conta com matrículas desde as primeiras turmas infantis até as últimas do Ensino Fundamental.

- **Caracterização dos instrumentos:**

Os materiais e atividades utilizados foram resolução de questionários, exposição dialogada com o auxílio de multimídias, leitura de textos e apresentação de cartazes confeccionados pelos estudantes. Para análise de coleta de dados, referentes à investigação da pesquisa, utilizaram-se questionários e audiogravação.

Fonte: Elaborado pela autora

Segue-se agora, as análises de caráter microdidático deste trabalho, descrevendo cada sessão em ambiente escolar.

Sessão 1

Quadro 5: Descrição da sessão 1

Data:03/10/2018

Escola: Escola Municipal José Paes Gramim

Série: 9º ano do Ensino Fundamental

Duração: 50 min

Atividade: A queda do meteorito Serra de Magé

Objetivos da atividade:

- ✓ Divulgar um episódio científico para estudantes da própria localidade onde ocorreu a queda do meteorito;
- ✓ Expor conhecimentos acerca dos meteoros e meteoritos;

Procedimentos para realização da atividade:

- ✓ Exposição dialogada sobre o meteorito Serra de Magé, como também sobre meteoros e meteoritos, utilizando como recursos didáticos, exposição de slides;

Fonte: Elaborado pela autora

Para essa atividade foram necessários como recursos didáticos: computador, datashow e elaboração de slides para a exposição sobre o meteorito Serra de Magé e meteoritos em geral. Esperou-se que com esta atividade, os estudantes ficassem motivados com o tema e que se mantivessem informados sobre um episódio científico, que aconteceu em sua própria localidade, ficando também, entusiasmados para o estudo de conhecimentos científicos relacionados ao Sistema Solar, tais como meteoros, planetas, satélites, cometas, etc.

Sessão 2

Quadro 6 – Descrição da sessão 2

Data: 04/10/2018 e 10/10/2018

Escola: Escola Municipal José Paes Gramim

Série: 9º ano do Ensino Fundamental

Duração: 100 min

Atividade: Questionário – A queda dos corpos na superfície terrestre

Objetivos da atividade:

- ✓ Diagnosticar as concepções prévias dos estudantes sobre conceitos relacionados com a queda dos corpos na superfície da Terra;
- ✓ Debater sobre essas concepções, de modo a privilegiar as ideias que os alunos buscam para responder as perguntas feitas no questionário;
- ✓ Desenvolver habilidades cognitivas dos estudantes, visando a reflexão e a construção de significados científicos mais estruturados;
- ✓ Desenvolver habilidades sociais dos estudantes, visando a comunicação entre aluno-aluno e aluno-professor.

Procedimentos para realização da atividade:

- ✓ Entrega dos questionários para os alunos responderem de acordo com suas próprias opiniões.
- ✓ Recolhida e leitura dos questionários já respondidos, para apresentação e debate sobre as respostas dadas pelos mesmos.
- ✓ Exposição dialogada de situações que problematizem as questões feitas no questionário, de modo a propor que os estudantes percebam limitações em suas respostas dadas e procurem soluções satisfatórias;

Fonte: Elaborado pela autora

Esperou-se que com esta atividade fosse possível coletar as concepções prévias dos estudantes acerca de conceitos relacionados com a noção de atração gravitacional, valorizando o conhecimento prévio desses alunos. Incentivando-os à um processo argumentativo de maneira interativa entre as relações aluno-aluno e aluno-professor. Os instrumentos utilizados para essa atividade foram fichas-questionários.

A realização dessa atividade aconteceu em duas datas, tais como constam no quadro acima, pois foi preciso se adaptar ao horário do funcionamento da escola e dos professores que cederam seus tempos de aulas. Assim, no dia 04/10/2018, os estudantes responderam individualmente o questionário, e no dia 10/10/2018, foram discutidas entre todos os estudantes, as respostas dadas ao referido questionário.

Sessão 3

Quadro 7: Descrição da sessão 3

Data: 11/10/2018

Escola: Escola Municipal José Paes Gramim

Série: 9º ano do Ensino Fundamental

Duração: 50 min

Atividade: Visão sobre o Sistema Solar: nosso lugar no Universo

Objetivos da atividade:

- ✓ Fazer um levantamento histórico, a partir de uma exposição dialogada, sobre a noção de atração gravitacional e conceito de gravidade, expondo as visões de mundo que se tem ao longo da história e filosofia da Ciência;
- ✓ Desenvolver habilidades cognitivas dos estudantes, visando a reflexão e a construção de significados científicos mais estruturados;
- ✓ Desenvolver habilidades sociais dos estudantes, visando a comunicação entre aluno-aluno e aluno-professor.

Procedimentos para realização da atividade:

- ✓ Exposição dialogada com o auxílio de multimídias sobre algumas visões de mundo e modelos cosmológicos;
- ✓ Entrega de material com abordagem histórica sobre o conceito de gravidade para pequenos grupos de modo que estes estudem diante desse material e apresentem ao grande grupo suas compreensões sobre o mesmo;

Fonte: Elaborado pela autora

Para essa sessão foi necessário a utilização de computador, datashow e recursos multimídias como recursos didáticos. Esperou-se que nessa sessão sejam alcançados os objetivos descritos no quando acima. Os materiais distribuídos para que os estudantes confeccionassem os cartazes foram cartolinas, imagens e textos sobre diversos cientistas.

Sessão 4

Quadro 8: Descrição da sessão 4

Data: 16/10/2018

Escola: Escola Municipal José Paes Gramim

Série: 9º ano do Ensino Fundamental

Duração: 90 min

Atividade: Apresentação dos cartazes elaborados pelos estudantes

Objetivos da atividade:

- ✓ Fazer um levantamento histórico sobre a noção de atração gravitacional e conceito de gravidade, expondo as visões de alguns cientistas e as contribuições destes para a formação do conceito de gravidade;
- ✓ Desenvolver habilidades cognitivas dos estudantes, visando a reflexão e a construção de significados científicos mais estruturados;
- ✓ Desenvolver habilidades sociais dos estudantes, visando a comunicação entre aluno-aluno e aluno-professor.

Procedimentos para realização da atividade:

- ✓ Exposição dialogada por meio de apresentação de cartazes confeccionados pelos próprios estudantes.

Fonte: Elaborado pela autora

Nessa sessão foi investido uma participação mais dinâmica dos estudantes, convidando-os para apresentarem seus cartazes e compreensões sobre o referido estudo histórico sobre o conceito de gravidade. Esperou-se que diante dessa

atividade, os estudantes pudessem ver a Ciência de uma forma mais problematizada e humana, não de forma linear e simplista.

Sessão 5

Quadro 9: Descrição da sessão 5

Data: 18/10/2018

Escola: Escola Municipal José Paes Gramim

Série: 9º ano do Ensino Fundamental

Duração: 50 min

Atividade: Analisando as ideias

Objetivos da atividade:

- ✓ Propor aos estudantes uma análise e reflexão sobre respostas para conceitos relacionados à gravidade;
- ✓ Desenvolver habilidades cognitivas dos estudantes, visando a reflexão e a construção de significados científicos mais estruturados;

Procedimentos para realização da atividade:

- ✓ Entrega de questionários com questões semelhantes a do questionário da sessão 2 para verificação das novas respostas dadas pelos alunos após todas as atividades que foram desenvolvidas.

Fonte: Elaborado pela autora

Nessa etapa, foi distribuído um questionário bem semelhante ao da sessão 2, para verificação das respostas dos estudantes diante de todas as atividades que foram realizadas após essa sessão. Esperou-se que os estudantes soubessem responder questões que antes não souberam e que respondessem baseados numa reflexão crítica e mais próxima ao que é aceito cientificamente, podendo-se se verificar então, uma mudança conceitual científica e um projeto de ensino que contribuiu para a construção de conhecimento.

Enfim, essas foram as sessões construídas como forma de características microdidáticas da Engenharia Didática. Conforme foi dito anteriormente, as fases da engenharia se superpõem umas às outras, então o planejamento acima foi sendo ajustado de acordo com percurso realizado durante a fase de experimentação, adaptando-o às demandas que surgiam durante a mesma, tais como a adequação das datas e horários convenientes com o do funcionamento da escola.

2.1.3 Experimentação

Na fase de experimentação da concepção de Engenharia Didática, consiste-se a aplicação das hipóteses levantadas durante a fase *a priori*, à uma determinada amostra de alunos. Conforme Machado (2010), alguns elementos da experimentação são:

- A explicitação dos objetivos e condições de realização da pesquisa à população de alunos que participará da experimentação;
- O estabelecimento do contrato didático;
- Aplicação dos instrumentos de pesquisa;
- Registro das observações feitas durante a experimentação (observação cuidadosa descrita em relatório, transcrição dos registros audiovisuais, etc.) (MACHADO, 2010, p. 244-245).

Como foi apontado no quadro 4, as interlocuções que foram feitas para esse projeto de ensino, foram realizadas com estudantes do último ano do Ensino Fundamental de uma escola pública do interior de Pernambuco, apresentando-se um total de 18 alunos matriculados nessa turma, com faixa etária de 14 a 16 anos. As atividades foram realizadas na própria escola em horário regular ao das aulas dos estudantes.

2.1.4 Análise *posteriori* e validação

Nesta fase será feito o confronto com a análise *a priori*, de maneira a tratar os dados coletados durante a fase de experimentação, e verificar os resultados obtidos, analisando se estes correspondem ao que se era esperado durante a fase de análise *a priori*, sendo a partir de então, validada a hipótese levantada.

Para a realização da validação é necessária uma análise de todos os momentos que constituem a sequência de ensino aprendizagem, o que

implica em um olhar atento para a sua construção, aplicação e resultados obtidos (BARROS, 2016, p.104).

Neste trabalho, os resultados obtidos durante essa fase *posteriori*, serão descritos no tópico 3 desta dissertação (págs. 52 - 78). Onde serão discutidos os objetivos e resultados obtidos, como forma de análise *posteriori* e validação do projeto de ensino realizado. Assim, diante de todo o exposto, concebe-se a noção introdutória de Engenharia Didática, como procedimento metodológico, visando-se uma melhor compreensão entre aspectos teóricos e práticos em sala de aula.

CAPÍTULO 3 - RESULTADOS E DISCUSSÕES

Temos adiante, as análises de cada sessão local e dos questionários aplicados, realizados durante o processo de interlocuções feito na escola.

3.1 Análise da sessão 1

Diante do trabalho de interlocução realizado, percebeu-se uma turma de estudantes disciplinada, atenta e participativa, contribuindo assim, para a realização das atividades propostas. Na sessão 1, conforme foi exposto na análise *a priori* (pág. 45), esperava-se que os estudantes ficassem motivados com o tema e que ficassem informados sobre um episódio científico que ocorreu em sua própria localidade, como também, ficassem entusiasmados para o estudo de conceitos científicos.

Assim, depois de uma reflexão crítica e de análises da audiogravação, concluímos que os objetivos propostos foram alcançados. Pois, foi verificado que os estudantes já sabiam do evento da queda do meteorito Serra de Magé, e ainda assim, ficaram bastante entusiasmados com a abordagem desse episódio. Também foi possível perceber as compreensões e a construção de conhecimento científico dos mesmos diante das perguntas que eram feitas durante a exposição dialogada, como também, a curiosidade e atenção ao que se era discutido. As perguntas que foram feitas para os estudantes foram as seguintes:

- O que é um meteorito?
- Qual a diferença entre meteoro e meteorito?
- O que é uma queda e um achado?
- Qual a importância de se estudar os meteoritos?
- Classificação de meteoritos.
- Meteorito Serra de Magé.

Para a pergunta: “O que é um meteorito?”, uma aluna, identificada como **A1**, respondeu:

A1: “*Uma pequena rocha no espaço.*”

Diante dessa afirmação, percebeu-se uma concordância entre os demais estudantes, os quais ficaram mais intrigados quando se perguntou: “Qual a diferença entre um meteoro e um meteorito?”, alguns estudantes identificados como **A1**, **A2**, e **A3** responderam:

A1: *“O meteoro é bem grande.”*

A2: *“O meteoro é maior.”*

A3: *“Acho que um meteorito é uma parte de um meteoro.”*

Com as respostas dos estudantes para as duas perguntas feitas acima, compreendeu-se que os estudantes têm suas concepções prévias sobre meteoritos, afirmando que um meteorito é uma rocha que vaga no espaço, sem se indagarem sobre o tamanho dessa rocha. Quando se questionou a diferença de um meteoro e um meteorito, surgiu então, uma concepção prévia de que um meteorito seja pequeno e um meteoro seja maior. Porém, com a resposta do estudante **A3**, todos concordaram que um meteorito é uma parte do meteoro. Sendo essa diferença explicada melhor pela pesquisadora responsável deste trabalho. Com isso, podemos perceber que a valorização do conhecimento prévio que o estudante traz para a sala de aula, conforme defende Ausubel (1968), auxiliou a análise reflexiva desses estudantes e a construção de conhecimentos mais estruturados.

Para as perguntas: “O que é uma queda e um achado?”, e “Qual a importância de se estudar os meteoritos?”, os estudantes não souberam dar respostas, sendo então, questões esclarecidas pela pesquisadora. Sobre a “Classificação dos meteoritos”, os estudantes foram bastante participativos, se mostrando atentos à fala da pesquisadora e aos slides, lendo o conteúdo dos mesmos. Por fim, foi abordado sobre o meteorito Serra de Magé, sobre suas características e também foram expostas fotos de um evento realizado na referida escola, relembrando 90 anos da queda do meteorito, os estudantes se reconheceram nas fotos e se mostraram bastante entusiasmados com isso.

Assim, percebemos que os objetivos propostos para a sessão 1 foram alcançados validando-se assim, as hipóteses levantadas para a sessão 1,

baseando-se na análise *a priori* da noção da Engenharia Didática. Um argumento que também auxilia para a conclusão de que objetivos propostos para essa atividade foram atingidos, é uma fala de uma aluna, identificada como **A4**, dada no segundo dia de interlocução:

A4: “Ói, agora ontem eu já cheguei em casa e fui ensinar ao meu pai. Eu fui perguntar à ele né, se ele sabia que caiu um meteorito e ele não sabia nada. Eu perguntei: _Ô papai o senhor sabe o que é meteoro, meteorito?”

Essa fala nos proporciona a percepção de que essa estudante adquiriu um conhecimento que foi significativo para ela e que quando chegou em sua casa compartilhou tal conhecimento com seu pai. Nesse sentido, vemos o papel de uma aprendizagem potencialmente significativa, onde o conteúdo científico se fez algo contextualizado e atrativo para os estudantes. Dessa forma, podemos perceber conforme a fala dessa estudante, que essa interlocução, expondo sobre meteoros e meteoritos como também, sobre o evento da queda do meteorito Serra de Magé, auxiliou na superação das visões distorcidas sobre a Ciência, que Cachapuz (2011) aponta. Com isso, podemos perceber também, que esse tema foi favorável para a construção de conhecimento científico, adequando-se ao que Ausubel (1968) argumenta sobre a natureza do assunto a ser trabalhado. Pois, foi utilizado um tema que pôde ser contextualizado na vida dos estudantes, como foi dito anteriormente. A seguir, temos a análise da segunda sessão, a qual foi aplicado o pré-teste, acerca de conhecimentos relacionados com a noção de atração gravitacional.

3.2 Análise da sessão 2 (dia 04/10/2018)

Na sessão 2, dia 04/10/2018, foi a aplicação de um pré-teste (ver apêndice B), com algumas questões sobre conceitos relacionados a noção de atração gravitacional. Os objetivos nessa atividade eram identificar quais as concepções prévias que os estudantes tinham sobre tais conceitos e estimular a habilidade reflexiva e crítica dos mesmos, através da resolução desse questionário e de discussões feitas na segunda parte dessa sessão. Durante a leitura das questões, percebeu-se que os alunos ficaram um pouco assustados, pois pensaram que de

início não saberiam as respostas, mas depois foram motivados para a resolução das questões de acordo com seu próprio conhecimento, sendo assim, bastante participativos.

Pois, eles liam as questões e ficavam se questionando em voz alta. Diante disso, podemos inferir que ao pensarem em como resolver as questões, estes estavam desenvolvendo suas habilidades cognitiva e reflexiva sobre tais questões. Tal inferência se sustenta na fala dos estudantes durante a aplicação do questionário, onde algumas delas foram:

- *“Se tiver gravidade, aí ele fica parado como ele tá, ou se não tiver gravidade é que ele fica voando?”*
- *“Se não tiver ele fica voando, eu acho que é isso. Ou não, é o contrário?”*
- *“Eu sei, mas não vem em minha cabeça...”*
- *“Meu Deus, eu tô muito desinformado!”*
- *“Nós nunca estudamos isso.”*
- *“Nada disso eu ouvi antes... nada, nada, nada. Eu tô tipo tirando da minha cabeça o que eu acho.”*

Diante desse contexto, percebe-se que o estudo de Ausubel (1968) contribui para essa dissertação no sentido de se investigar as concepções prévias dos estudantes, visando a construção das habilidades argumentativas e reflexivas dos mesmos. Portanto, com a análise dessa sessão foi diagnosticado que diante das perguntas aplicadas, os estudantes foram instruídos à refletirem sobre tais conceitos científicos, deparando-se com o desequilíbrio de seus conceitos em busca de respostas favoráveis ao aceite cientificamente.

Nesse processo, podemos inferir também, que essa sessão compreendeu-se ao que se configura como aprendizagem potencialmente significativa, definida por

Moreira (2011). A seguir, temos a análise da segunda parte da sessão 2, onde foram feitas discussões com todo o grupo sobre as respostas para as questões aplicadas no pré-teste. E no subtópico 3.7, temos a análise das respostas dadas por alguns estudantes para tal questionário.

3.3 Análise da sessão 2 (dia 10/10/2018)

Na segunda parte da sessão 2, tivemos as discussões das respostas dos estudantes, dadas ao questionário aplicado como pré-teste. Tinha-se como objetivo discutir as concepções prévias dos estudantes, de modo a privilegiar suas ideias, desenvolvendo habilidades críticas e argumentativas dos mesmos. Como também, a comunicação entre aluno-aluno e aluno-professor.

Como recurso didático foi usado o quadro-branco para construção de desenhos que auxiliassem a pesquisadora para as explicações. Foram lidas algumas das respostas das questões dadas ao questionário e pode-se haver um diálogo entre os estudantes. Estes concordavam ou não com a resposta lida, ou então se indagavam e novas dúvidas iam surgindo, sendo assim, esclarecidas pela pesquisadora. Dessa forma, tudo indicava que uma construção de conhecimentos científicos ia sendo desenvolvida por estes estudantes. Abaixo, ressaltamos alguns aspectos representados pelas falas dos envolvidos nessa interlocução:

Pesquisadora: “A pergunta era assim: O que causa a queda dos meteoritos na superfície terrestre? Ai a pessoa respondeu: Acho que eles estão andando no Universo e algo bate neles e eles são jogados pra Terra. E aí o que é que vocês acham?”

Neste momento, os estudantes estão bem animados e vários risos surgem na sala e a pesquisadora tenta estabelecer um diálogo para se obter mais opiniões sobre essa questão.

Pesquisadora: “Tem a Terra né, aí eles (os meteoritos) estão, segunda ela (a pessoa que deu a resposta lida pela pesquisadora para tal questão), passando pelo Universo e vem alguma coisa e bate neles aí eles vêm para a Terra?”

Estudante: “Alguns estão lá bem de boa, alguma coisa bate neles, aí eles são jogados pra Terra. Assim como eles podem ser jogados para outros lugares só que a gente não sabe né.”

Pesquisadora: “Então, tem fundamento isso, porque (pesquisadora desenha no quadro), temos a Terra e vamos dizer que temos uma rochinha vagando pelo espaço, aí pode ser que algo venha bata e com o impacto, ela chegue perto da Terra e caia na Terra. E também, porque existe o que? Que faz com que esse objeto caia na Terra?”

Estudante 1: “Gravidade.”

Estudante 2: “Lixo espacial, tem o lixo espacial também, que fica batendo.”

Neste momento os estudantes ficam dando respostas ao mesmo tempo, dificultando a compreensão de algumas. A pesquisadora continua, tentando desenhar no quadro para melhor problematizar com os estudantes.

Pesquisadora: “Vamos imaginar assim (a pesquisadora desenha no quadro), tem um meteoro aqui e algo bateu nele aí ele vai vim para essa direção aqui (pesquisadora desenha meteoro vindo para Terra), ele não poderia ir para outro lado não? O que faz ele ser atraído e vim para a Terra?”

Estudante: “Será que é a gravidade?”

Conforme lemos no diálogo acima, podemos perceber que os estudantes apresentaram suas concepções prévias e buscaram suas próprias explicações, tentando buscar algo para responder a causa da queda do meteoro, citando algo que cause impacto no meteoro e este seja direcionado para a Terra. Quando se questiona a direção que o meteoro pode seguir, e o que pode influenciar isto, os estudantes mencionam a gravidade. Tudo isso, nos reforça sobre o que Ausubel (1968) fala sobre concepções prévias dos estudantes, que estes já trazem algo para a escola, e que podem tentar expor tais ideias em busca de uma resposta coerente. A seguir, temos mais um diálogo que também nos incentiva a inferir isso:

Pesquisadora: *“Hoje sabemos que o modelo cosmológico aceito cientificamente é o modelo heliocêntrico, o heliocêntrico é o que?”*

Estudante: *“É o que o Sol é o centro.”*

Pesquisadora: *“O Sol é o centro. Mas antes desse defendia-se o modelo geocêntrico...”*

Estudantes interrompem a leitura da pesquisadora:

Estudante: *“Que a Terra é o centro.”*

Pesquisadora continua com a leitura da questão:

Pesquisadora: *“Que a Terra é o centro... Como você explica a aceitação do modelo geocêntrico antigamente?”*

Pesquisadora: *“Então, hoje nós sabemos que é o Sol o centro, mas antes não, o povo dizia que era a Terra. O Sol girava em torno da Terra e os outros planetas também. Aí a pergunta é assim: Por que se acreditava nisso antes? Aí a pessoa*

disse assim (pesquisadora lê uma das respostas do questionário): Não existiam os satélites e coisas do tipo, assim, com a falta de informação eles achavam que o Sol que girava em torno da Terra.”

Nesse momento, vários estudantes concordam com a resposta lida e afirmam que deram respostas parecidas com tal questão. A pesquisadora continua.

Pesquisadora: *“Então, é como vocês falaram. Antigamente não tinha tantos recursos como temos hoje, não tinha os estudos que temos hoje, aí eles acreditavam que a Terra era o centro e ainda mais porque, a gente sente a Terra girar?”*

Estudante: *“Era isso que ia falar! [...] Eles diziam: Olha a Terra não gira, é parada. Então deve ser os planetas que giram em torno dela.”*

Pesquisadora: *“Exatamente. Porque a gente tá aqui na Terra e sente ela parada. Mas a Terra gira em torno do Sol né, faz o movimento de translação, junto com o de rotação, só que a gente não sente, é como se estivesse tudo parado e os outros astros se movimentando no céu. Então para eles (os estudiosos de antigamente), era como se fosse óbvio a Terra no centro e os astros que giravam em torno. E além do mais, tinha uma grande imposição da Igreja nessa época, porque passagens na Bíblia davam a entender que a Terra era mesmo o centro.”*

Nesse diálogo, os estudantes concordaram com a resposta lida, afirmando que antigamente não se tinha recursos como temos hoje, fazendo-nos inferir sobre concepção prévia dos estudantes e pela busca dos mesmos por respostas para os fenômenos questionados (AUSUBEL, 1968). A fala do estudante que responde que a aceitação do modelo geocêntrico também se dá pelo fato de não sentir a Terra girar, também nos infere a percebemos que este estudante tem uma visão de que a Ciência era vista como algo indutivo e sistemático ao longo da história. Reforçando-nos a perceber a importância da História e Filosofia da Ciência nas aulas de ciências, apresentando a construção de conhecimentos científicos de forma

problemática e histórica (CACHAPUZ, et al. 2011). Abaixo, seguimos com um diálogo acerca das concepções e questionamentos dos estudantes sobre o conceito de gravidade:

Pesquisadora: “O que é gravidade?”

Estudante: “É o que prende a gente no chão.”

Pesquisadora: “É o que prende a gente no chão. Digamos que a gravidade é uma força né, que puxa todos os objetos pro chão. Todos os corpos possuem gravidade, certo? O Sol tem gravidade, a Terra tem gravidade, a Lua tem gravidade, todos os objetos tem gravidade. Aí o Sol como ele tem uma massa maior ele tem uma gravidade muito forte, por isso que os planetas giram em torno dele.”

Estudante: “E o que evita eles caírem no Sol?”

Pesquisadora: “Essa é uma pergunta boa.”

Neste momento, a pesquisadora tentará responder essa dúvida, desenhando no quadro esse fenômeno.

Pesquisadora: “Então, os planetas estão orbitando em torno do Sol, aí se tudo está sendo atraído pelo Sol, por que eles não vêm de uma vez e caem no Sol?”

Estudante 1: “É a gravidade deles?”

Estudante 2: “Tipo, o que faz com que eles fiquem rodando assim, sem cair no Sol?”

Estudante 3: *“A gravidade, acho que a gravidade. E tipo, não é um círculo assim bem certinho (o estudante se refere a trajetória das órbitas dos planetas).”*

Pesquisadora: *“Então, os planetas giram em torno do Sol, por conta da atração gravitacional que existe entre eles, só que quando o planeta está aqui (pesquisadora aponta para o desenho feito no quadro representando o sistema sol-planeta, e o afélio e periélio, referindo-se ao ponto marcado no desenho como afélio), o planeta vai se mover com uma velocidade menor e quando estiver aqui (a pesquisadora se refere ao periélio, representado pelo desenho do quadro), ele se move com uma velocidade maior. Tem que haver um equilíbrio entre a velocidade do planeta e força de atração para que ele não caia no Sol. Pois os planetas tem a tendência de se manterem em movimento constante em linha reta no espaço, só que como tem a atração gravitacional, eles são atraídos e fazem essa trajetória em torno do Sol.”*

Nas falas apresentadas, percebemos que os estudantes tem a concepção de que gravidade é uma força que nos prende aqui na Terra e nos puxa para mesma. Quando a pesquisadora confirma isso e afirma que gravidade é uma característica dos corpos, e que os todos os corpos possuem gravidade, surge então, o questionamento sobre o porquê dos planetas não caírem no Sol, já que estes são atraídos por sua força gravitacional. Sendo essa dúvida melhor esclarecida pela pesquisadora.

Diante disso, percebemos aqui um momento de valorização das ideias dos estudantes e do surgimento bem sensato de dúvidas que estes apresentam em torno de uma questão científica. Inferindo-nos a analisar tal situação como uma percepção dos estudantes para a visão de uma Ciência problematizada, com conhecimentos a serem construídos, que como Cachapuz, et al. (2011) defendem, deve ser almejada. Abaixo, seguimos com mais questionamentos e curiosidades dos estudantes acerca de conhecimentos científicos:

Estudante: *“Posso fazer uma pergunta? Por que tem planetas que tem três luas, quatros luas e o nosso só tem uma?”*

Pesquisadora: *“Porque a massa dele é muito grande. Maior do que a da Terra.”*

Estudante: *“Quanto maior a massa, mais luas ele tem.”*

Pesquisadora: *“É, porque ele vai ter uma força maior para puxar os objetos para perto dele.”*

Estudante 1: *“Háa, então que dizer que tem luas maiores que a Terra.”*

Estudante 2: *“E nem toda lua é do mesmo tamanho né.”*

Diante do exposto acima, podemos perceber a curiosidade que os estudantes têm acerca de estudos sobre o Universo, sobre Astronomia, como afirmam vários autores, onde destacamos alguns no tópico 1.4 da fundamentação teórica desta dissertação. Também vemos o conhecimento prévio destes estudantes, quando já trazem a informação para a sala de aula, apresentando sabermos que há planetas com mais luas que a Terra e que nem todas essas luas são de mesmo tamanho. Isso nos infere também a percebemos a dinâmica do ensino construtivista, em que o estudante também é construtor de seu conhecimento, não centrado apenas nas informações que o professor traz para a sala de aula. Seguimos com mais um diálogo dessa interlocução, onde continuamos a perceber que essa sessão foi bem significativa.

Pesquisadora: *“Como as naves espaciais conseguem sair da superfície terrestre?”*

Estudante: *“Porque ele tem uma velocidade maior que a gravidade. Aí eles fizeram vários estudos para saber qual a velocidade era maior que a gravidade.”*

Pesquisadora: *“Exatamente.”*

Estudante: “Sério?” (A estudante fica surpresa por ter dado um resposta coerente)

Pesquisadora: “Sério. Deixa-me ver o que você respondeu.” (A pesquisadora olha a resposta que a estudante tinha dado para essa pergunta no questionário).

Estudante: “Acho que foi uma resposta totalmente diferente viu. É só porque a senhora tá explicando agora, aí... pronto.”

Pesquisadora: “Foi quase isso, foi assim: Com um impacto, eles são lançados com um impacto enorme que dê conta dele chegar ao espaço. Vamos trocar essa palavra impacto por velocidade. Eles terão que ser lançados com uma velocidade maior do que a força da gravidade.”

Estudante: “Aí acho que teve vários testes né pra saber.”

Pesquisadora: “Isso, não é de uma hora pra outra.”

Estudante: “Eles calculam muito né.”

Pesquisadora: “Aí essa velocidade para conseguir sair da Terra é chamada de velocidade de escape.”

Nesse diálogo, percebemos a resposta coerente dada por uma estudante e a surpresa da mesma por isso. A fala em que afirma que as explicações da pesquisadora a auxilia para chegar em tal conclusão, nos faz perceber também a importância do diálogo em sala de aula, e como é importante o diálogo professor-aluno defendido por vários autores construtivistas tais como Freire (2017), Ausubel, (1968), Cachapuz, et. al (2011), entre outros. Nas falas onde os estudantes afirmam que se levou um tempo e que os cientistas calculavam para saber o valor da velocidade, também nos faz inferir que estes estudantes percebem a visão de uma

ciência problematizada, tal como já foi percebido em outro diálogo mencionado anteriormente.

Contudo, diante dos aspectos apresentados, inferimos que os objetivos propostos para essa sessão foram validados. Os conhecimentos prévios dos estudantes foram valorizados e também diagnosticamos quais argumentos e explicações os estudantes têm para os fenômenos discutidos nessa sessão. Percebemos também, a visão que os estudantes têm sobre a Ciência, apresentando-se como uma visão que apresenta fatos históricos e visões problematizadas para a construção de algum conceito científico. Como por exemplo, a visão de muitos estudos e testes para o lançamento de naves espaciais, a visão de várias teorias e estudos para a adoção do modelo heliocêntrico, o questionamento dos planetas não caírem no Sol, etc. Onde verificamos nisso um aspecto positivo para o processo de ensino e aprendizagem desses estudantes.

Também foi possível perceber a curiosidade desses estudantes acerca de temas astronômicos e a construção de conhecimentos através das interações entre aluno-professor e aluno-aluno, inferindo-nos assim, a conclusão de uma sessão bastante significativa. A seguir, discorreremos sobre a sessão 3 e análise da mesma, na qual foi feita um breve levantamento histórico sobre a noção de atração gravitacional.

3.4 Análise da sessão 3

Nessa sessão foi feito um levantamento histórico por parte da pesquisadora responsável deste trabalho, sobre a noção de atração gravitacional e o conceito de gravidade, evidenciando algumas visões de mundo que se teve ao longo do tempo. Foi necessário para essa sessão, a utilização de computador, datashow e recursos multimídias para uma exposição dialogada sobre tais conhecimentos científicos. Os estudantes demonstraram participação, comportando-se atentos aos slides e explicações da pesquisadora responsável. Os tópicos que foram abordados em tal exposição foram inspirados na fundamentação do trabalho de Teodoro (2000) e abordaram as seguintes concepções:

- Concepção chinesa de mundo;

- A Terra para os hindus;
- Concepção dos fenícios de Terra curva;
- Algumas características da civilização grega e o nascimento da Ciência;
- Alguns filósofos (600 a 480 a.C.), (480 a 330 a.C.), (330 a 60 a.C.);
- Cientistas mais recentes;
- Visão sobre o Sistema Solar.

Os estudantes demonstraram participação se mantendo atentos às explicações da pesquisadora não havendo questionamentos nessa sessão, apenas prestaram atenção aos slides e exposições da pesquisadora. Nessa sessão houve imprevistos técnicos com os recursos multimídias, reduzindo assim o tempo de interlocução previsto. Talvez por isso, não houve as interações esperadas, inferindo-nos a perceber que os objetivos propostos para essa sessão foram atendidos parcialmente, pois, esperava-se uma maior interação entre aluno-professor e aluno-aluno. Depois da explicação da pesquisadora foram entregues materiais para a confecção de cartazes sobre alguns cientistas que contribuíram para o conceito de gravidade (ver textos em anexo). Os estudantes se comprometeram de estudar esse material em pequenos grupos entre si e em horário extraclasse, para a apresentação de suas próprias compreensões na próxima aula desse projeto de interlocução.

3.5 Análise da sessão 4

Nessa sessão foram feitas as apresentações dos estudantes. O primeiro grupo de estudantes ficou responsável por falar de Aristóteles, porém, este grupo não apresentou seu trabalho. Sendo assim, a visão aristotélica foi explicada pela pesquisadora responsável. Em seguida, o segundo grupo apresentou sobre Ptolomeu, sua biografia e suas contribuições para a Ciência.

Depois, outro grupo de estudantes apresentou sobre o Heliocentrismo de Copérnico. Outro grupo apresentou sobre Kepler, falando sua biografia e sobre as elipses. Durante as apresentações desses grupos, maioria dos estudantes se apresentou tímida, apenas lendo em suas fichinhas as informações que tinham pesquisado. O que de certo modo nos pareceu um pouco esperado já que é uma

característica que se pode acontecer em estudantes que não tem muito hábito de apresentar trabalhos para o grande grupo em sala de aula.

Assim, a pesquisadora ia questionando os estudantes e discutindo com a turma sobre o que era apresentado pelos grupos. O quinto grupo apresentou sobre Galileu, falando sobre sua biografia, suas observações com o telescópio e o estudo sobre a gravidade, corpos pesados e corpos leves e sobre queda livre. Por fim, o grupo que apresentou sobre Ptolomeu, apresentou também sobre Newton, apresentando sua biografia e seu estudo sobre as leis do movimento.

Desse modo, ao analisarmos essa sessão inferimos que os objetivos propostos para essa foram validados. Pois, foi feito um levantamento histórico sobre a noção de atração gravitacional e o conceito de gravidade, expondo algumas visões de mundo que se teve ao longo da história e filosofia da Ciência. Procurando sempre o desenvolvimento de habilidades cognitivas dos estudantes. Como também, o desenvolvimento de habilidades sociais destes, visando a comunicação entre aluno-aluno e aluno-professor.

Percebeu-se também, a participação da maioria dos estudantes, mesmo que tímida, ao confeccionarem seus cartazes e estudos para a apresentação em sala de aula. Fazendo-nos inferir que essa atividade proporcionou um aspecto de pesquisa para esses estudantes e assim, a construção e a formação de novos conhecimentos científicos. A seguir, discorreremos sobre a última sessão desse projeto de interlocução, na qual foi aplicado um questionário como pós-teste diante de todas as atividades que foram desenvolvidas com esses alunos.

3.6 Análise da sessão 5

Essa foi a última sessão de interlocuções com essa turma de estudantes. Nessa sessão, era esperado coletar respostas dos estudantes acerca de questões científicas relacionadas com a noção de atração gravitacional, aplicando-se um questionário (ver apêndice C) bastante parecido com o que foi aplicado no pré-teste. Consideramos essa sessão validada, pois os estudantes demonstraram participação e responderam ao questionário bastante concentrados. Onde inferimos que atingimos nosso objetivo de proporcionar nestes estudantes, o desenvolvimento de habilidades cognitivas e argumentativas, que visasse a construção de significados

científicos mais estruturados. Em que apresentamos nos seguintes tópicos, uma análise comparativa entre o pré-teste e o pós-teste.

3.7 Análise do pré-teste e do pós-teste

Após as análises das sessões feitas acima, temos em seguida análises dos pré-teste e pós-teste de três estudantes, denominados como **X**, **Y** e **Z**, pois esses foram todos os dias das interlocuções e assim, participaram de todas as atividades propostas. Em que verificamos dessa forma, se houve crescimento de repostas coerentes desses estudantes. Os questionários aplicados como pré-teste e pós-teste foram iguais, com exceção da primeira questão no pré-teste que não continha no pós-teste (ver apêndice). Nessa análise, temos resultados quantitativos e qualitativos sobre as repostas dadas pelos estudantes aos questionários. Tais repostas foram caracterizadas em quatro categorias:

Quadro 10: Classificação de repostas

- Resposta coerente (repostas que apresentaram argumentos lógicos e/ou conceitos científicos bem definidos);
- Resposta parcialmente coerente (repostas que apresentaram um pouco de lógica, com conceitos científicos pouco definidos);
- Resposta aleatória (repostas que não apresentaram argumentos lógicos e/ou conceitos científicos equivocados);
- Não respondeu (repostas em branco).

Fonte: Elaborado pela autora

Os resultados das repostas desses três alunos serão apresentados em formas de gráficos e alguns comentários. A primeira questão do pré-teste era pessoal, por isso não foi caracterizada em uma das categorias apresentadas acima. Onde apresentamos abaixo, alguns dos comentários feitos por alguns dos estudantes:

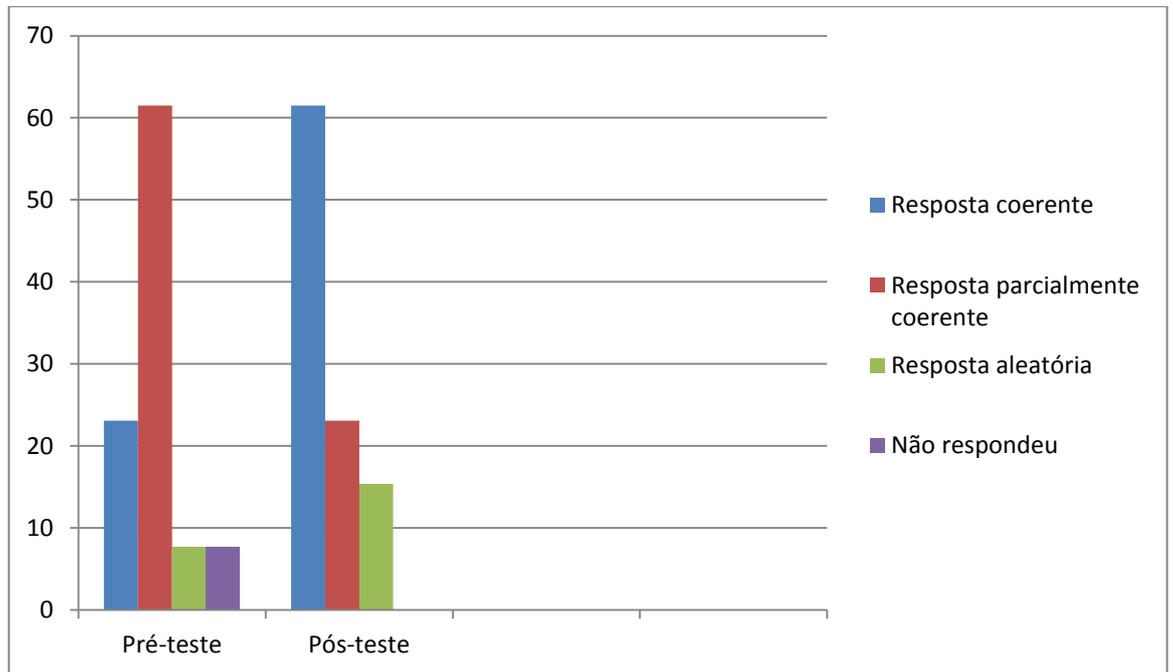
Questão 1 do pré-teste: Você já tinha ouvido falar sobre o meteorito Serra do Magé? Se sim, por quem e em qual situação?

Respostas de alguns estudantes:

- *“Sim, por um físico que veio do IF em uma exposição em minha escola, e falou sobre esse assunto.”*
- *“Sim, meu avô, estava conversando com uns amigos, e acabei ouvido também.”*
- *“Sim, por minha avó e uns vizinhos.”*
- *“Sim, quando professores trouxeram o tema abordado para a escola.”*
- *“Por um professor que veio de Pesqueira, em uma palestra da escola.”*
- *“Sim. Em uma exposição na escola.”*

Diante dessas respostas, compreendemos que os estudantes já conheciam sobre o episódio da queda do meteorito Serra de Magé. Alguns já tinham escutado por familiares, outros souberam em atividades que já houve na própria escola abordando tal episódio. Seguimos agora, para a análise das respostas do estudante **X**:

Gráfico 1 - Quantitativo porcentual de respostas do estudante X, no pré-teste e pós-teste



Fonte: Elaborado pela autora

Observando o gráfico, percebemos que houve crescimento de respostas coerentes desse estudante, invertendo-se os números no pré-teste e pós-teste de respostas coerentes e parcialmente coerente. E não houve respostas em branco no pós-teste, aumentando assim, o número de respostas aleatórias, podendo representar uma tentativa de argumentos que no pré-teste não continha. Analisando as respostas desse estudante dadas aos questionários, podemos destacar algumas características, tais como:

- Mencionar a gravidade como causa da queda dos meteoritos na superfície terrestre, pois antes no pré-teste, esse estudante tinha apenas mencionado que os meteoritos caíam porque passavam muito próximo à Terra, porém não utilizou nenhum conceito científico;
- Tentativa de uma resposta mais detalhada para explicar os movimentos dos corpos celestes como: *“A massa do Sol é maior que a dos outros planetas, ou seja, por isso Vênus tem mais de uma lua, ele tem força para puxa-la”*. Apesar do equívoco de mencionar Vênus como um planeta com mais de uma lua,

percebemos que esse estudante atribui que corpos com mais massa tem mais força atrair outros corpos;

- Sobre a aceitação do modelo geocêntrico, o estudante **X** tentou no pré-teste uma explicação, considerando-se tal raciocínio parcialmente coerente: *“Acho que as pessoas não tinham estudo sobre outros planetas ou o Sol, então acreditavam que a Terra era o centro de tudo pois só existia vida nela, porém sabiam que existiam outros planetas”*. Já no pós-teste, o estudante mencionou a interferência da Igreja;
- Sobre os problemas resolvidos com o heliocentrismo, o estudante respondeu inicialmente: *“A ideia de que os planetas não orbitam num círculo perfeito”*, considerando-se parcialmente coerente, já no pós-teste, respondeu de forma totalmente coerente: *“O movimento retrógrado dos planetas”*;
- Sobre o que é gravidade, o estudante **X** apresentou no pré-teste conceitos científicos poucos definidos, tentando explicar o fenômeno citando algum exemplo, como: *“Gravidade é quando a gente coloca um copo de água em uma mesa e ela não derrama ou flutua no copo”*, no pós-teste, já usa a expressão “força”, respondendo da seguinte maneira: *“Uma força que puxa os corpos para o chão”*;
- Esse estudante não respondeu no pré-teste a questão sobre a estratégia utilizada por Kepler para descrever os movimentos planetários, respondendo-a no pós-teste: *“Que girava em forma de uma elipse”*;
- Confusões nas respostas que se referiam à existência de gravidade no espaço, as repostas no pré-teste e no pós-teste foram respectivamente: *“Não, porque ele precisa para que os planetas flutuem”* e *“Não, os astros necessitam para que orbitem em volta do Sol”*;
- Percepção no pós-teste sobre a resistência do ar para a queda de corpos na superfície terrestre quando se pergunta o que cai primeiro, uma pedra ou uma pena e o que aconteceria no vácuo, tal resposta foi: *“A pedra, porque o vento atrapalha a pena, fazendo com que ela caia depois. Eles caíam ao mesmo tempo, pois não há ar”*. No pré-teste afirmou que as duas cairiam primeiro, porém não argumentou como seria isso.

Na questão onde se pedia para que o estudante desenhasse o Sistema Solar não categorizamos as repostas entre as categorias: “resposta coerente”, “resposta parcialmente coerente”, “resposta aleatória” e “não respondeu”. Dessa forma, expomos os desenhos feitos no pré-teste e pós-teste, observando que quando se falava no Sistema Solar o estudante tinha a visão de que os astros que o compõem são o Sol e os planetas. Já no pós-teste, além do Sol e dos planetas, utilizou representações das órbitas e dos cinturões de asteroides, fazendo-nos inferir a percepção do estudante, de mais astros celestes para a formação do Sistema Solar. Abaixo temos tais desenhos elaborados pelo estudante **X**:

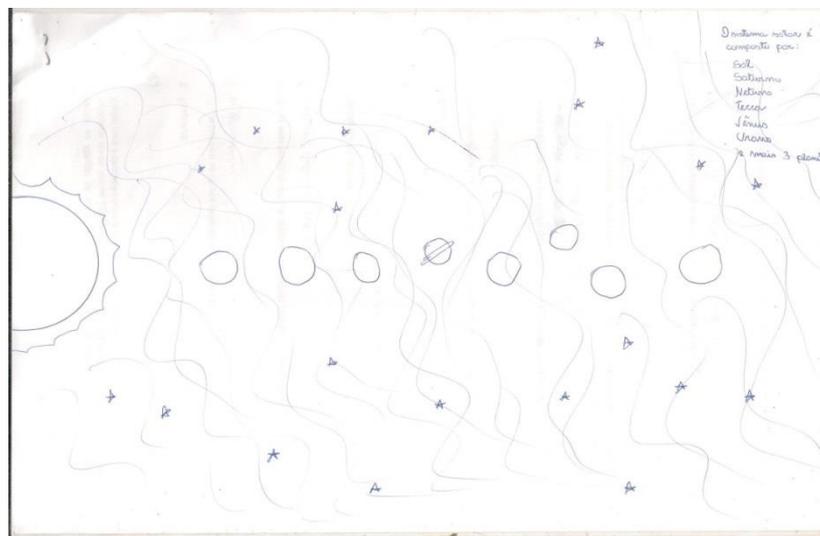


Figura 7 - Desenho do estudante X no pré-teste

Fonte: Elaborado pela autora

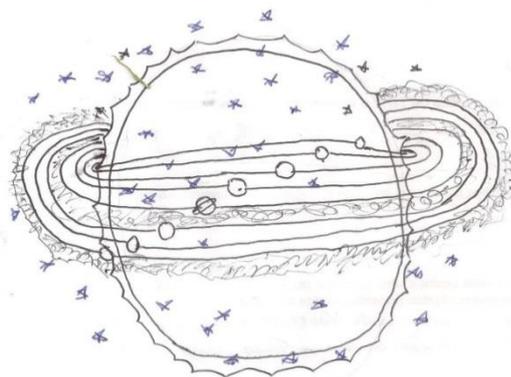
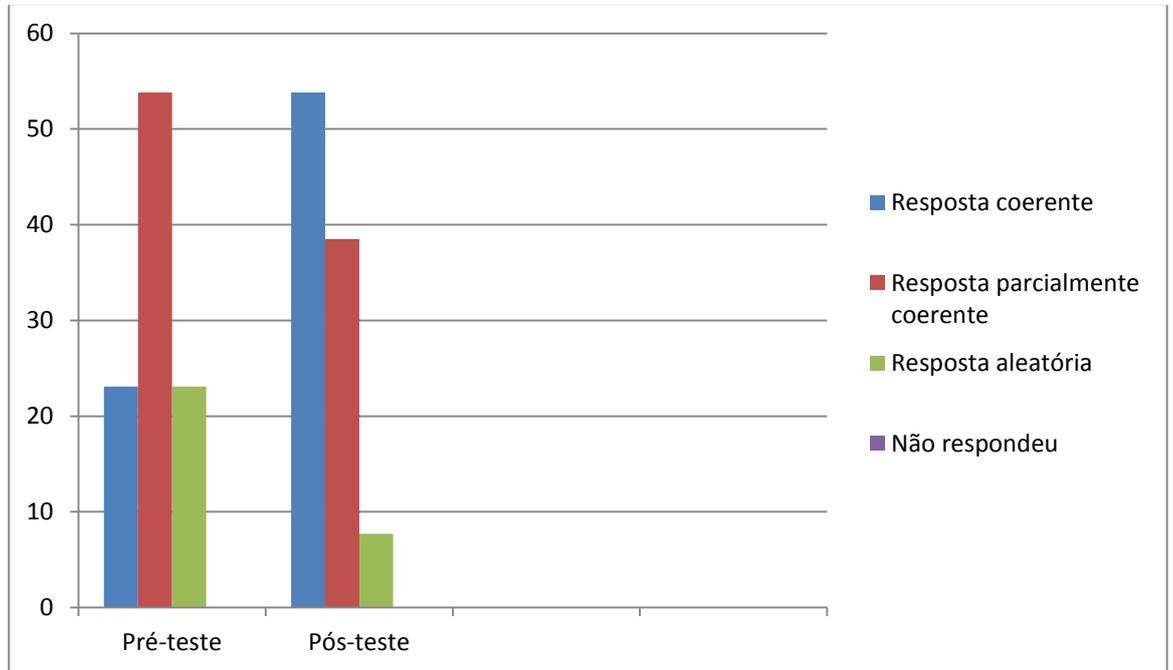


Figura 8 - Desenho do estudante X no pós-teste

Fonte: Elaborado pela autora

Seguimos agora para as análises das respostas do outro estudante denominado como Y:

Gráfico 2 - Quantitativo porcentual de respostas do estudante Y, no pré-teste e pós-teste



Fonte: Elaborado pela autora

Como percebemos no gráfico acima, esse estudante também teve crescimento de respostas coerentes, diminuindo o número de respostas *parcialmente coerente* e aleatórias. Sobre as respostas desse estudante também destacamos algumas características:

- A explicação de que o que faz com que os meteoritos atinjam a superfície terrestre seja por causa de um impacto com algo que vaga no espaço. Podendo-se considerar essa resposta parcialmente coerente, pois faltou uma explicação com conceitos científicos que explicasse a atração dos corpos à atingirem a Terra;
- Mencionar a gravidade como responsável pelos movimentos dos corpos celestes;
- Mesma resposta no pré-teste e pós-teste sobre a aceitação do modelo geocêntrico: *“Por falta de estudos e pesquisas, a primeira teoria apresentada*

foi aceita". Assim como o estudante **X**, o estudante **Y** também tentou uma resposta para essa questão, considerando-se tal raciocínio parcialmente coerente;

- Sobre os problemas que foram resolvidos com o heliocentrismo, o estudante respondeu inicialmente de forma aleatória: *"Que a Terra é plana"*. Já no pós-teste, tentou uma explicação que nos faz inferir que ele quisesse falar sobre o movimento retrógrado dos planetas, tal explicação foi: *"A questão do movimento dos planetas que uns são mais 'rápidos' que outros"*;
- O entendimento de que gravidade é uma força que mantém os corpos presos na superfície terrestre e que não flutuem;
- Na questão sobre a estratégia utilizada por Kepler para descrever o movimento planetário, esse estudante respondeu inicialmente de forma aleatória: *"Mandar um satélite para o universo e olhar como os planetas reagem"*. Já no pós-teste respondeu de forma coerente: *"Ele percebeu que os planetas fazem um movimento de elipse (o estudante desenhou uma elipse). E não circulares (o estudante desenhou um círculo)"*;
- Manteve resposta equívoca no pré-teste e pós-teste, na questão onde se perguntava se existia gravidade no espaço, tal resposta: *"Não, se existisse os planetas não ficariam flutuando"*;
- Percepção de que para as naves espaciais saírem da Terra, elas precisam de algo que seja maior que a força de atração gravitacional do planeta. No pré-teste, o estudante **Y**, utilizou o termo "impacto", no pós-teste utilizou "velocidade", tais respostas foram respectivamente: *"Com um impacto, elas são lançadas com um impacto enorme, que dê conta dele chegar no espaço"* e *"Com a velocidade que é maior que a gravidade, assim ela não volta para a Terra"*.

Assim como para o estudante **X**, também não classificamos os desenhos do Sistema Solar elaborados pelo estudante **Y**, entre as quatro categorias que definimos para análise das respostas das demais questões. Analisando os desenhos do estudante **Y**, também percebemos que este tinha no pré-teste, a noção de que o Sistema Solar era formado pelo Sol e os planetas. No desenho do pós-teste desse estudante, percebemos que este também utilizou representações das órbitas e dos

cinturões, inferindo-nos à compreensão desse estudante sobre a existência de mais astros para a formação do Sistema Solar. Seguem-se abaixo tais desenhos elaborados pelo estudante Y:

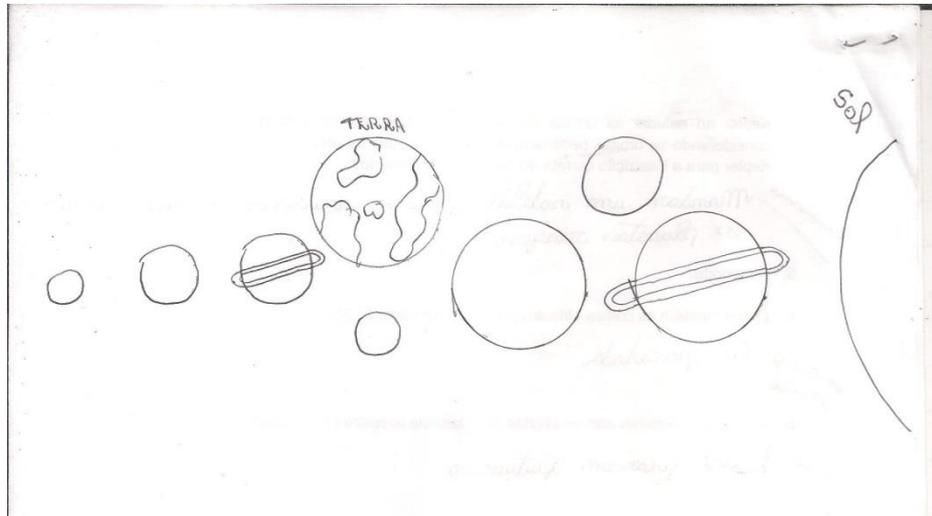


Figura 9 - Desenho do estudante Y no pré-teste

Fonte: Elaborado pela autora

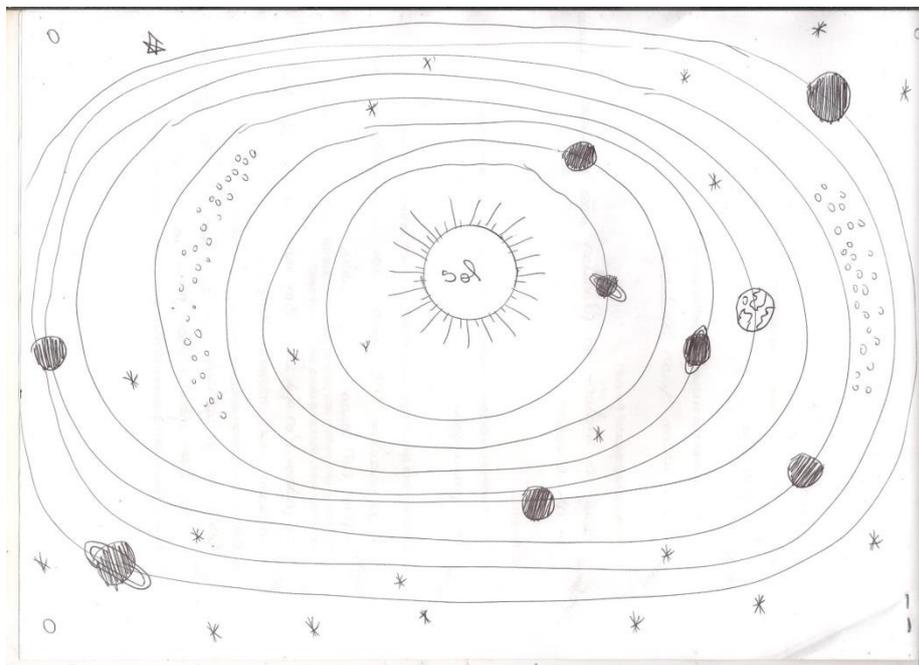
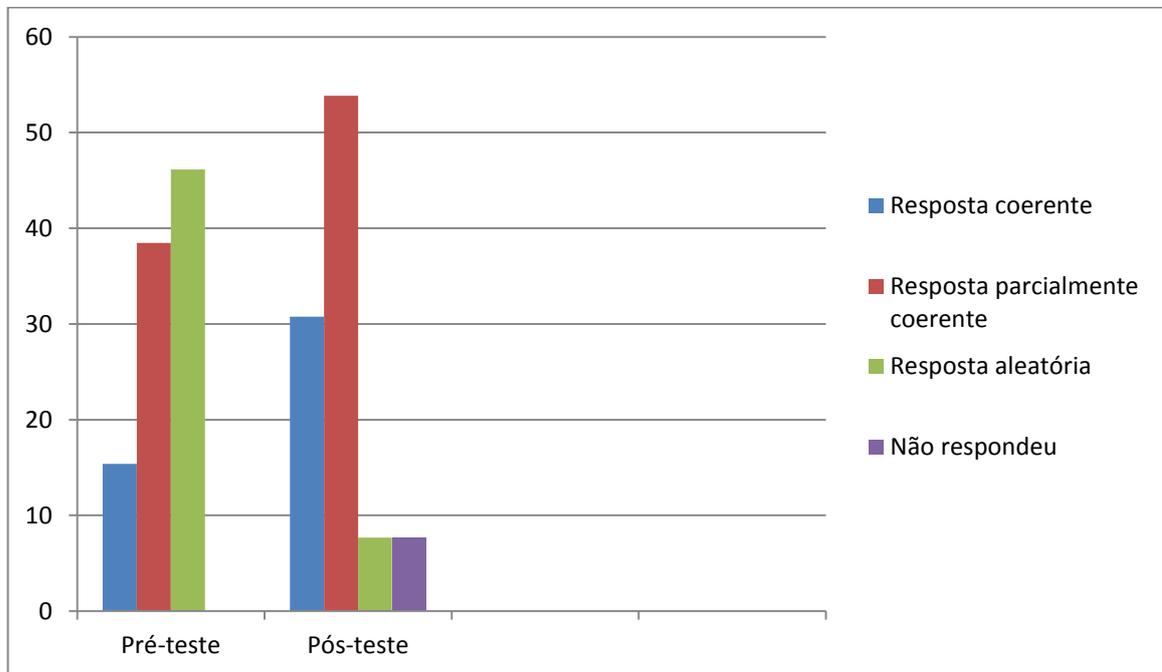


Figura 10 - Desenho do estudante Y no pós-teste

Fonte: Elaborado pela autora

A seguir, temos as análises do estudante denominado como **Z**:

Gráfico 3 - Quantitativo percentual de respostas do estudante Z, no pré-teste e pós-teste



Fonte: Elaborado pela autora

Observando o gráfico do estudante **Z**, percebemos que no pré-teste houve muitas respostas aleatórias, algumas *parcialmente coerente* e poucas coerentes, onde esse resultado pode representar uma tentativa de argumentos mesmo que de forma equívoca. No pós-teste, percebemos que o número de respostas aleatórias diminuiu, aumentando-se as respostas consideradas *parcialmente coerente* e coerentes, isto implica-nos que esse estudante, depois de todas as atividades realizadas, pode compreender melhor os conceitos científicos que antes lhe causavam equívocos. Analisando as respostas desse estudante dadas aos questionários, podemos destacar algumas características, tais como:

- Assim como o estudante **Y**, o estudante **Z** também afirmou no pós-teste, que o que faz com que os meteoritos atinjam a superfície terrestre seja por causa de um impacto com algo que vaga no espaço. Considerando-se também, essa resposta parcialmente coerente, pois faltou uma explicação com conceitos científicos que explicasse a atração dos corpos à atingirem a Terra.

No pré-teste, esse estudante escreveu: *"O calor?! A energia da Terra acaba o chamando?!"*, também consideramos essa resposta parcialmente coerente, pois, o estudante demonstrou que tinha a noção de que algo atraía o corpo celeste para a Terra, contudo, utilizou termos científicos equivocados;

- Mencionar no pré-teste e pós-teste, os movimentos de translação e rotação da Terra como responsáveis pelos movimentos dos corpos celestes;
- Afirmação no pós-teste de que o modelo geocêntrico era aceito por se perceber o Sol e Lua girando em torno da Terra;
- No pós-teste, o estudante demonstrou o entendimento de que gravidade é uma força que mantém os corpos presos na superfície terrestre e que não flutuam, no pré-teste respondeu de forma confusa: *"Ela lhe prende na atmosfera, é a gravidade da Terra"*;
- Sobre a questão que perguntava o que mantinha os astros orbitando em torno do Sol, esse estudante respondeu: *"A energia?! A gravidade do Sol?!"*, inferindo-nos que este tinha o conhecimento prévio de que algo atraía, porém, não sabia qual conceito científico utilizar. No pós-teste o estudante **Z** respondeu: *"É tipo uma força que os atrai, mas ao mesmo tempo querem se afastar"*, inferindo-nos que o estudante se referia a força da atração gravitacional e do momento de inércia;
- Afirmação no pós-teste, que uma força atrai a Lua para o planeta Terra, assim como a Terra é atraída pelo Sol;
- Percepção de que para as naves espaciais saírem da Terra, elas precisam de algo que seja maior que a força de atração gravitacional, esse estudante utilizou em ambos os questionários, o termo "impulso".

Analisando os desenhos do estudante **Z**, percebemos desenhos mais discretos que os dos estudantes **X** e **Y**, contudo percebemos que o estudante **Z** também apresentou no pós-teste, uma compreensão de mais elementos para compor o Sistema Solar:

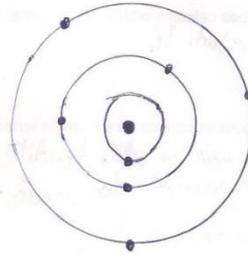


Figura 11 - Desenho do estudante Z no pré-teste

Fonte: Elaborado pela autora

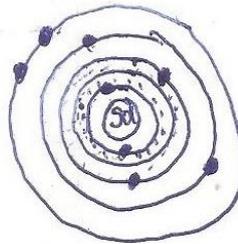


Figura 12 - Desenho do estudante Z no pós-teste

Fonte: Elaborado pela autora

Enfim, esses foram alguns aspectos discutidos sobre os resultados que obtivemos nessa pesquisa, caracterizando tais análises como um dos elementos das premissas da Engenharia Didática, a análise *posteriori* e validação. Apresentaremos no capítulo seguinte, nossas considerações finais sobre tais resultados. Apresentaremos também, algumas recomendações para futuros trabalhos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

No sentido de elaborarmos uma proposta que atenda à construção de significados científicos em contexto escolar, consideramos a utilização de um tema astronômico para o desenvolvimento de um estudo sobre conceitos relacionados à noção de atração gravitacional. Abordando dessa forma, um processo de ensino entre Astronomia e Física. Consideramos também, que a compreensão de premissas da Engenharia Didática pôde-nos auxiliar para uma elaboração teórica metodológica de sessões didáticas, apresentando-se como um viés importante para estruturação e análise de procedimentos das interlocuções realizadas. Pois nessa perspectiva, compreendemos uma melhor articulação entre elementos teóricos e práticos do trabalho docente, visando à amenização dos desafios existentes no trabalho didático.

Durante a fase de experimentação das sessões de interlocuções realizadas, foi possível levantar um caráter exploratório da pesquisa, permitindo-nos a interação entre a pesquisadora responsável por este trabalho com os estudantes sujeitos da pesquisa. Conferindo-nos para análises de dados coletados a fim levantarmos algumas considerações sobre os resultados obtidos. No que corresponde em identificar as concepções de estudantes do ensino básico sobre conceitos relacionados à noção de atração gravitacional, consideramos a Teoria da Aprendizagem Significativa que discute sobre conhecimentos prévios dos estudantes para sala de aula.

E com isso, compreendemos diante das interlocuções realizadas, que os estudantes trazem suas ideias a respeito de algum conhecimento, de modo que formulem suas respostas para a explicação de algum fenômeno científico. Os resultados mencionados no capítulo anterior nos mostraram que houve uma construção gradativa e significativa de conhecimentos científicos desses estudantes. Buscou-se sempre a valorização da concepção prévia dos estudantes de modo que estes conseguissem entender melhor tal conceito que era abordado.

Os resultados do pré-teste e do pós-teste dos estudantes analisados, mostraram um crescimento de respostas mais coerentes das questões, tendo em vista a análise de respostas em branco e aleatórias, contidas em ambos os questionários. Percebemos também, diante da literatura mencionada nesta dissertação e da participação dos estudantes nas atividades propostas nas

interlocuções, que o ensino de temas astronômicos pode auxiliar para uma aprendizagem mais dinâmica e atrativa. A abordagem sobre a queda do meteorito Serra de Magé provocou uma sessão interativa, onde foi possível que os estudantes compreendessem melhor sobre tal episódio e conceitos científicos relacionados com esse fenômeno.

Isso propiciou-nos, para problematizarmos com os estudantes a causa da queda dos corpos na superfície terrestre, a fim de levantarmos um estudo com esses estudantes, sobre conceitos relacionados a noção de atração gravitacional. Tal como foi almejado neste trabalho de dissertação. Entendemos que houve dificuldades na realização de uma das sessões (sessão 3), tais como em imprevistos técnicos com os recursos multimídias, como mencionamos no tópico 3.4 desta dissertação. Também compreendemos que a realização das sessões configurou-se em um curto espaço de tempo para que uma abordagem mais aprofundada sobre os conceitos e temas relacionados à gravidade fossem discutidos em sala de aula.

Em vista dos resultados obtidos, consideramos que esta dissertação pode ter outros desdobramentos, visando-se algumas recomendações para futuros trabalhos. Um deles seria a elaboração de mais sessões com estudantes do ensino básico, para que fosse feito um estudo mais epistemológico e aprofundado sobre a noção de atração gravitacional. E outro trabalho seria a ampliação de um estudo sobre a Engenharia Didática, no intuito de compreendermos e investigarmos melhor seus elementos, oriundos das discussões dos IREMs, e de suas implicações em pesquisas no âmbito mundial.

Desse modo, recomendamos um trabalho que envolva um estudo que vise a utilização das premissas da Engenharia Didática para a elaboração de um processo formativo com futuros docentes das ciências. No intuito de que esses docentes, baseados nesse processo formativo sobre Engenharia Didática, apresentem suas contribuições para o processo de ensino e aprendizagem de conteúdos científicos.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, V. L. V. X. **Avaliação dos efeitos de uma sequência didática na concepção de ensino-aprendizagem e na construção do conceito de homotetia em licenciandos de Matemática**. 2005. 149 f. Dissertação (Mestrado em Ensino das Ciências) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

ANJOS, J. R., SERRANO, A. Uso de Linguagem de Programação e Atividades Lúdicas como suporte para o ensino do conceito de gravidade no Ensino Fundamental. *In: XI ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS*. 07, 2017, Florianópolis. **Anais [...]**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2017. Disponível em: <http://www.abrapecnet.org.br/enpec/xi-enpec/anais/resumos/R0812-1.pdf>. Acesso em 24 de jul. 2019.

ARTIGUE, Michèle. Engenharia Didática. *In: BRUN J. Didáticas das Matemáticas*. Lisboa: Instituto Piaget, 1996, p. 193-217.

AROCA, S. C., JÚNIOR, P. D. C., SILVA, C. C., .Tópicos de Física Solar no Ensino Médio: Análise de um curso com atividades práticas no Observatório Dietrich Schiel. **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia**, n. 14, p. 7-25, 2012.

AUSUBEL, D. P. **Educational Psychology**. Nova York: Holt, Rinehart e Winston, 1968.

BARROS, K. C. T. F. R. **Investigando, a partir de premissas da Engenharia Didática, um processo formativo com bolsistas de Física que envolve o desenho, a aplicação e a validação de uma sequência de ensino-aprendizagem**. 2016. 335 f. Tese (Doutorado em Ensino das Ciências) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

BATISTA, I. L. O ensino de teorias físicas mediante uma estrutura histórico-filosófica. **Ciência & Educação**. v. 10, n. 3, p. 461-476, 2004.

BERNARDES, T. O. *et al.* Abordando o ensino de óptica através da construção de telescópios. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 28, n. 3, p. 391-396, 2006.

BERTOL, Z. I., FLORCZAK, M. A. Uma abordagem interdisciplinar com as disciplinas Física e Matemática, por meio da Astronomia. **Cadernos PDE**, Versão *On-line* ISBN 978-85-8015-076-6.

CACHAPUZ, A. *et al.* **A necessária renovação do ensino das ciências**. 2 ed. São Paulo: Cortez, 2011.

CARVALHO, A. M. P. *et al.* **Ensino de ciências: unindo a pesquisa à prática.** São Paulo: Cengage Learning, 2015.

CARVALHO, W. P. **Os Meteoritos e a História do Bendegó.** Salvador: W.P. de Carvalho, 1995.

COSTA, A.C. **Interpretando gráficos e tabelas veiculadas pela mídia: uma proposta metodológica para o tratamento da informação.** 2006. 118 f. Dissertação (Mestrado em Ensino das Ciências) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

DAMASIO, F. *et al.* Luau Astronômico: a formação inicial de professores como divulgadores científicos em ambientes não formais. **Caderno Brasileiro e Ensino de Física**, v. 31, n. 3, p. 711-721, 2014.

DAMASIO, F. PEDUZZI, L. O. Q. História e filosofia da ciência na educação científica: para quê? **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)**. v. 19, 2017.

DELIZOICOV, D. ANGOTTI, J., PERNAMBUCO, M. M. **Ensino de ciências: fundamentos e métodos.** São Paulo: Cortez, 2011.

DÍAZ, F. **O processo de aprendizagem e seus transtornos.** Salvador: EDUFBA, 2011.

FLÓRIO, V. **Um meteorito em Serra Pelada.** 2018. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/2018/07/19/um-meteorito-em-serra-pelada/>. Acesso em 25 de jul. 2019.

FREIRE, P. **Pedagogia da Tolerância.** 1 ed. São Paulo: Paz e Terra, 2017.

FREITAS, S. A., NETO, A. S. A. Utilização do jogo Angry Birds Space para o ensino de Física no Ensino Fundamental. *In: XI ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS.* 07, 2017, Florianópolis. **Anais [...].** Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2017. Disponível em: <http://www.abrapecnet.org.br/enpec/xi-enpec/anais/resumos/R0952-1.pdf>. Acesso em 25 de jul. 2019.

GAMA, L. D.; HENRIQUE, A. B. Astronomia na sala de aula :Por quê?. **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia**, n. 9, p. 7-15, 2010.

GATTI, . R. T.; NARDI, R. SILVA, D. A História da Ciência na formação do professor de Física; subsídios para um curso sobre o tema atração gravitacional visando às mudanças de postura na ação docente. **Ciência & Educação**, v. 10, n. 3, p. 491-500, 2004.

LANGHI, R. Educação em Astronomia e formação continuada de professores: a interdisciplinaridade durante um eclipse lunar total. **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia - RELEA**, n. 7, p. 15-30, 2009.

LANGHI, R. Projeto Eratóstenes Brasil: autonomia docente em atividades experimentais de Astronomia. **Caderno Brasileiro e Ensino de Física**, v. 34, n. 1, p. 6-46, 2017.

LOPES, J.B. **Aprender e Ensinar Física**. Fundação Calouste Gulbenkian – Fundação para a Ciência e a Tecnologia, 2004.

MACHADO, S. D. A. Engenharia Didática. *In*: MACHADO, S. D. A. **Educação Matemática: Uma (nova) introdução**. São Paulo: EDUC, 2010. p. 233-247.

MACHADO, M. A.; OSTERMANN, F. Utilização de mapas conceituais como instrumento de avaliação na disciplina de Física da modalidade normal: relato de uma experiência em sala de aula. *In*: XVI SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA. 01, 2005, Rio de Janeiro. **Anais [...]**. Rio de Janeiro: CEFET/RJ, 2005. Disponível em:
http://www.cienciamao.usp.br/dados/snef/_utilizacaodemapasconceit.trabalho.pdf. Acesso em 25 de jul. 2019.

MASSONI, N. T. **A epistemologia contemporânea e suas contribuições em diferentes níveis de ensino de Física: a questão da mudança epistemológica**. 2010. 412 f. Tese (Doutorado em Física) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

MEES, A. A. **Astronomia: Motivação para o ensino de Física na 8ª série**. 2004. 132 f. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Ensino de Física) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

MENDES, G. H. G. I., BATISTA, I. L., **Matematização e ensino de Física: uma discussão de noções docentes**. **Ciência & Educação**. v. 22, n. 3, p. 757-771, 2016.

MONTEIRO, A. V. G. **História da Ciência no ensino: obstáculos enfrentados por professores na elaboração e aplicação de materiais didáticos**. 2014. 111 f.

Dissertação (Mestrado em Ciência, Tecnologia e Educação) – Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, Rio de Janeiro.

MORAES, L. J., GUIMARÃES, D. Meteorito caído na Serra de Magé, município de Pesqueira, Pernambuco. **Boletim do Instituto Brasileiro de Ciências**. p. 356-360, 1927.

MOREIRA, M. A. Unidades de Ensino Potencialmente Significativas – UEPS. **Aprendizagem Significativa em Revista**. v. 1, n. 2, p. 43-63, 2011.

MOREIRA, M. A. O que é afinal Aprendizagem Significativa? **Revista Currículum** **25**. p. 29-56, 2012.

MOREIRA, M. A. Grandes desafios para o ensino de Física na educação contemporânea. *In: XI CONFERENCIA INTERAMERICANA SOBRE ENSEÑANZA DE LA FÍSICA*. 07, 2013, Guayaquil. **Anais [...]**.Guayaquil, 2013. *In: CICLO DE PALESTRAS DOS 50 ANOS DO INSTITUTO DE FÍSICA DA UFRJ*. 03, 2014, Rio de Janeiro. **Anais [...]**. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: https://www.if.ufrj.br/~pef/aulas_seminarios/seminarios/2014_Moreira_DesafiosEnsinoFisica.pdf. Acesso em 24 de jul. 2019.

MOTA, A. T.; BONOMINI, I. A. M.; ROSADO, R. M. M. Inclusão de temas astronômicos numa abordagem inovadora do ensino informal de Física para estudantes do Ensino Médio. **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia**, n. 8, p. 7-17, 2009.

NARDI, R. CARVALHO, A. M. P. Um estudo sobre a evolução das noções de estudantes sobre espaço, forma e força gravitacional do planeta Terra. **Investigações em Ensino de Ciências**. v. 1(2), p. 132-144, 1996.

NARDI, R. ; GATTI, S. R. T. Concepções espontâneas, mudança conceitual e ensino de ciências: uma revisão sobre as investigações construtivistas nas últimas três décadas. **AMAZÔNIA - Revista em Educação em Ciências e Matemática**. v. 1, n. 1, jul./dez. 2004, v.1, n. 2 jan./jun. 2005.

OLIVEIRA, R. F, TEZANI, T. C. R. Recursos educacionais abertos no ensino de Astronomia nos anos iniciais do Ensino Fundamental: Investigando suas possibilidades. *In: SÌMPÓSIO INTERNACIONAL DE EDUCAÇÃO À DISTÂNCIA*. 09, 2016, São Carlos. **Anais [...]**. São Carlos: Universidade Federal de São Carlos, 2016. *In: ENCONTRO DE PESQUISADORES EM EDUCAÇÃO À DISTÂNCIA*. 09, 2016, São Carlos. **Anais [...]**. São Carlos. Disponível em:

<http://www.siedenped2016.ead.ufscar.br/ojs/index.php/2016/article/view/1175/461>. Acesso em: 24 de jul. 2019.

PELIZZARI, A. *et al.* Teoria da Aprendizagem Significativa segundo Ausubel. **Revista PEC**, v.2, n.1, p.37-42, jul. 2001-jul. 2002.

PENA, F. L. A.; FILHO, A. R. Obstáculos para o uso da experimentação no ensino de Física: um estudo a partir de relatos de experiências pedagógicas brasileiras publicados em periódicos nacionais da área (1971-2006). **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v.9, n.1, 2009.

PERNAMBUCO. **O imparcial**, p. 11, 11 out. 1923.

PIAGET, J. A teoria de Piaget. *In*: MUSSEN, P. H. **Manual de psicologia da criança**. São Paulo: EPU, Editora da Universidade de São Paulo, 1975.

PIETROCOLA, M. Curiosidade e imaginação – os caminhos do conhecimento nas ciências, nas artes e no ensino. *In*: CARVALHO, A, M. P. **Ensino de Ciências: unindo a pesquisa e a prática**. São Paulo: Cengage Learning, 2015, p. 119-133.

POMMER, W. M. **A Engenharia Didática em sala de aula: Elementos básicos e uma ilustração envolvendo as Equações Diofantinas Lineares**. São Paulo, 2013.

ROCHA, A. M. A. **Ensino de Astronomia no contexto das descobertas dos exoplanetas**. 2019. 238 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências Naturais e Matemática) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

SOUSA, R. R. M. **Construção de um experimento para o ensino de microgravidade com o uso de vídeos**. 2015. 88 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, Natal.

TAVARES, R. Aprendizagem Significativa. **Conceitos**. p. 55 – 60, jul 2003/jun 2004.

TEODORO, S. R. **A História da Ciência e as concepções alternativas de estudantes como subsídios para o planejamento de um curso sobre atração gravitacional**. 2000. 327 f. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência) - Faculdade de Ciências da UNESP, Bauru.

VASCONCELOS, F. E. O.; SARAIVA, M. F. O. O estudo da Astronomia e a motivação para o ensino de Física na educação básica. *In*: II SIMPÓSIO NACIONAL

DE EDUCAÇÃO EM ASTRONOMIA, 07, 2012, São Paulo. **Anais [...]**. São Paulo: Instituto de Física da Universidade de São Paulo, 2012. Disponível em: http://snea2012.vitis.uspnet.usp.br/sites/default/files/SNEA2012_TCP29.pdf. Acesso em 24 de jul. 2019.

VILLANI, A. CABRAL, T. C. B., Mudança conceitual, subjetividade e psicanálise. **Investigações em Ensino de Ciências**. v. 2, n. 1, p. 43-61, 1997.

VYGOTSKY, L. S. **A formação social da mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores**. 7 ed. São Paulo: Martins Fontes, 2008.

WALLON, H. P.H. **A evolução psicológica da criança**. 4 ed. Edições 70, 2005.

WHITAKER, R. J. Aristotle is not dead: student understanding of trajectory motion. **Am. J. Phys.** v. 51, n. 4, p. 352 – 357, 1983.

ZILBERSZTAJ, A. Concepções espontâneas em Física: Exemplos em Dinâmica e implicações para o ensino. **Revista de Ensino de Física**, v.5, n.2, p. 03-16, 1983.

ZUCOLOTTO, M. E. Breve histórico dos meteoritos brasileiros. *In*: MATSUURA, O. T. **História da Astronomia no Brasil**. Recife: Cepe, v. 1. 2014.

APÊNDICES

APÊNDICE A**MODELO DO TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E
ESCLARECIDO (TCLE)****TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)****ESCOLA MUNICIPAL JOSÉ PAES GRAMIM**

Esta escola está sendo convidada para participar voluntariamente, em uma pesquisa para um projeto de ensino e aprendizagem. Sua participação consiste em processo que envolve num primeiro momento, uma visita de estudantes e pesquisadores da Universidade Federal Rural de Pernambuco, para aborda-se nas dependências da escola o episódio científico da queda do meteorito Serra do Magé, e em outras sessões visitas da pesquisadora responsável em uma turma de estudantes da referida escola para aplicação de sequências didáticas.

Ressaltamos que a pesquisadora responsável se compromete em divulgar os dados obtidos nessa pesquisa, em meios acadêmicos, garantindo a identificação confidencial dos indivíduos participantes. Este documento consta em duas vias, uma via pertence à gestão da escola e a outra a pesquisadora responsável.

INFORMAÇÕES DA PESQUISA:

Instituição: Universidade Federal Rural de Pernambuco

Pesquisadora Responsável: Nadine de Oliveira.

Pesquisadores Participantes: Alexandro C. Tenório; Antônio Carlos da S. Miranda.

Nadine de Oliveira
Assinatura da *Pesquisadora*

CONSENTIMENTO DA PARTICIPAÇÃO DA ESCOLA

Eu, _____, RG _____, como gestora da escola convidada para essa pesquisa, concordo que a referida escola participe das atividades desenvolvidas pelos pesquisadores da Universidade Federal Rural de Pernambuco. Fui devidamente informada e esclarecida pelos pesquisadores, sobre detalhamentos das atividades realizadas nas dependências da escola.

Local e data: _____

Assinatura da Gestora da Escola

7. Kepler ao estudar as orbitas planetárias percebeu que seus dados não davam certo considerando-se órbitas perfeitamente circulares, qual foi então a estratégia utilizada por Kepler para a descrição correta do movimento planetário?

8. Responda:

a. O que mantém os corpos celestes orbitando em torno do Sol?

b. O que aconteceriam com os objetos na superfície terrestre se não existisse a gravidade?

c. No espaço há gravidade? Por quê?

9. Responda:

a. O que mantém a Lua da Terra e as luas dos outros planetas orbitando em torno destes?

b. O que acontece com um objeto que é lançado verticalmente para cima na superfície da Terra?

c. Ao jogar-se uma pedra e uma pena de certa altura, qual cai primeiro no chão? Por quê? E se jogasse esses objetos no vácuo, o que aconteceria?

d. Como as naves espaciais conseguem sair da superfície terrestre?

10. Faça um desenho que represente o sistema solar com todos os astros que o compõem.

APÊNDICE C

QUESTIONÁRIO APLICADO COMO PÓS-TESTE

Data: ___/10/2018

Idade do aluno: _____

Questionário 2

A queda dos corpos na superfície terrestre

1. O que causa a queda dos meteoritos na superfície terrestre?
2. Como você explica os movimentos dos corpos celestes?
3. Hoje sabemos que o modelo cosmológico aceito cientificamente é o modelo heliocêntrico (o Sol no centro do sistema solar), mas antes deste, defendia-se o modelo geocêntrico (a Terra no centro do sistema solar). Como você explica a aceitação do modelo geocêntrico antigamente?
4. Quais os problemas sobre o modelo de mundo foram resolvidos com o heliocentrismo?
5. O que é gravidade?
6. Kepler ao estudar as orbitas planetárias percebeu que seus dados não davam certo considerando-se órbitas perfeitamente circulares, qual foi então a estratégia utilizada por Kepler para a descrição correta do movimento planetário?

7. Responda:

- a. O que mantém os corpos celestes orbitando em torno do Sol?
- b. O que aconteceriam com os objetos na superfície terrestre se não existisse a gravidade?
- c. No espaço há gravidade? Por quê?

8. Responda:

- a. O que mantém a Lua da Terra e as luas dos outros planetas orbitando em torno destes?
- b. O que acontece com um objeto que é lançado verticalmente para cima na superfície da Terra?
- c. Ao jogar-se uma pedra e uma pena de certa altura, qual cai primeiro no chão? Por quê? E se jogasse esses objetos no vácuo, o que aconteceria?
- d. Como as naves espaciais conseguem sair da superfície terrestre?

9. Faça um desenho que represente o sistema solar com todos os astros que o compõem.

ANEXOS

ANEXO I

TEXTOS QUE FORAM ENTREGUES PARA OS GRUPOS DE ESTUDANTES NA SESSÃO 3

4. 4 - O universo aristotélico

Aristóteles (384 a 322 a.C.) foi discípulo de Platão e teve sua obra influenciada pelo trabalho do mestre. [...].

A Terra ocupa o lugar central no universo de Aristóteles, que é dividido em duas regiões: a terrestre e a celeste. [...].

Se a natureza de um corpo determina a direção de seu movimento, pode-se dizer que toda a Terra poderia mover-se em direção a um mesmo lugar: o centro do universo. Isto resulta conseqüentemente na admissão do formato esférico como o mais provável para a Terra. Outro argumento utilizado por Aristóteles para defender a esfericidade de nosso planeta baseava-se no fato de que, durante um eclipse lunar, ao entrar ou sair da sombra da Terra, o formato observado na Lua é sempre circular, o que só poderia ser produzido por um corpo esférico. [...].

Ao admitir a esfericidade da Terra, Aristóteles permanecia sem resposta para a seguinte questão: como viveriam os homens na “parte inferior” do globo? Como conseguiram andar de cabeça para baixo sem cair? A saída adotada por ele e seus discípulos foi admitir que o hemisfério sul da Terra não seria habitado.

4.5 - Aristóteles e o movimento

Aristóteles formulou seu modelo de universo e sua visão sobre a natureza das coisas através da observação dos acontecimentos terrestres e celestes. A Terra era o retrato de um mundo sujeito a constantes e profundas mudanças, o que o fez associar nosso planeta a um mundo corruptível e imperfeito. Tudo o que nele existia era fruto da combinação dos quatro elementos: terra, fogo, água e ar e a propriedade de um corpo ser leve ou pesado estava de acordo com a porcentagem dos elementos que o compõe.

Para Aristóteles, cada corpo ocupa uma posição determinada na natureza e se dirige a seu lugar natural sem a necessidade de uma força motriz. [...].

Mas e o que dizer a respeito do movimento dos corpos celestes? Como explicá-los?

Na filosofia aristotélica os corpos celestes não seguem os mesmos padrões de movimento dos objetos terrestres, já que não são constituídos dos mesmos quatro elementos, mas sim de uma quinta essência: o éter.

O movimento natural de um corpo composto de éter é circular e uniforme, de tal forma que o movimento descrito pelos corpos celestes é natural. [...].

Aristóteles não acreditava na necessidade de que uma força agisse causando a queda dos corpos (movimento natural), pois rejeitava a possibilidade de uma ação à distância, assim como Platão. [...].

Fragmento de texto retirado da dissertação de Sandra Regina Teodoro (2000, p. 69-76).

4.6 - O modelo de mundo de Ptolomeu

Claudio Ptolomeu (~ 100 a 170 d.C.), considerado um dos maiores astrônomos da Antigüidade, desenvolveu um sistema que dominou hegemonicamente o cenário astronômico até o aparecimento do sistema copernicano no século XV. [...].

O domínio da esfera na descrição dos fenômenos permanecia inabalado neste período, conseqüentemente existiam alguns problemas que não podiam ser resolvidos a partir dos modelos desenvolvidos até então, como por exemplo, o movimento retrógrado dos planetas e sua variação de brilho.

Na tentativa de “salvar as aparências”, artifícios geométricos (tais como o epiciclo e o deferente) introduzidos inicialmente por Hiparco (160 a 124 a.C.) foram aperfeiçoados por Ptolomeu. Koestler (1989) salienta que Ptolomeu completou o trabalho inacabado de Hiparco, sem contudo contribuir com nenhuma idéia de valor teórico.

Este arranjo permitia reproduzir o movimento retrógrado dos planetas, entretanto outros artifícios tais como o *excêntrico* e o *equante* foram necessários para explicar os demais fenômenos observados. [...].

A combinação de tais artifícios resultava em um sistema altamente complexo, que apesar das críticas que recebeu, não encontrou durante séculos um adversário à altura. Parece que o próprio Ptolomeu não se preocupou com a realidade física de seu sistema, encarando-o como um “modelo” do universo, capaz de permitir ao astrônomo realizar predições. [...].

A cosmologia de Ptolomeu é perfeitamente coerente com a doutrina aristotélica, o que implica que não existe a necessidade de uma nova física para explicar os fenômenos.

Três pontos fundamentais estão presentes: 1) todo movimento no céu é circular uniforme; 2) os corpos celestes são constituídos de um material imutável e 3) a Terra é o centro do universo. Seu modelo conseguia ajustar dados observacionais para os quais o sistema aristotélico permanecia sem respostas. Entretanto, não era simples aceitar que de fato corpos celestes podiam orbitar em torno de pontos geométricos no espaço. [...].

Koestler (1989) assinala que desde o século II da era cristã até o início do século XVII, o *Almagesto* de Ptolomeu continuou a ser uma espécie de Bíblia da astronomia.

Fragmento de texto retirado da dissertação de Sandra Regina Teodoro (2000, p. 76-81).

4.8 – O heliocentrismo de Copérnico

A primeira apresentação do sistema copernicano estava contida em um manuscrito, o *Commentariolus* e apresentava sete axiomas que resumiam as hipóteses fundamentais (Cf. Koestler, 1989):

1. Os corpos celestes não se movem todos em torno do mesmo centro;
 2. A Terra não é o centro do universo, e sim apenas da órbita lunar e da gravidade terrestre;
 3. O Sol é o centro do sistema planetário e, portanto, do universo;
 4. Comparada à distância das estrelas fixas, a distância da Terra ao Sol é pequena;
 5. A revolução diária aparente do firmamento se deve à rotação da Terra sobre seu próprio eixo;
 6. O movimento anual aparente do Sol se deve ao fato de que a Terra, como os demais planetas, gira em volta do Sol e
 7. Que as “estações e retrogressões” aparentes dos planetas se devem à mesma causa.
- [...]

4.9 - Problemas resolvidos pelo heliocentrismo

a) A nova abordagem permitiu à Copérnico explicar o movimento aparente da Lua, Sol, estrelas e planetas a partir do giro diário da Terra em torno de seu eixo.

b) O movimento retrógrado dos planetas era facilmente explicado, pois como cada planeta possui um período de revolução diferente - que será maior quanto mais distante estiver do Sol – o movimento retrógrado torna-se um movimento aparente causado pela diferença nas

velocidades e, como isso ocorre quando o planeta está mais próximo da Terra, seu brilho é mais intenso.

c) O sistema copernicano permite obter a seqüência correta do afastamento dos planetas a partir do Sol. Apesar de representar um forte concorrente ao geocentrismo ptolomaico, o heliocentrismo de Copérnico ainda sofreria fortes objeções.

- 1) A mobilidade de nosso planeta contraria os sentidos;
- 2) A física aristotélica era um sistema completo que foi desenvolvido para um universo cujo centro – a Terra – estivesse em repouso. Isto significa que aceitar o sistema copernicano implicaria em romper definitivamente com a física aristotélica, *uma nova física seria necessária para explicar fenômenos em uma Terra em movimento.*

[...]

Além disso, aceitar que a Terra é apenas mais um planeta significava eliminar a divisão entre céu e terra, perfeição e corrupção. [...].

- 5) O sistema heliocêntrico ainda esbarrava em questões de ordem teológica. Entretanto não foi este fato que motivou a demora na publicação do sistema copernicano, visto que a Inquisição só é instaurada com o Concílio de Trento (1545 – 1563) e o ***De Revolutionibus Orbium Coelestium*** só foi proibido pela igreja em 1616 (Cf. Peduzzi, 1998).

O rompimento com as idéias aristotélicas sobre o movimento que dominavam o cenário científico começava a ser delineado. Até então, a explicação para o movimento dos corpos contava com a Terra estacionária no centro do universo, que seria o lugar natural dos graves. Copérnico explica a queda de um corpo em direção ao solo como sendo ainda um movimento natural, fruto de uma propriedade denominada gravidade que não é uma característica particular da Terra. [...].

A partir das idéias de Copérnico, e posteriormente, com o trabalho dos articuladores do paradigma, uma nova física começa a ser gestada.

Fragmento de texto retirado da dissertação de Sandra Regina Teodoro (2000, p. 85-95).

4.11 – As elipses de Kepler

Johannes Kepler (1571 – 1630) foi o responsável pelo fim da separação entre a física e a astronomia. Até então os modelos cosmológicos possuíam um caráter meramente descritivo, sem que houvesse um questionamento sobre as causas físicas dos eventos.

[...]

[...], Kepler foi convidado por Tycho Brahe para trabalhar em seu observatório em Uraniemburgo em 1600, recebendo a incumbência de determinar a órbita de Marte. Com a morte de Tycho em 1601, Kepler herda* os dados observacionais mais precisos já realizados sem o auxílio do telescópio.

Peduzzi (1998) assinala que Kepler era copernicano, o que implica que não foi uma tarefa das mais simples atender o pedido de Tycho para ajustar os dados disponíveis ao modelo tychoniano (figura 4.15). Após inúmeras tentativas sem sucesso, Kepler decide buscar no sistema de Copérnico a concordância entre teoria e dados. [...].

[...]

Confiando plenamente nos dados disponíveis, ele conclui ser impossível descrever as órbitas planetárias a partir de círculos perfeitos. Mas qual deveria ser a verdadeira forma da trajetória descrita pelos planetas?

[...]

As órbitas da maioria dos planetas são elipses com valores de excentricidade tão pequenos que, à primeira vista, confundem-se com círculos. [...].

4.12 - As leis do movimento planetário

Primeira lei: As órbitas dos planetas são elipses, com o Sol localizado em um dos focos.

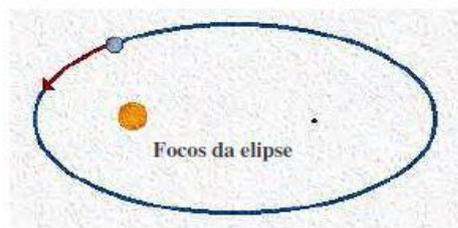


FIGURA 4.18: Representação de uma órbita elíptica.

Segunda lei: A linha que une o planeta ao Sol “varre” áreas iguais em tempos iguais. Isto implica que ele caminha com maior velocidade no periélio do que no afélio.

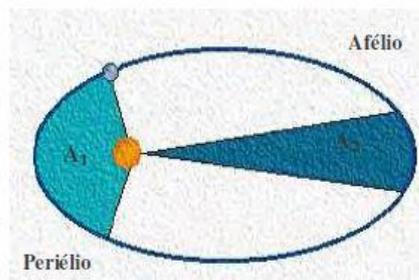


FIGURA 4.19: Para um mesmo intervalo de tempo, os valores das áreas A_1 e A_2 , seriam iguais.

As duas primeiras leis de Kepler foram publicadas em 1609 em seu livro “Nova Astronomia”. A terceira lei só foi divulgada em 1618 na obra “A Harmonia do Mundo”.

Ao perceber que as velocidades orbitais dos planetas decresciam com o aumento da distância ao Sol, com o aumento dos períodos de revolução, Kepler buscou encontrar uma relação entre tais grandezas. A terceira lei relaciona os períodos de revolução dos planetas às suas distâncias médias ao Sol.

Terceira lei: Os quadrados dos tempos de revolução de quaisquer dois planetas ao redor do Sol são proporcionais aos cubos das suas distâncias médias ao Sol.

$$\frac{D^3}{T^2} = K$$

[...]

Kepler esteve muito perto do descobrimento da gravitação universal. Koestler (1989) assinala que na introdução da **Astronomia Nova** há uma tentativa de demolição da doutrina aristotélica de serem os corpos, por natureza, “pesados” ou “leves” em busca de um lugar natural.

[...]

Peduzzi (1998) explica que, ao tentar explicar as causas do movimento planetário, Kepler sofreu a influência das idéias do físico inglês William Gilbert (1540 – 1603) que em 1600 publica **De Magnete**, sua principal obra sobre o magnetismo.

Para Gilbert, nosso planeta era um imenso ímã e a queda dos corpos podia ser explicada pela ação de uma força magnética exercida pela Terra sobre os objetos. Além disso, também assinala que a ação entre dois ímãs é recíproca, ou seja, não é apenas o corpo maior que atrai o menor.

Dessa forma, Kepler

[...] supôs que o Sol emitia eflúvios magnéticos que, à semelhança dos raios de uma roda, giravam com ele no plano de rotação dos planetas. Essas emanações magnéticas os impeliam em seus cursos devido a forças tangenciais (Manson, 1962, p. 154 –5, apud. Peduzzi, 1998, p. 393).

Fragmento de texto retirado da dissertação de Sandra Regina Teodoro (2000, p. 99-107).

4.13 - Galileu e o sistema copernicano

Galileu Galilei (1564 – 1642) foi o principal responsável pela introdução do telescópio como instrumento científico. Seu trabalho introduziu inovações na investigação da natureza física, que modificaram as características desta área do conhecimento, tais como a geometrização do estudo do movimento, a elaboração de experiências de laboratório, e de experiências de pensamento (Zanetic, 1995).

[...]

Apesar de apresentar-se como copernicano convicto, Galileu só se pronuncia a respeito dezesseis anos após a carta dirigida à Kepler. Koestler (1989) destaca que durante esse período, ele não apenas ensinou a velha astronomia segundo Ptolomeu, como também repudiou Copérnico.

Galileu não inventou o telescópio, mas segundo seu próprio relato, em 1609 entrou em contato com alguns relatórios sobre a invenção holandesa, o que o estimulou a construir e aperfeiçoar o instrumento.

[...]

O Mensageiro das Estrelas, impresso em Veneza em 1610 é sua primeira publicação científica e revela algumas descobertas que o telescópio permitiu observar:

- 1) Manchas solares;
- 2) Superfície lunar imperfeita;
- 3) Fases de Vênus;
- 4) Estrelas fixas ainda muito pequenas, ou seja, muito distantes;
- 5) Luas de Júpiter.

É importante ressaltar que Galileu não foi o primeiro, nem o único de seu tempo que utilizou o telescópio para fazer observações astronômicas, não foi o responsável pela descoberta das manchas solares e até a sua prioridade no descobrimento das luas de Júpiter não pôde ser confirmada indubitavelmente,

[...] entretanto, foi o primeiro em publicar o que viu, e em descrevê-lo em linguagem que chamou a atenção de todos (Koestler, 1989, p. 254 – 5).

Muitos ainda recusaram-se a olhar através do instrumento e rejeitavam as observações. O fato é que, apesar de não configurar em prova definitiva do sistema copernicano, já que o sistema tychoniano também podia explicar as fases em Vênus, o telescópio começa a desmistificar a separação entre mundos proposta pelos aristotélicos.

[...]

A defesa do sistema ptolomaico começa a ser insustentável diante de tais evidências e muitos membros da igreja preferem adotar o sistema híbrido de Tycho que ainda conserva a Terra no centro do universo.

[...]

4.14 – Algumas considerações sobre a física de Galileu

[...]

Peduzzi (1998) ressalta que Galileu buscou inspiração na hidrostática de Arquimedes para relacionar a velocidade de deslocamento de um corpo em um dado meio com o peso específico de ambos.

[...]

Da equação acima resulta que se dois corpos de mesmo tamanho e materiais diferentes forem abandonados de uma certa altura em um mesmo meio, o mais pesado chega ao solo primeiro. Tais discussões reforçam a tese de que os experimentos supostamente realizados na torre de Pisa não passam de lenda, visto que o próprio Galileu sabia que apenas os corpos constituídos de mesmo material cairiam *aproximadamente* ao mesmo tempo e que dois corpos quaisquer cairiam juntos apenas em uma situação ideal, ou seja, no vácuo.

[...]

[...], Galileu concebe o movimento de queda de um corpo como sendo uniformemente acelerado, de forma que em tempos iguais, o corpo adquire iguais acréscimos de velocidade. [...].

Ao considerar uma mudança uniforme na velocidade, alguns estudiosos no século XIV, discutiram o que ficou conhecido como “a regra da velocidade média”. Ela estabelece que a distância percorrida por um corpo em um movimento uniformemente acelerado, durante um certo intervalo de tempo, é exatamente a mesma que seria verificada se o corpo estivesse sujeito a um movimento uniforme, cuja velocidade fosse a média aritmética das velocidades inicial e final alcançadas no movimento acelerado.

[...]

Para o estudo da queda dos corpos Galileu resolveu utilizar um plano inclinado, pois compreendia que uma verificação direta não seria suficientemente precisa.

Mantendo fixo o ângulo de inclinação, Galileu mediu os tempos de queda de uma esfera para diferentes distâncias percorridas e, após inúmeras repetições, obteve a proporcionalidade distância - tempo ao quadrado.

[...]

Uma noção inercial aparece na análise de Galileu do movimento dos projéteis, quando afirma que, a resistência do ar aumenta quando a velocidade de um corpo aumenta, de tal forma que, quando a resistência se iguala ao peso do corpo, *este continua seu movimento com velocidade constante*.

[...]

Chalmers (1993) salienta que Galileu não desenvolveu uma astronomia detalhada e parece ter seguido os aristotélicos em sua preferência por órbitas circulares.

Galileu admite desconhecer a natureza da gravidade, porém isto não o impediu de reconhecer nela um princípio inerente aos corpos.

[...]

Koyré (1991) assinala que a gravidade nessa perspectiva pode ser definida como uma força não apenas constante, mas ainda a mesma em todos os corpos, quaisquer que sejam. Isto justificaria o valor constante da aceleração, o que não ocorreria caso a gravidade fosse um efeito de uma força exterior, como, por exemplo, a atração.

Fragmento de texto retirado da dissertação de Sandra Regina Teodoro (2000, p. 107-121).

4.16 - A síntese newtoniana

Isaac Newton nasceu em Lincolnshire, Inglaterra em 1642, ano da morte de Galileu e faleceu Kensington, Londres em 1727.

Alfabetizou-se na escola local e prosseguiu seus estudos em um liceu em Grantham. Em 1661, foi aceito no Trinity College, na universidade de Cambridge.

Em junho de 1665, devido a uma terrível peste que atacou Londres e matou um grande número de pessoas, a Universidade de Cambridge se vê obrigada a fechar suas portas e mandar para casa professores e alunos. Entre eles, o jovem Newton que acabara de concluir o bacharelado, volta a Lincolnshire onde passa um período em férias forçadas. Durante este tempo, ele aprofundou seus estudos em vários campos.

Zanetic (1995) revela que em 1666, Newton havia produzido conhecimento sobre os seguintes temas:

1. tinha uma formulação provisória de sua teoria da gravitação, pelo menos como uma hipótese de trabalho razoável;
2. redigiu um esboço medianamente completo do cálculo de fluxões, que viria a ser o cálculo infinitesimal;
3. formulou o seu teorema do binômio;
4. escreveu e pesquisou a natureza da luz. (Zanetic, 1995, p. 141)

De acordo com Koestler (1989), Newton foi o responsável por unir conhecimentos dispersos, propondo uma explicação para o “funcionamento” do universo em uma formulação tão poderosa que, ainda hoje, nossa visão de mundo é essencialmente newtoniana. Ele explica que Newton tinha pela frente um verdadeiro quebra-cabeça: de um lado as leis do movimento dos corpos celestes, de Kepler e as leis do movimento dos corpos na Terra, de Galileu.

[...]

O desenvolvimento deste tratado gerou a publicação em 1687 do ***Philosophia e Naturalis Principia Mathematica***.

Esta obra é dividida em três livros. No primeiro, Newton desenvolve os princípios gerais da dinâmica dos corpos em movimento, e no terceiro, os aplica ao movimento no macrocosmo, onde discute o movimento da Lua, a aceleração da força gravitacional, o problema das marés etc. O segundo livro trata da mecânica dos fluidos, da teoria das ondas.

4. 17 - As leis do movimento

[...]

“*LEI I*: Todo corpo continua em seu estado de repouso ou de movimento uniforme em uma linha reta, a menos que ele seja forçado a mudar aquele estado por forças imprimidas sobre ele.”

“*LEI II*: A mudança de movimento é proporcional à força motora imprimida e é produzida na direção da linha reta na qual aquela força é imprimida.”

“*LEI III*: A toda ação há sempre oposta uma reação igual, ou, as ações mútuas de dois corpos um sobre o outro são sempre iguais e dirigidas a partes opostas.”

4.18 – A formulação de Newton e as leis de Kepler

[...]

Peduzzi (1998) explica que Newton deu significado à lei das áreas de Kepler ao provar que, se um corpo é continuamente atraído por um centro de força, seu movimento que de outro modo seria inercial, será transformado em movimento ao longo de uma curva e

que uma linha traçada do centro de força ao corpo varrerá áreas iguais em tempos iguais. Faltava ainda determinar tal força.

4.19 – Newton e a gravitação universal

[...]

Quando Newton sugeriu que tal constante é universal e que a lei expressa pela relação (14) não tem aplicação limitada entre o Sol e um planeta, mas que também se aplica a cada par de objetos no universo, não

[...] há Matemática – seja Álgebra, Geometria, ou cálculo integral ou diferencial – que justifique este passo audacioso. Dele se pode dizer somente que é um desses triunfos que tornam o homem comum humilde diante do gênio” (Cohen, 1967, p. 184).

A partir desta formulação, Peduzzi (1998) afirma que a física

[...] e a filosofia natural aristotélica estão definitivamente sepultadas. O universo é regido pelas mesmas leis físicas (Peduzzi, 1998, p. 581)

4.22- Campo gravitacional

Peduzzi (1998) assinala que a partir de 1820, uma série de descobertas envolvendo a eletricidade e o magnetismo acabou colocando em evidência fatos teóricos e experimentais que sugeriam haver uma ligação entre esses dois domínios do conhecimento.

[...]

Na física newtoniana, a realidade física é descrita em termos de partícula e forças, mas a partir dos trabalhos de Michael Faraday (1791 - 1867) e James Clerk Maxwell (1831 – 1879), a entidade importante na descrição da realidade física passa a ser o campo. A realidade física pode ser descrita localmente nos termos dos valores que os campos têm no espaço, sem referência explícita às suas fontes.

O conceito de campo gravitacional descreve de maneira mais elegante os efeitos anteriormente atribuídos à uma espécie de ação à distância.

Cajori (1990) assinala que a questão da gravidade adquiriu um novo interesse com o advento da Teoria da Relatividade Geral de Einstein,[...].

A análise da evolução histórica mostra que os modelos explicativos para a atração entre corpos evoluem desde a noção de “lugar natural”, uma tendência dos graves de procurar o centro do universo, que no sistema aristotélico coincidia com a Terra; passando pela “ação à distância”, onde as discussões concentravam-se na necessidade de um meio capaz de transmitir a força atrativa, já que até então, as discussões sobre o movimento

baseavam-se na necessidade de uma força de contato; culminando com a noção de campo, consequência dos trabalhos sobre eletricidade e magnetismo.

Fragmento de texto retirado da dissertação de Sandra Regina Teodoro (2000, p. 123-143)