



**INSTITUTO FEDERAL**  
**CEARÁ**  
**Campus Fortaleza**

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO CEARÁ**  
**CAMPUS DE FORTALEZA**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E**  
**MATEMÁTICA – PGECM**  
**ENSINO DE FÍSICA**

**ANTÔNIA IARA DOS SANTOS MESQUITA**

**A TEORIA DO *BIG BANG*: CONCEPÇÕES DOS ESTUDANTES DE**  
**LICENCIATURA EM FÍSICA DO IFCE**

**FORTALEZA – CE**  
**2017**

ANTÔNIA IARA DOS SANTOS MESQUITA

A TEORIA DO *BIG BANG*: CONCEPÇÕES DOS ESTUDANTES DE LICENCIATURA  
EM FÍSICA DO IFCE

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, como requisito parcial à obtenção do Título de Mestra em Ensino de Ciências e Matemática. Área de concentração: Ensino de Cosmologia.

Orientador: Prof. Dr. Nizomar de Sousa Gonçalves.

FORTALEZA – CE

2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Instituto Federal do Ceará - IFCE  
Sistema de Bibliotecas - SIBI  
Ficha catalográfica elaborada pelo SIBI/IFCE, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

Mt Mesquita, Antônia Iara dos Santos.  
A teoria do Big Bang : concepções dos estudantes de Licenciatura em Física do IFCE / Antônia Iara dos Santos Mesquita. - 2017.  
91 f. : il. color.

Dissertação (Mestrado) Instituto Federal do Ceará, Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática, Campus Fortaleza, 2017.  
Orientação: Prof. Dr. Nizomar de Sousa Gonçalves.

1. Big Bang. 2. Expansão do Universo. 3. Concepções alternativas. I. Título.

CDD 510.07

---

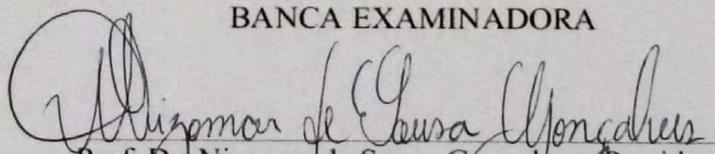
ANTÔNIA IARA DOS SANTOS MESQUITA

A TEORIA DO BIG BANG: CONCEPÇÕES DOS ESTUDANTES DE  
LICENCIATURA EM FÍSICA DO IFCE

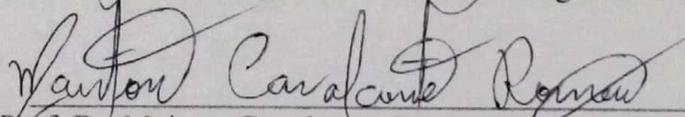
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, como requisito parcial à obtenção do Título de Mestre em Ensino de Ciências e Matemática. Área de concentração: Ensino de Cosmologia.

Aprovada em: 01/06/2017.

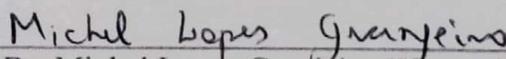
BANCA EXAMINADORA



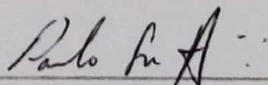
Prof. Dr. Nizomar de Sousa Gonçalves (Presidente)  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE)



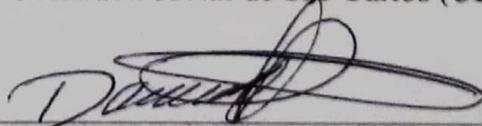
Prof. Dr. Mairton Cavalcante Romeu (Membro Interno)  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE)



Prof. Dr. Michel Lopes Granjeiro (1º membro externo)  
Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB)



Prof. Dr. Paulo Sérgio Bretones (2º membro externo)  
Universidade Federal de São Carlos (UFSCar)



Prof. Dr. Daniel Brito de Freitas (3º membro externo)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Aos meus pais maravilhosos, irmãs e irmão que sempre me apoiaram em todos os sentidos, fazendo o possível e, às vezes, o impossível para ajudar no desenvolvimento do meu trabalho e crescimento pessoal.

## **AGRADECIMENTOS**

Devo este trabalho ao apoio dado por diversas pessoas, que de maneiras também diversas contribuíram para a sua conclusão. Agradeço desde àquelas pessoas que me motivaram a seguir após o término da graduação, passando por quem me deu uma enorme força para que eu pudesse fazer a seleção, até àquelas que me motivaram a não desistir diante dos obstáculos.

Agradeço em especial a minha prima, Michelle Carlos, pelo apoio e acolhida em sua casa durante parte da minha jornada.

Agradeço aos colegas de mestrado por toda a força, companheirismo, cumplicidade e, por que não dizer, pela contribuição que eles proporcionaram.

Também agradeço ao essencial apoio financeiro da CAPES.

Agradeço aos membros da banca por se disponibilizar a contribuir com este trabalho.

E por último, mas não menos importante, quero agradecer a inenarrável paciência, a atenção, o apoio e a contribuição do meu orientador, professor Nizomar de Sousa Gonçalves.

"Uma gota fura uma rocha caindo não só duas vezes, mas muitas; assim também, um homem se faz esperto não só lendo dois, mas muitos livros."

Giordano Bruno

## RESUMO

Nesta pesquisa foram estudadas as concepções que os alunos do curso de Licenciatura em Física, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE) – *Campi* Fortaleza e Tianguá, tem sobre a teoria do *Big Bang*, uma vez que este tema está diretamente ligado a origem do Universo, sendo ela a teoria mais aceita até o momento e, ainda, por se tratar de um assunto que tem uma enorme relação com a história da ciência. Além disso este trabalho objetivou verificar como acontece o ensino de Astronomia e Cosmologia no IFCE. A coleta de dados se deu através de pesquisa documental sobre a instituição e o curso, as concepções dos alunos foram verificadas através de um questionário exploratório, com questões subjetivas, sobre a teoria do *Big Bang* e os principais fatos que a alicerçam. A pesquisa documental foi realizada em todos os *campi* que oferecem o curso de Licenciatura em Física atualmente, sendo eles: Fortaleza, Sobral, Tianguá, Acaraú e Crateús. Verificou-se a existência de atividades no ramo da Astronomia e Cosmologia, como os grupos de pesquisa e divulgação, em Fortaleza e Sobral, estes grupos promovem eventos, oficinas, cursos de curta duração e palestras para a comunidade como um todo. Com relação as componentes curriculares, o *campus* Fortaleza é o único que oferece uma disciplina específica de Astronomia, porém, de forma optativa, o que leva a não ter oferta todos os semestres, ora por falta de professor para lecioná-la ora por falta de alunos. Os alunos que responderam o questionário foram os dos *campi* Fortaleza e Tianguá. Assim como foi mostrado no decorrer deste trabalho, constatou-se o que os alunos confundem questões simples sobre a teoria, alguns têm conhecimentos mais abrangentes do tema, outros não responderam a todas as perguntas. Conclui-se que uma disciplina optativa de Astronomia não é suficiente para que os estudantes venham a entender questões sobre o Universo, sugere-se que seja inserida uma disciplina de Astronomia e Cosmologia, mesmo que sobre o contexto histórico filosófico, e que esta disciplina possa ser obrigatória.

**Palavras-chave:** *Big Bang*; Expansão do Universo; concepções alternativas.

## ABSTRACT

In this research the conceptions that the students of the Degree in Physics of the Federal Institute of Education, Science and Technology of Ceará (IFCE) - Campi Fortaleza e Tianguá, have studied about the Big Bang theory, since this theme is directly connected to the origin of the Universe, being the most accepted theory so far, and also because it is a subject that has a great relation with the history of science. In addition, this work aimed to verify how the teaching of Astronomy and Cosmology in the IFCE. The data collection was done through documentary research on the institution and the course, students' conceptions were verified through an exploratory questionnaire, with subjective questions, about the Big Bang theory and the main facts that support it. The documentary research was carried out in all campuses that offer the Licenciature course in Physics currently, being: Fortaleza, Sobral, Tianguá, Acaraú and Crateús. There have been activities in the field of Astronomy and Cosmology, such as the research and dissemination groups in Fortaleza and Sobral, these groups promote events, workshops, short courses and lectures for the community as a whole. With respect to the curricular components, the Fortaleza campus is the only one that offers a specific Astronomy discipline, but, in an optional manner, which means that it does not have an offer every semester, sometimes because of a lack of a teacher to teach it now because of lack of Students. The students who answered the questionnaire were the Fortaleza and Tianguá campuses. As it was shown in the course of this work, it was found that students confuse simple questions about theory, some have broader knowledge of the topic, others did not answer all questions. It is concluded that an optional astronomy discipline is not enough for students to understand questions about the Universe, it is suggested that a discipline of Astronomy and Cosmology be inserted, even if it is about the historical philosophical context, and that this discipline may be mandatory.

**Keywords:** Big Bang; Expansion of the Universe; Misconceptions.

## LISTA DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| <b>Figura 1</b> - Ementa da disciplina de introdução à Astronomia .....  | 26 |
| <b>Figura 2</b> – Representação da Primeira Lei de Kepler, a lei das órbitas.....  | 34 |
| <b>Figura 3</b> – Resultados obtidos através das observações de Edwin Hubble ao medir a velocidade de afastamento das galáxias.....  | 44 |
| <b>Figura 4</b> – Visões de Universo aberto (onde ele se expandirá infinitamente) e fechado (Big Crunch). .....  | 46 |
| <b>Figura 5</b> – Resumo da Teoria do Big Bang. ....   | 47 |
| <b>Figura 6</b> – Espectro do fundo de micro-ondas medido pelo satélite Cosmic Background Explorer (COBE). .....   | 50 |
| <b>Figura 7</b> – Velocidade de rotação da Via Láctea.....   | 53 |
| <b>Figura 8</b> – Emissão de Raios-X do aglomerado da bala, a 4 bilhões de anos luz. Colisão de dois aglomerados em que um sub-aglomerado (Temperatura = 70 milhões de Kelvin) cruzou o principal (Temperatura = 100 milhões de Kelvin) com velocidade de 3.000 km/s, ou seja, 1% da velocidade da luz. .... | 55 |
| <b>Figura 9</b> – Modelos de curvatura para o Universo. ....   | 56 |

## LISTA DE QUADROS

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Quadro 1: Perfil detalhado dos alunos submetidos a pesquisa. ....</b>   | <b>62</b> |
| <b>Quadro 2: Percentual de respostas para cada pergunta do questionário. ....</b>  | <b>63</b> |
| <b>Quadro 3: Categorias de respostas da primeira pergunta do questionário.....</b>   | <b>64</b> |
| <b>Quadro 4 - Respostas dos alunos sobre os principais fatos que dão suporte a teoria do Big Bang. ....</b>                  | <b>65</b> |
| <b>Quadro 5: Terceira questão, com a indicação dos alunos que não responderam à pergunta. ....</b>                           | <b>66</b> |
| <b>Quadro 6: respostas dos alunos sobre a importância da Teoria do Big Bang. ....</b>  | <b>66</b> |
| <b>Quadro 7: Respostas dos alunos sobre o Universo ter uma idade. ....</b>   | <b>68</b> |
| <b>Quadro 8 - respostas dos alunos sobre o afastamento das galáxias. ....</b>  | <b>68</b> |
| <b>Quadro 9: Concepção dos alunos de qual seria o Universo mais plausível.....</b>   | <b>69</b> |
| <b>Quadro 10: Concepção dos alunos sobre o que ocorreu com o Universo para que ele seja hoje dominado pela matéria. ....</b> | <b>70</b> |
| <b>Quadro 11: concepções dos alunos sobre matéria escura e energia escura. ....</b>  | <b>71</b> |
| <b>Quadro 12: Concepções dos alunos sobre a teoria do estado estacionário e/ou outras teorias.....</b>                       | <b>72</b> |

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

|       |  |
|-------|--|
| CAIF  | Clube de Astronomia do IFCE de Sobral                        |
| CMB   | <i>Cosmic Microwave Background Radiation</i>                 |
| COBE  | <i>Cosmic Background Explorer</i>                            |
| EE    | Energia Escura   |
| GEPAC | Grupo de Estudo e Pesquisa em Astronomia e Cosmologia        |
| IFCE  | Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará |
| ME    | Matéria Escura   |
| MEC   | Ministério da Educação                                       |
| NASA  | <i>National Aeronautics and Space Administration</i>         |
| PCN   | Parâmetros Curriculares Nacionais                            |
| PIBID | Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência      |
| TGU   | Teorias da Grande Unificação                                 |
| TRG   | Teoria da Relatividade Geral                                 |
| TRR   | Teoria da Relatividade Restrita                              |
| UECE  | Universidade Estadual do Ceará                               |

## SUMÁRIO

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| <b>1</b> | <b>INTRODUÇÃO.....</b>  | <b>15</b> |
| 1.1      | OBJETO DE ESTUDO.....   | 20        |
| 1.2      | HIPÓTESE.....   | 20        |
| 1.3      | JUSTIFICATIVA .....   | 21        |
| 1.4      | OBJETIVOS .....   | 21        |
| 1.4.1    | Objetivo Geral .....  | 21        |
| 1.4.2    | Objetivos específicos .....   | 21        |
| <b>2</b> | <b>REFERENCIAIS TEÓRICOS.....</b>   | <b>22</b> |
| 2.1      | CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS .....   | 22        |
| 2.2      | ERROS CONCEITUAIS E DIFICULDADES NO PROCESSO DE ENSINO DE COSMOLOGIA.....                                     | 23        |
| <b>3</b> | <b>O ENSINO DE ASTRONOMIA E COSMOLOGIA NO IFCE.....</b>   | <b>26</b> |
| 3.1      | GRUPOS DE DIVULGAÇÃO E PESQUISA EM ASTRONOMIA E COSMOLOGIA NO IFCE.....                                       | 28        |
| <b>4</b> | <b>EVOLUÇÃO DO PENSAMENTO COSMOLÓGICO .....</b>   | <b>31</b> |
| 4.1      | CONTRIBUIÇÕES DOS POVOS ANTIGOS PARA O ATUAL MODELO DE UNIVERSO: DOS MITOS DE CRIAÇÃO AO HELIOCENTRISMO ..... | 31        |
| 4.2      | O PÓS-HELIOCENTRISMO: SURGIMENTO DE OUTROS QUESTIONAMENTOS .....  | 36        |
| 4.3      | A TEORIA DO BIG BANG .....  | 39        |
| 4.3.1    | Noções Sobre a Relatividade Geral de Albert Einstein .....  | 39        |
| 4.3.2    | A Expansão do Universo .....  | 42        |
| 4.3.2.1  | O desvio para o vermelho (o redshift) .....   | 42        |
| 4.3.3    | O Big Bang .....  | 46        |
| 4.3.4    | Radiação Cósmica de Fundo .....   | 49        |
| 4.3.5    | Inflação .....  | 51        |
| 4.3.6    | Questões Atuais: Matéria e Energia Escura.....  | 52        |
| 4.3.6.1  | Matéria escura.....   | 53        |

|  |           |
|--|-----------|
| 4.3.6.2 Energia escura.....  | 55        |
| <b>5 METODOLOGIA.....</b>  | <b>58</b> |
| <b>6 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>  | <b>60</b> |
| 6.1 ANÁLISE DOS QUESTIONÁRIOS .....  | 61        |
| <b>7 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>  | <b>74</b> |
| <b>REFERÊNCIAS .....</b>   | <b>76</b> |
| <b>APÊNDICES .....</b>   | <b>80</b> |
| <b>APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO.....</b>  | <b>81</b> |
| <b>APÊNDICE B – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO .</b>   | <b>83</b> |
| <b>ANEXOS .....</b>  | <b>85</b> |
| <b>ANEXO A – PCN+ - ENSINO MÉDIO.....</b>  | <b>86</b> |
| <b>ANEXO B – COMPONENTE CURRICULAR DO CURSO DE LICENCIATURA EM FÍSICA DO IFCE – CAMPUS FORTALEZA .....</b> | <b>89</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

O ensino de Astronomia está presente nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), que até então é o plano utilizado, estes salientam a necessidade de o aluno saber identificar algumas constelações, mediante a observação direta do céu noturno (BRASIL, 1998). O documento enfatiza a importância das observações para o aprimoramento do ensino de Ciências, o que, dessa maneira, envolve diretamente o ensino de Astronomia. Os PCN orientam também que as observações podem ser realizadas por dois métodos distintos: o contato direto, neste não é citado explicitamente o céu, mas pode-se interpretar que esse contato direto pode ser a observação a olho nu dos objetos que compõem a esfera celeste e o contato indireto, mediante recursos tecnológicos, o qual pode ser interpretado como as observações realizadas com o uso de telescópios ou binóculos, ou ainda programas computacionais que simulam os movimentos dos astros na esfera celeste.

Ainda de acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais, deveria haver um foco, ou mesmo partes da disciplina de Física voltada para os assuntos de Astronomia. O PCN<sup>+</sup><sup>1</sup>, por exemplo, propõe vários temas ligados à Astronomia, para serem ensinados em sala de aula, como a compreensão da transformação da visão de mundo geocêntrica para a heliocêntrica e indicam, ainda, que os alunos devem construir durante o ensino básico uma compreensão cósmica do Universo. É percebido, também, como a Astronomia e a Cosmologia devem estar inseridas no ensino, já nas recomendações iniciais dos PCN<sup>+</sup>, quando diz que na Física deve conter “competências específicas que permitam perceber e lidar com os fenômenos naturais e tecnológicos, presentes tanto no cotidiano mais imediato quanto na compreensão do universo distante” (BRASIL, 2002, p. 2).

Os PCN e os PCN<sup>+</sup><sup>1</sup> trazem orientações de que deve ser ensinada tanto a Cosmologia, como a Astronomia em sala de aula. Em uma das competências destinadas à disciplina de Física diz que os alunos devem compreender o Universo e, conseqüentemente “as teorias relativas ao seu surgimento e sua evolução, assim como do surgimento da vida, de forma a poder situar a Terra, a vida e o ser humano em suas dimensões espaciais e temporais no Universo” (BRASIL, 2002, p. 13). Percebe-se o os PCN enfatizam a importância dos assuntos ligados à Astronomia, à Cosmologia e à Radioastronomia.

---

<sup>1</sup> Os PCN<sup>+</sup> são orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais Física, que objetiva facilitar a organização do trabalho da escola de acordo com a área destinada.

Reforçando esta importância da Cosmologia no ensino, ainda no PCN+ no trecho de um dos temas estruturadores para o ensino de Física, diz que “será indispensável uma compreensão de natureza cosmológica, permitindo ao jovem refletir sobre sua presença e seu ‘lugar’ na história do universo, tanto no tempo como no espaço, do ponto de vista da ciência” (BRASIL, 2002, p. 19). Ainda, mais a frente, é mencionado no documento que o aluno ao encerrar a educação básica deve compreender “as hipóteses, modelos e formas de investigação sobre a origem e evolução do Universo em que vive, com que sonha e que pretende transformar. Assim, Universo, Terra e Vida passa a constituir mais um tema estruturador. (BRASIL, 2002, p. 19).

No item 6 (seis) do tema estruturador, que exemplifica “como pode ser concretizada uma associação entre competências e conhecimentos visando os objetivos formativos desejados” (BRASIL, 2002, p. 20) são mostrados outros assuntos de Astronomia e Cosmologia que devem ser ensinados no ensino básico (Ver Anexo A).

Devido ao fato de grande parte dos alunos não terem contato com estas disciplinas já nas séries iniciais, a maioria dos professores acabam encontrando dificuldades, em explicar alguns conteúdos ou conceitos que os alunos deveriam ter adquirido anteriormente. Isto resulta também em dificuldades no ensino de Física, devido esta ser uma disciplina que exige bastante da imaginação dos estudantes, porém nem sempre eles estão preparados ou amadurecidos o bastante.

Embora seja algo prazeroso de estudar e aprender, além das orientações dos PCN, a Astronomia pouquíssimas vezes é abordada em sala de aula. Em geral, o que se observa é que os estudantes apresentam curiosidade em entender e discutir os assuntos astronômicos, entretanto, nem sempre o professor consegue aproveitar essa motivação, pois além de ter pouco tempo para ensinar o que é previsto no currículo, alguns tem conhecimentos superficiais sobre Astronomia e por isso não se arriscar a discuti-los (TIGNAENELLI, 1998).

O livro *Didática da Física* de Roberto Nardi e Olga Castiblanco (2014) traz resultados de uma pesquisa, que reforça essas dificuldades no ensino de Ciências, dentre outras passagens do livro, é destacado que existem muitas pesquisas no campo do Ensino de Ciências, no entanto há problemas a se resolver nesta área, como falhas nos processos de ensino e de aprendizagem. Como os alunos não absorvem os conteúdos de Física ensinados no ensino fundamental, fica um tanto complicado quando chegam no ensino médio e assim sucessivamente e conseqüentemente acontece com a Astronomia e Cosmologia. O fato é que a maioria dos discentes já chega em sala de aula com a ideia preconceituosa de que não irão aprender física, pelo fato de acharem esta uma disciplina difícil de ser compreendida. E quando começam o ensino superior, a maioria deles se depara com uma realidade bastante diferente do ensino

básico e acabam demorando um pouco para assimilar os conteúdos estudados nos cursos de licenciatura em Física.

O Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE) é uma instituição que, inicialmente, teve seu trabalho voltado para a educação tecnológica, no entanto, com o passar do tempo sua abrangência de área foi se modificando e sendo ampliada à outras especialidades e, atualmente, cada *campus* procura atender a necessidade de acordo com a região onde ele está inserido, buscando assim formar profissionais que possam atuar em suas cidades de origem. Atualmente, quatro *campi*, além da sede em Fortaleza, possuem o curso de Licenciatura em Física. Alguns *campi*, como Sobral, ofertam no primeiro semestre a disciplina de Introdução à Física (Ver Matriz Curricular em Anexo B), para que nelas que sejam trabalhados alguns conceitos básicos que serão necessários no decorrer da carreira acadêmica. O IFCE tem o propósito de unificar as matrizes curriculares dos cursos de Licenciatura em Física para corrigir questões como esta, uma vez que alguns *campi*, como a sede, em Fortaleza, não possui a disciplina de Introdução à Física.

Ao ensinar Astronomia, em determinados conteúdos, faz-se menção a outras disciplinas, como a própria Física. Os professores que buscam aprofundar-se mais com seus alunos acabam por encontrar dificuldades ao ensinar alguns conteúdos, uma vez que exige um conhecimento maior, que a maioria dos discentes não tem. Isso mostra que apesar da Astronomia despertar bastante o interesse da comunidade em geral, ensiná-la não é uma tarefa fácil.

Mesmo com tantas dificuldades para ensinar Astronomia, ela vem ganhando espaço entre os alunos da educação básica. Isto também acontece com a Cosmologia, uma vez que esta “parece ser o ramo que mais intriga as reflexões humanas” (Neves, 2000, p. 189), principalmente por envolver questões ligadas ao o início e ao fim do Universo. Neves (2000), trata do trabalho de Edwin Hubble<sup>2</sup> buscando encontrar respostas para questões ligadas ao Universo, como o *Big Bang*. O trabalho de Neves (2000) levanta críticas ao modelo do *Big Bang*, finito no espaço e no tempo, como aceito atualmente pela Cosmologia Moderna, percorrendo histórias desconhecidas na Física e recuperando um pouco da visão de Giordano Bruno sobre o infinito.

Além dos problemas que envolvem o ensino de Astronomia e de Cosmologia, citados anteriormente, existe ainda uma dificuldade na compreensão de determinados termos por parte

---

<sup>2</sup> Astrofísico norte-americano. Demonstrou a existência de nebulosas extragalácticas formadas por sistemas estelares independentes. Foi ele quem confirmou, incontestavelmente, que a Via Láctea é apenas uma entre bilhões de outras galáxias, que são como verdadeiros “universos-ilha” – centenas de bilhões de estrelas unidas gravitacionalmente.

dos leigos e até mesmo por pessoas bem instruídas com relação ao assunto. Davis e Lineweaver (2004), mostram os erros conceituais encontrados em artigos, livros de divulgação científica ou ainda em livros didáticos.

O trabalho de Langhi e Nardi (2007) mostra que pesquisas sobre erros conceituais em livros didáticos com assuntos de Astronomia já vem sendo realizada há bastante tempo e o quanto isto tem contribuído para a educação brasileira. Ainda neste artigo os autores trazem inúmeros exemplos de termos que os livros didáticos colocam de maneira incompleta, que dificulta o entendimento por parte dos estudantes, ou mesmo a forma errada de determinado conteúdo. Estes erros podem afetar não somente os alunos, como também professores, uma vez que na maioria das vezes estes recursos representam a única fonte de consulta utilizada pelo docente para preparar suas atividades didáticas, e para os alunos quando buscam estes livros como fontes de pesquisa para trabalhos escolares.

Dentre as várias concepções alternativas acerca dos conteúdos de Cosmologia pode ser citado o caso do princípio do Universo, onde alguns chamam, equivocadamente, o *Big Bang* de “grande explosão”, uma vez que foi comprovado, pelo astrônomo Edwin Hubble, através de dados empíricos que o ocorrido foi, na verdade, uma expansão.

O equívoco com relação ao início do Universo pode ser visto notadamente no trabalho de Neves (2000) onde ele refere-se inúmeras vezes ao *Big Bang* como explosão e, ainda, quando ele coloca uma citação do trabalho de Weinberg<sup>3</sup> que diz: “No princípio foi uma explosão” (WEINBERG, 1980 apud NEVES, 2000), e mais adiante ele continua: “A explosão primitiva ocorreu simultaneamente em toda parte, enchendo, desde o princípio, todo o espaço, com todas as partículas de matéria repelindo-se mutuamente” (WEINBERG, 1980 apud NEVES, 2000). Em vários outros trechos deste trabalho o autor refere-se de maneira equivocada. Uma vez que termos como este vem sendo citado de maneira errônea por autores como Weinberg, acaba se tornando um pouco mais difícil de mudar estas concepções alternativas.

Davis e Lineweaver (2004) aborda outras concepções, como a respeito do horizonte de eventos, questões que serão vistas no próximo capítulo. Logo, é possível notar a importância do esclarecimento destes termos quando os autores dizem que “*The concept of the expansion the universe is so fundamental to our understanding of cosmology and the misconceptions so abundant that it is important to clarify these issues and make the connection with observational tests as explicit as possible*”<sup>4</sup> (DAVIS E LINEWEAVER, 2004. p. 97).

---

<sup>3</sup> Steven Weinberg, professor do Departamento de Física da Universidade do Texas.

Assim como cita Moreira (1986), estes erros cometidos em artigos e livros, principalmente, podem acarretar em sérios problemas para os alunos e para os professores tanto no ensino básico, como no ensino superior. Isto pode acabar por comprometer a forma de fazer ciência, uma vez que ela é feita por pesquisadores veteranos e novos.

O fazer ciência, e fazê-la de maneira correta, torna-se cada vez mais importante para o desenvolvimento tecnológico da sociedade como um todo, uma vez que descobertas na área científica podem mudar a maneira como determinado fenômeno é tratado. Há autores que ressaltam a importância do ensino de Ciências já desde as séries iniciais. Assim a criança vai despertando seu interesse logo cedo, podendo futuramente contribuir com a divulgação científica. Para Gonzaga e Voelke (2011, p. 2) “a preocupação com o desenvolvimento da Ciência não é ponto isolado, por isso acredita-se que se o estudante tiver um contato positivo desde cedo, a probabilidade de obter resultados também positivos tende a aumentar”.

O ensino em Astronomia vem se desenvolvendo com o passar dos anos, Bazetto e Bretones (2011) fizeram um levantamento a fim de analisar a produção acadêmica contida em teses e dissertações brasileiras relacionadas ao ensino de Astronomia, mais especificamente com aquelas que tratam do tema Cosmologia.

A divulgação científica vem ganhando espaço, mesmo que seja de maneira informal através de grupos de Astronomia criados em universidades ou mesmo por grupo de pessoas que não estejam ligados a alguma instituição de ensino, mas que possuem o interesse em aprender e ensinar ciência. À medida que estes grupos vão expandindo seus conhecimentos, vão sentindo a necessidade de transferi-los para outras pessoas que também se interessam, e muitos estudiosos compartilham da ideia de que disciplinas como Astronomia e Cosmologia poderiam ser inseridas no ensino regular. Isto se deve ao fato de que pesquisadores, como Langhi (2004), terem mostrado através de estudos as implicações da inserção daquela disciplina na formação de professores. Porém o ensino da Astronomia é um tanto mais complicado ao comparar com sua divulgação, pois a sua inserção na educação formal requer um estudo bastante aprofundado, além de tempo o suficiente para os conteúdos serem ensinados, enquanto na divulgação, na maioria das vezes, é repassado ao público curiosidades e informações superficiais do que está acontecendo neste ramo.

Ao longo deste trabalho serão apresentados os erros conceituais mais comuns sobre a teoria do *Big Bang* presentes em livros didáticos e ainda em livros de divulgação científica,

---

<sup>4</sup> O conceito da expansão do universo é tão fundamental para a nossa compreensão da cosmologia e as concepções errôneas tão abundante que é importante esclarecer estas questões e fazer a conexão com os testes observacionais mais explícito possível (Tradução livre).

erros estes que podem influenciar no entendimento desta teoria que tem grande importância para a comunidade científica e qualquer pessoa que queira entender assuntos como o início do Universo.

É de suma importância o papel do livro didático desde a elaboração dos planos de aula até o momento em que o professor ensina estes conteúdos para os alunos. Em seu trabalho Moreira (1986) trata da utilização do livro no ensino de Física. O autor enfatiza o fato de que o professor, em sua maioria, usa apenas um livro, o escolhido para lecionar na escola, como se ele tivesse apenas aquela fonte de pesquisa para a elaboração de sua aula, e quando chega à sala repete exatamente tudo aquilo que está no livro. Para Moreira (1986) isto ocorre pelo fato do professor estar cegamente acomodado e absolutamente inseguro, sendo que existem outros livros que podem ser usados. Pode acontecer ainda que o único livro utilizado por ele contenha erros conceituais.

## 1.1 OBJETO DE ESTUDO

Diante do fato das pessoas ainda confundirem estes conceitos, o presente trabalho busca identificar quais são as questões, relacionadas ao *Big Bang*, que ainda persistem com erros conceituais, através das questões abaixo:

- Os cursos de Licenciatura em Física do IFCE trazem em sua componente curricular conteúdos relacionados à Cosmologia, podendo então esclarecer algumas questões com seus alunos?
- Como os estudantes do curso de Licenciatura em Física do IFCE, *Campi* Fortaleza e Tianguá, entendem alguns conceitos sobre o *Big Bang*?

## 1.2 HIPÓTESE

Diante das concepções alternativas já citadas e as que ainda serão evidenciadas no próximo capítulo, sendo que a principal delas em Cosmologia na terminologia utilizada para o início do Universo, e ainda podendo ser citados os erros conceituais relacionadas à Astronomia, esta pesquisa trabalha com a hipótese de que os alunos não conseguem mudar seu pensamento, com relação à estas concepções, pelo fato de não terem contato concreto com estes conteúdos durante a vida acadêmica.

### 1.3 JUSTIFICATIVA

A educação em Cosmologia ocorre nos diferentes níveis escolares, livros didáticos e das mais variadas formas, mesmo fora da escola. No entanto, anteriormente não existia determinação específica na legislação nem do ensino básico nem da formação de professores referente a tais conteúdos, até os parâmetros curriculares nacionais preverem estudos na área para ser ensinado em sala de aula. Os professores, na maioria das vezes, necessitam de formação básica e de conteúdos mínimos em relação ao ensino de temas cosmológicos, uma vez que um dos maiores problemas do ensino de Cosmologia está na formação do professor.

### 1.4 OBJETIVOS

#### 1.4.1 Objetivo Geral

O presente trabalho procura identificar quais as concepções dos estudantes do Curso de Licenciatura em Física do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – *Campi Fortaleza e Tianguá*, que envolvem a Teoria do *Big Bang*.

#### 1.4.2 Objetivos específicos

- Verificar como o IFCE oferece o ensino de Astronomia e Cosmologia;
- Identificar nos discentes, através da aplicação de um questionário, quais as concepções que os alunos dos cursos de Licenciatura em Física do IFCE têm sobre o *Big Bang*.

## 2 REFERENCIAIS TEÓRICOS

### 2.1 CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS

Assim como foi mencionado no capítulo anterior, o ensino de ciências é de essencial importância para o seu desenvolvimento. No entanto, este ensino pode ser prejudicado pelas concepções alternativas advinda de alunos e até mesmo de professores. Mas o que são elas? Para Silveira (1993) quando o aluno tem conhecimentos prévios que diferem do saber científico, estes são chamados de concepções alternativas ou concepções errôneas, ou seja, aquele aluno tem uma visão equivocada, sobre os conceitos científicos. E estas concepções nem sempre ficam apenas restritas a alunos, professores estão sujeitos a cometê-las também, reforçando em sala de aula, inclusive.

Para Moreira e Greca (2003), estas concepções são causadas pelo fato do aluno, normalmente, relacioná-las com interação com o mundo físico. Segundo os autores, estas concepções podem ser acometidas por alguns alunos pelo fato dele ter que relacionar conceitos com exemplos no cotidiano, assim, acabam por associar de maneira equivocada, o que pode levar o aluno às concepções errôneas. E o não esclarecimento dessas concepções pode levar a falhas significativas na aprendizagem. Pois a partir do momento em que o aluno alcança um novo estágio em seu processo de ensino, ele traz este conhecimento prévio em forma de concepção errônea ou alternativa, concepção esta que por sua vez acaba se tornando resistente à mudança conceitual, pois elas foram aprendidas de modo significativo.

Diante disso, torna-se evidente a importância de salientar as concepções alternativas tanto para os professores de Física, como para os professores de Ciências, como um todo. Existem várias pesquisas na área de Física que buscam identificar essas concepções, como em Eletricidade, Óptica Geométrica e Óptica Física, por exemplo.

Já existem inúmeros trabalhos que tratam de concepções alternativas dentro da Astronomia, como será mostrado mais adiante neste capítulo. Mas, especificamente, sobre o *Big Bang* as pesquisas são um pouco recentes, até mesmo porque Cosmologia é um tema bastante atual. Tendo como pressuposto as considerações feitas acima, este texto irá tratar de alguns pontos a respeito da teoria em questão, para que possam ser identificadas as concepções alternativas dos alunos nesta área, e para que futuramente estas falhas possam ser corrigidas, contribuindo então com o ensino dos conteúdos nestas áreas.

## 2.2 ERROS CONCEITUAIS E DIFICULDADES NO PROCESSO DE ENSINO DE COSMOLOGIA

Como já citado na seção anterior, o livro didático, na maioria das vezes, é a única ferramenta utilizada pelo professor. Este acaba fazendo o uso inadequado, uma vez que utiliza apenas um livro, sem muitas vezes nem procurar saber se seu conteúdo contém termos errados ou confusos, ou ainda incompletos, e sem esta consulta repassa os conteúdos para os alunos, que apenas copiam sem nem saber o que estão fazendo. Moreira (1986) apesar de criticar duramente o papel do professor quanto ao uso do livro didático, ainda tenta justificar dizendo que “talvez os professores se entusiasmam mais com um determinado livro do que com outro, às vezes sem nem aperceberem por que” (MOREIRA. 1986. p. 35). O livro didático, além de ser destinado a qualquer pessoa interessada nas questões nele contidas, apresenta-se como um interessante e compromissado apoio didático ao professor, por isso se torna de suma importância a constante revisão e atualização de informações.

O Ministério da Educação (MEC) ressalta o que já vem sendo dito, que o livro é uma das principais ferramentas de consulta utilizada pelo professor e, também, por alunos. Por isso deve ser algo bem elaborado, sem equívocos. No caso da Física ou da Astronomia, principalmente, os livros devem ser constantemente atualizados, pois as pesquisas avançam cada vez mais e assim, fazendo com que assuntos necessitem ser complementados ou mesmo alterados.

Estudos como os de Canalle (1997), Paula e Oliveira (2002) e Ferreira e Selles (2003) investigam livros didáticos em relação aos erros conceituais no ensino de Astronomia. Serão mostrados na sequência alguns destes erros conceituais persistentes em livros didáticos e artigos científicos.

No trabalho de Langhi e Nardi (2007) mostra-se como estes erros já vêm desde as séries iniciais, quando no livro de Ciências traz informações incompletas, que leva o leitor a não ter uma visão coerente de determinado conteúdo, e o que é pior, determinados livros contém erros mesmo, como sobre: estações do ano, a Lua e suas fases, movimentos e a inclinação da Terra, estrelas entre órbitas planetárias, dimensões dos astros e suas órbitas planetárias e ainda sobre os aspectos históricos e filosóficos relacionados à Astronomia.

Assim como em Astronomia, em Cosmologia são encontrados erros conceituais que levar a dificuldades no processo de ensino-aprendizagem. Segundo Davis e Lineweaver (2004) os conceitos sobre a expansão do Universo são bem aceitos, como a questão dos desvios para o vermelho de galáxias distantes. No entanto, esta interpretação leva a vários conceitos que são

amplamente mal compreendidos, e como a expansão do Universo é considerada a base do modelo do *Big Bang*, é de fundamental importância esclarecer as concepções errôneas referentes ao tema. Os autores escrevem que:

Livros de ciência populares escritos por astrofísicos, livros didáticos de astrofísica e, em certa medida, literatura astronômica profissional que abordam a expansão do universo, contêm declarações enganosas, ou facilmente mal interpretadas, relativas a velocidades de recessão, horizontes e do "universo observável"<sup>5</sup>. (DAVIS e LINEWEAVER, 2004, p. 1)

Para eles os equívocos de maior ênfase, por serem àqueles em maior número são referentes a expansão do universo. No entanto, ainda são citadas falhas a respeito da velocidade da luz, do fenômeno inflacionário e ainda sobre a velocidade de rotação de algumas galáxias, onde eles afirmam que existem galáxias que giram com uma velocidade maior que a velocidade da luz.

Para que estes conceitos passem a ser esclarecidos faz-se necessário que haja discussões, desde o ensino básico à graduação, sobre a natureza cosmológica do Universo. Para ARTHURY e PEDUZZI (2015), o campo da cosmologia é bastante abrangente, no entanto, ainda pouco se discute em cursos regulares de graduação. Acrescentam ainda,

Se os pré-requisitos específicos para sua efetiva compreensão são muitos, acreditamos que uma discussão fenomenológica, histórica e filosófica desse tema está ao alcance de todos os que buscam saber mais sobre como chegamos aonde chegamos. E, talvez ainda mais importante, como sabemos que o que sabemos está "correto" ou, melhor, validado pela comunidade de pesquisadores. Esses e outros questionamentos podem ser bastante esclarecedores do nível de incerteza a que estamos sujeitos, e ilustrativos de como a atividade científica, mesmo sem operar com certezas, pode produzir tantos resultados significativos. Para isso, temos que pensar um pouco melhor nas questões epistemológicas, nos processos de obtenção e validação do conhecimento científico. (ARTHURY e PEDUZZI, 2015, p. 2)

Os autores ressaltam que as dificuldades na compreensão sobre os fenômenos cosmológicos se dão pela discussão sobre a evolução da cosmologia. Não há outro caminho para se chegar ao esclarecimento de conceitos certos e errados, principalmente.

Para isso deve-se conhecer desde os mitos de criação até as pesquisas mais atuais, uma vez que mitos nos contam muitos sobre a sociedade e seu modo de viver. E que foi através de

---

<sup>5</sup> Texto adaptado do original em inglês.

mitos que se deu o desenvolvimento das teorias de como o Universo possa ter surgido (SKOLIMOSKI, 2014).

Skolimoski (2014), ainda traz como dificuldades no ensino a falta estruturas e de materiais adequados ao ensino em qualquer disciplina.

É fácil perceber o interesse da maioria dos alunos pelo tema, este já é um fator importantíssimo para o processo de ensino. No entanto, não são todos que têm este interesse, e que muitos deles possuem uma ideia mágica de Cosmologia acabam se deparando com outra realidade que fazem eles perderem o interesse no assunto.

### 3 O ENSINO DE ASTRONOMIA E COSMOLOGIA NO IFCE

O IFCE tem hoje 27 unidades, distribuídas em todas as regiões do Estado, sendo que algumas unidades já estão efetivamente implantadas e outras ainda em fase de implantação. A instituição tem a visão de tornar-se padrão de excelência no ensino, pesquisa e extensão na área de Ciência e Tecnologia. Além disso procura produzir, disseminar e aplicar os conhecimentos científicos e tecnológicos na busca de participar integralmente da formação do cidadão, tornando-a mais completa, visando sua total inserção social, política, cultural e ética.

Contando com inúmeros cursos técnicos, tecnológicos e de licenciaturas espalhados por todos os *campi* da instituição, o IFCE oferece atualmente, em quatro *campi*, além da sede em Fortaleza, o curso de licenciatura em Física, sendo estes *campi* situados nos municípios de Sobral, Acaraú, Tianguá e Crateús.

As componentes curriculares e as ementas das disciplinas destes cursos foram acessadas, a fim de investigar em quais disciplinas podem ser abordados temas ligados à Cosmologia.

Abaixo é mostrada a ementa da disciplina de Introdução a Astronomia, disciplina esta que se dá de forma optativa.

**Figura 1** - Ementa da disciplina de introdução à Astronomia

|  |           |
|--|-----------|
| <b>DISCIPLINA: Introdução à Astronomia</b>   |           |
| Código: CLFI.031   |           |
| Carga Horária:   | 80        |
| Número de Créditos:  | 4         |
| Código pré-requisito:  | CLFI.015  |
| Semestre: 6  |           |
| Nível:   | Graduação |
| <b>EMENTA</b>  |           |
| História da Astronomia; Instrumentos astronômicos; O planeta terra; A Lua; O Sistema Solar; O Sol; As estrelas; As galáxias; As constelações; A Astronomia no Brasil e no Ceará. |           |

**OBJETIVOS**

Proporcionar ao aluno uma introdução à Astronomia e suas subáreas evidenciando suas relações com a Física. Discutir o ensino de Astronomia no Brasil e no Ceará.

**PROGRAMA**

1. História da Astronomia; Astronomia no Brasil e no Ceará
2. Constelações
2. Sistemas de coordenadas
3. Instrumentos astronômicos
4. O planeta Terra
5. A Lua
6. O Sol e o sistema solar
7. Estrelas
8. Galáxias

**METODOLOGIA DE ENSINO**

Aulas expositivas e participativas, observações astronômicas, trabalhos individuais e em grupo, listas de exercícios a serem resolvidas em classe e extraclasse.

**AVALIAÇÃO**

A avaliação se dará de forma contínua e processual através de:

1. Avaliação escrita.
2. Trabalho individual.
3. Trabalho em grupo.
4. Cumprimento dos prazos.
5. Participação.

A frequência é obrigatória, respeitando os limites de ausência previstos em lei.

**BIBLIOGRAFIA BÁSICA**

1. Faria, R. P.; Fundamentos de Astronomia, 9ª Ed., Papyrus, São Paulo, 2009.
2. Oliveira Filho, K. S; Saraiva, M. F. O. Astronomia e Astrofísica, Livraria da Física..

| BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR |                                   |
|---------------------------|-----------------------------------|
| Coordenador do Curso      | Coordenadoria Técnico- Pedagógica |
| _____                     | _____                             |

Fonte: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará.

Esta disciplina de Astronomia se dá de forma optativa, onde os discentes interessados juntam-se e procuram o coordenador do curso de Licenciatura em Física para solicitar a oferta da disciplina, uma vez alcançado o número mínimo de alunos para a sua realização, a disciplina é lecionada na instituição. No entanto, nem todo semestre tem alunos o suficiente para que a disciplina seja ofertada pelo curso, ou mesmo professores com uma carga horária que permita lecionar esta disciplina.

Bretones (2006) salienta a importância do papel do professor na elaboração de políticas pedagógicas dentro das escolas e universidades, pois a construção destas políticas vem acontecendo de forma muito mecânica. Na universidade, por exemplo, além de um professor da área pedagógica, é necessário, para a elaboração destas políticas e estruturas curriculares, professores da área específica, podendo então atender melhor a carência do curso. Isto pode ajudar a diminuir as falhas na formação de professores, como citado pelo autor.

### 3.1 GRUPOS DE DIVULGAÇÃO E PESQUISA EM ASTRONOMIA E COSMOLOGIA NO IFCE

Os grupos ou clubes de Astronomia, sejam eles profissionais ou amadores, são importantíssimos para a divulgação da Ciência e Astronomia. Como ressalta Langhi e Nardi (2009) “há os clubes e associações de Astronomia amadora, no Brasil, que se empenham em criar e desenvolver o interesse pela pesquisa, ensino e extensão da Astronomia e ciências afins”.

Apesar dos cinco cursos de licenciatura em Física existentes nos *campi* do IFCE nem todos que oferecem atividades relacionadas à Astronomia, sendo que em alguns *campi*, mesmo não tendo o referido curso, fazem alguma atividade para divulgar esta disciplina, como, por exemplo, o *campus* de Juazeiro do Norte que não oferta o curso de Física, porém, possui um

telescópio e os professores, juntamente com alguns alunos, realizam observações astronômicas. No entanto, mesmo existindo os *campi* que realizam este tipo de atividades, independente do *campus* oferecer o curso de licenciatura em Física, esta pesquisa irá focar naqueles *campi* que ofertam, pois estes têm, de certa forma, uma obrigação maior de divulgarem a Ciência e, conseqüentemente, a Astronomia e a Cosmologia.

No *campus* de Fortaleza existe o Grupo de Estudo e Pesquisa em Astronomia e Cosmologia (GEPAC), um grupo formado por estudantes e professores do curso de licenciatura em Física do IFCE, criado em 2010, com o objetivo de, além de divulgar a Astronomia e Cosmologia, realizar pesquisas nestas duas áreas, e ainda em Astrofísica e Astronáutica. O GEPAC realiza ciclos de palestras com professores e pesquisadores tanto da própria instituição, como pesquisadores de outras instituições de todo o Brasil, além disso, trouxe ainda pesquisadores internacionais. O grupo realiza cursos de extensão, importantíssimos para a comunidade, minicursos e oficinas e observações astronômicas.

O IFCE – *campus* Sobral também contribui com a divulgação científica com o Clube de Astronomia do IFCE de Sobral (CAIF – Sobral). O clube elabora palestras sobre Astronomia para serem apresentadas em escolas públicas e privadas de Sobral e cidades adjacentes, tendo apresentado também a palestra intitulada *Sistema Solar*<sup>6</sup> na Universidade Estadual do Ceará (UECE) – *campus* Itapipoca no curso de licenciatura em Química. Além disso, o CAIF ministra oficinas e minicursos também em escolas e ainda realiza observações astronômicas no IFCE – *campus* Sobral, a fim de divulgar a Ciência e a Astronomia e deslumbrar a comunidade com os corpos celestes. No ato da observação, os membros do CAIF ficam informando os espectadores sobre o que está visível no céu na determinada época do ano, além de mostrar outros astros, independente do telescópio utilizado. Ainda com o propósito de despertar, na comunidade acadêmica, o interesse pelo pensar científico os professores do curso de Física realizam mensalmente uma espécie de cinema, no auditório, apresentando filmes e documentários voltados para a divulgação científica.

O *campus* de Tianguá possui um telescópio, no entanto não existe nenhum grupo especificamente de Astronomia, mas ainda assim os alunos do Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência (PIBID) às vezes realizam atividades voltadas para a Astronomia.

---

<sup>6</sup> Palestra que os integrantes do CAIF adaptaram tanto para o ensino básico, como para o ensino superior.

Com relação aos outros *campi* do IFCE, Acaraú e Crateús, não existe nenhum registro de atividades voltadas para o tema em questão, nem de grupos ou atividades acadêmicas voltadas para a Cosmologia.

## 4 EVOLUÇÃO DO PENSAMENTO COSMOLÓGICO

### 4.1 CONTRIBUIÇÕES DOS POVOS ANTIGOS PARA O ATUAL MODELO DE UNIVERSO: DOS MITOS DE CRIAÇÃO AO HELIOCENTRISMO

Desde os primeiros momentos de sua existência o homem questiona-se sobre sua origem e de tudo o que existe ao seu redor. Devido a esta insatisfação de não saber de onde vem e para onde vai, a humanidade tem buscado estas respostas incansavelmente. No entanto, nesta época o homem acreditava que a maioria das forças naturais que o afetava vinham de forças ocultas que governavam seu destino (MORAIS, 2009).

Foi a partir de então que começou-se a procura pela origem do Universo, pois sem este não existiria a terra, nem a água, nem os animais, nem mesmo o homem, absolutamente nada. Por isso, todas as civilizações e culturas tentam explicar a existência do Universo como um todo (STEINER, 2006)

Assim, cada civilização tentou explicar, a sua maneira, como tudo começou. Algumas formas viraram apenas mitos, de outras puderam ser extraídas algumas informações que contribuíram para se chegar ao modelo que se tem hoje.

Segundo Morais (2009), os chineses que viveram por volta de 180 d.C. tinham um pensamento cosmológico de que o céu tinha a forma de uma abóbada, em que a ursa maior estava no centro da abóbada celeste e a China no centro da Terra. O autor ainda explica que os chineses acreditavam que o Universo era infinito, com corpos celestiais suspensos, onde um vento celestial suspendia as estrelas fixas no céu, e ainda causava um arrastamento viscoso na Terra que fazia com que o Sol, a Lua e os cinco planetas visíveis fossem “para frente” e “para trás”. Por fim, eles diziam que o Universo era composto de metal, madeira, fogo, terra e água.

Ainda que a maioria dos povos não tenham conseguido progredir em seus pensamentos pelo fato de estarem limitados às suas crenças, foram várias as contribuições consideradas da antiguidade, no entanto, os gregos foram os que revolucionaram a Astronomia e a Cosmologia científica, com sua forma racional de pensar, foram eles que desenvolveram vários modelos de Universo. Os estudiosos, chamados de filósofos pré-socráticos por terem vivido antes de Sócrates (470-299 a.C), deixaram de lado as crenças míticas e a religião e passaram a pensar de forma científica para explicar os fenômenos acontecidos na natureza (MORAIS, 2009). Tales de Mileto (624(?)-547(?) a.C), por exemplo, dizia que tudo tinha origem na água, porém, não se conhece as explicações que ele dava na transformação da água que passava de um elemento a outro. Passando, também, por vários filósofos da época que acreditavam que todas as coisas

existentes na natureza surgiam de quatro substâncias, chamadas de elementos fundamentais, a água, o ar, a terra e o fogo (MORAIS, 2009).

A cosmologia aristotélica, além de acreditar que a Terra não era um planeta comum, pois estava no centro do Universo, acreditava que este era preenchido, em sua totalidade, por matéria e seria finito, contendo um centro estático, exatamente onde se situaria a Terra (PORTO E PORTO, 2008). A ciência de Aristóteles dizia também que para tudo existia uma ordem e que cada coisa, cada elemento, possuía um lugar no Universo, para Aristóteles,

[...] o elemento terra, mais pesado, posicionava-se no centro desse Universo, enquanto os elementos mais leves, água, ar e fogo, iam formando “camadas” concêntricas em torno. Assim, segundo a física aristotélica, os corpos, deixados por si, ou seja, na ausência de forças aplicadas sobre eles, realizariam espontaneamente movimentos buscando retornar às posições que lhes são apropriadas: os elementos mais pesados, a terra e a água, movendo-se em direção ao centro do Universo, enquanto os mais leves, o ar e o fogo, movendo-se para cima, afastando-se do centro. A queda dos corpos sólidos abandonados no ar encontrava sua explicação na naturalidade deste movimento em direção ao centro do Universo ((PORTO E PORTO, 2008, p. 2)

O modelo cosmológico de Aristóteles permaneceu em uso por bastante tempo, aproximadamente quatorze séculos.

Aristarco de Samos (310-230 a.C.) foi o primeiro a questionar e apresentar alternativas ao modelo geocêntrico, pois percebeu, através de sua engenhosa forma de medir a distância da Terra ao Sol, que este deveria ter um brilho e uma dimensão muito maior do que se pensava, e com isto o filósofo escreveu um livro onde propunha que a Terra é que deveria estar orbitando o Sol e não o contrário como se pensava, ou melhor como era defendido na época. Porém, este pensamento teve pouca repercussão, sendo dado continuidade ao pensamento geocêntrico (SOUZA, 2004). No entanto, foram aparecendo lacunas neste modelo, como o fato das irregularidades percebidas nos movimentos dos astros. O Sol, por exemplo, a cada ano ocupava uma posição diferente com relação às constelações do zodíaco, além disso começaram a perceber que os períodos dos planetas eram diferentes. Souza (2004) ressalta a importância do astrônomo Hiparco (190-120 a.C), pois este contribuiu grandiosamente com dados de observações detalhadas sobre o brilho das estrelas e dos planetas, além das posições destes. O estudioso utilizou modelos geométricos para explicar como era o movimento da Terra e do Sol e ele mostrou que estes astros se movimentavam em órbitas circulares realizando movimentos de epiciclo.

O último dos grandes astrônomos gregos, que deram suas contribuições para o modelo geocêntrico foi Claudio Ptolomeu (85-165 d.C), por isso seu modelo ficou conhecido como *sistema ptolomaico*. Esse astrônomo explicou que o planeta se move ao longo de um pequeno círculo chamado de *epiciclo*, cujo centro se move em um círculo maior chamado *deferente* (OLIVEIRA FILHO E SARAIVA, 2004). Ptolomeu introduziu o *equante*, este, por sua vez, é “um ponto ao lado do centro do deferente oposto em relação a Terra, em relação ao qual o centro do epiciclo se move a uma taxa uniforme, e que tinha o objetivo de dar conta do movimento não uniforme dos planetas” (OLIVEIRA FILHO E SARAIVA, 2004, p. 49).

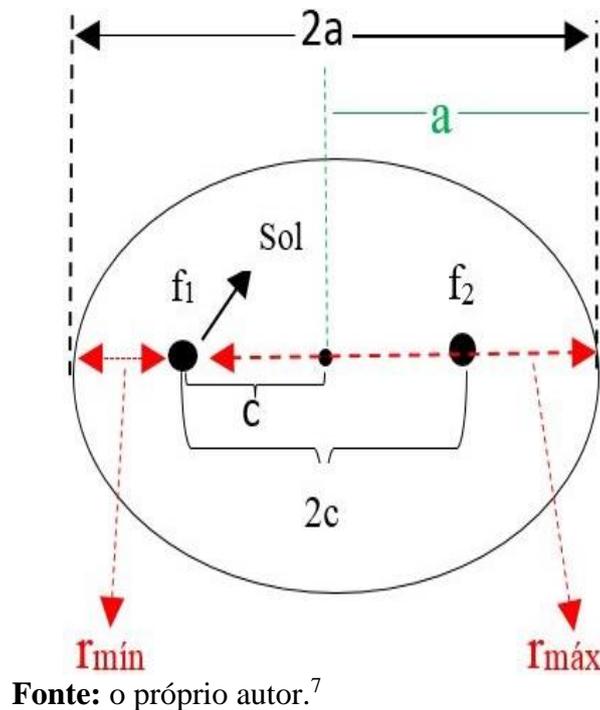
Após os anos de glória da maneira geocêntrica de pensar, veio o Renascimento e com ele vieram mudanças que puderam ser abordadas em todas as áreas do conhecimento. Na Cosmologia, a revolução foi representada inicialmente pelo astrônomo e monge polonês Nicolau Copérnico (1473-1543), com o sistema heliocêntrico. O astrônomo teve acesso ao trabalho, não aceito, de Aristarco de Samos e concordou com ele que seria mais razoável que a Terra girasse em torno do Sol, deixando, assim, ele no centro do Universo e não a Terra (OLIVEIRA FILHO E SARAIVA, 2004). Foi ele quem determinou que os planetas, conhecidos até então, estavam alocados na seguinte ordem de afastamento do Sol: Mercúrio, Vênus, Terra, Marte, Júpiter, Saturno, deixando assim a Terra apenas um dos seis planetas.

Ainda assim, a teoria de Copérnico não conseguiu derrubar a ideia de que a Terra não era mais o centro do Universo e muitos alegavam que deveriam ser feitos testes observacionais para que isto fosse realmente comprovado. Nisto, mais um estudioso ganha espaço, Tycho Brahe (1546-1601) que evidenciou explicações favoráveis ao heliocentrismo (mesmo ele sendo adepto ao modelo de epiciclos) utilizando de técnicas com instrumentos e a olho nu, obtendo dados com uma precisão de 4 minutos de arcos, valor muito preciso, uma vez que ainda não existiam telescópios, nem mesmo lunetas (SOUZA, 2004).

Segundo Steiner (2006), anos mais tarde Brahe conheceu o matemático e astrônomo alemão Johannes Kepler (1571-1630), o qual se tornou seu assistente. Logo após a morte de Tycho, Kepler utilizou suas cuidadosas observações, para demonstrar que Marte e todos os outros planetas giram em torno do Sol, descrevendo órbitas elípticas e não circulares como se imaginava. Disse ainda que o Sol não estava no centro da elipse, mas sim em um de seus focos, sendo esta então a primeira das três leis de Kepler. Como consequência da órbita ser elíptica, a distância do Sol ao planeta varia ao longo de sua órbita (OLIVEIRA FILHO E SARAIVA, 2004, p. 60).

A figura 3, a seguir, mostra uma elipse e suas principais componentes, o semieixo maior, o semieixo menor, a distância focal e a excentricidade.

**Figura 2** – Representação da Primeira Lei de Kepler, a lei das órbitas.



Na elipse acima  $f_1$  e  $f_2$  representam os focos,  $r_{\min}$  é o periélio e o ponto que está afastado do hélio denomina-se afélio e é representado como  $r_{\max}$ .

A excentricidade da elipse diz o quanto ela é achatada, veja

$$e = \frac{r_{\max} - r_{\min}}{r_{\max} + r_{\min}}$$

A partir destes dados mostrados acima e da representação de como seria a órbita dos planetas foi possível calcular algumas informações

Outro astrônomo que contribuiu grandiosamente para a revolução heliocêntrica foi Giordano Bruno, ele defendia a ideia de um Universo infinito. Giordano tinha um pensamento “inspirado no atomismo grego de Demócrito e Leucipo, Bruno proclamava a realidade de um Universo infinito e, como tal, homogêneo, por conseguinte, sem centro, limites ou quaisquer

<sup>7</sup> Esta figura representa uma elipse, no entanto, as órbitas planetárias são elipses levemente achatadas, não tem uma excentricidade tão expressiva como esta acima, ela é apenas para que o leitor tenha uma ideia da diferença entre um círculo e uma elipse.

posições diferenciadas ou privilegiadas” (PORTO E PORTO, 2008, p. 4). Giordano Bruno deu um grande passo para a Cosmologia com sua maneira atomista de pensar, pois para ele o planeta Terra se movimentava por meio de um espaço neutro, onde não existia centro, imensamente povoado e infinito, chamado de Universo.

Surgiu então Galileu Galilei, que aprimorou a luneta, e teve a brilhante ideia de apontá-la para o céu, pois até então esta era usada apenas nas grandes navegações. Com este feito, em 1610, Galileu aproveitou que o planeta Júpiter estava visível no céu para fazer observações mais precisas, e foi então que ele notou a presença contínua de quatro astros que acompanhavam Júpiter em seu movimento, astros estes que foram constatados como as luas de Júpiter. Além disso o estudioso descobriu as manchas solares, apontando a luneta para o Sol e as fases de Vênus. Com o aprimoramento da luneta e construção de telescópios, Galileu pode constatar que astros como o Sol e a Lua não possuíam forma perfeitamente esférica como defendia Aristóteles. Galileu com o desenvolvimento de seus instrumentos

[...] deu ao empirismo uma nova dimensão e acabou por golpear de forma definitiva a física aristotélica. Através da observação do fenômeno, Galileu concluiu que, contrariamente ao que afirmava Aristóteles, os corpos levariam o mesmo tempo em queda livre a partir de uma mesma altura, independentemente de suas massas, e, através de análises matemáticas, acabou por formular a teoria do movimento uniformemente acelerado para os corpos em queda (PORTO E PORTO, 2008, p. 5).

No mais, ao observar a Via-Láctea, Galileu constatou que ela é composta por um grande número de estrelas. E só então, após muitos anos de relutância, o modelo Heliocêntrico foi adotado para insatisfação de muitos (SOUZA, 2004). Galileu trouxe inúmeras descobertas, a partir de algumas suspeitas dele, ele ia fazendo teste e comprovando, como o fato das estrelas serem astros parecidos com o Sol, e que seu pequeno brilho aparente seria por elas estarem muito distantes.

Portanto, gradualmente, o modelo dominante passou a ser o de um Universo preenchido com estrelas semelhantes ao Sol situadas a distâncias crescentes. Quanto mais distante menor deveria ser o seu brilho aparente. De habitantes privilegiados do Universo passamos gradualmente a ocupar o *status* de condôminos comuns. (SOUZA, 2004, p. 25)

As descobertas e as comprovações de Galileu, finalmente, culminaram para o fim pensamento geocêntrico, e esta revolução não se atrelou apenas a Astronomia e a Cosmologia, como também se propagou pela religião e pela filosofia, causando uma transformação além do campo científico, fazendo com que a Astronomia evoluísse, a partir de então, de maneira mais independente (MORAIS, 2009).

#### 4.2 O PÓS-HELIOCENTRISMO: SURGIMENTO DE OUTROS QUESTIONAMENTOS

Após a questão de o modelo de sistema planetário ter sido resolvida, mesmo ainda com alguns cientistas e estudiosos da época serem um tanto relutante quanto a isso, surgiram outros questionamentos, como, por exemplo, começou-se a discutir tópicos sobre a finitude, ou não, do Universo.

Como mostra Porto e Porto (2008) a questão levantada por Giordano Bruno de que o Universo seria infinito ainda era bastante contestada pela maioria dos adeptos da teoria do heliocentrismo, inclusive Kepler e Galileu, sendo que o primeiro chegou a dizer que “essa ideia traz consigo não sei que horror secreto, oculto; com efeito, uma pessoa se sente errando por essa imensidade, a que são negados centro, limites e, portanto, todo lugar determinado” (KOYRÉ, 2006 p. 56), mostrando no seu pensamento uma influência mística-filosófica e ainda sua natureza cristã.

Galileu desenvolveu a ideia de inércia, no entanto, não conseguiu aplicá-la com precisão para o movimento dos planetas. Foi preciso que Descartes (1596-1650) aprimorasse e explicasse que a Natureza era ordenada e impessoal, ao contrário do que se acreditava no pensamento aristotélico, e ainda que aquela era “regida pela Matemática, e composta por um número infinito de partículas que colidiam e podiam se agregar. O movimento destas partículas era governado por leis mecânicas e o desafio do homem era descobrir estas leis” (PORTO E PORTO, 2008, p. 6). Uma vez Descartes questionando-se

...sobre como seria o movimento de uma única partícula num universo infinito, sem direções absolutas, concluiu que um corpo em repouso permaneceria em repouso e que um corpo em movimento continuaria a se movimentar em linha reta, com a mesma velocidade, a menos que um agente externo sobre ele agisse, formulando de maneira mais perfeita a Lei da Inércia, ao falar do caráter retilíneo do movimento. Descartes concluiu ainda que, como todo

movimento no Universo é de origem mecânica, quaisquer desvios de suas tendências retilíneas naturais deviam ser consequência das colisões com outros corpos (PORTO E PORTO, 2008, p. 6).

Esta ideia cartesiana, assim chamada por ter sido formulada pelo francês Descartes, era coerente com o pensamento de Kepler no que diz respeito a inevitabilidade de existir uma força atuante com relação aos movimentos planetários.

Não era a primeira vez que alguém especulava a existência de uma força que causasse o curioso movimento dos planetas, antes mesmo de Kepler, o cientista inglês Robert Hooke (1635-1703) após uma série de experimentos apresentou em uma conferência na Academia Real de Ciências, em 1670, que os movimentos planetários necessitavam de uma força de atração entre corpos para que fossem realizados sem que chegassem a colidir uns com os outros (PORTO E PORTO, 2008), para os autores, foi quando formulou-se pela primeira vez uma lei de atração gravitacional entre os corpos, onde Hooke disse que a intensidade destes era proporcional ao inverso do quadrado da distância entre estes corpos.

Mesmo com uma ideia bem formulada sobre a força gravitacional entre os corpos, Hooke não conseguiu matematizar este conceito. Após um longo período desde Robert Hooke, quem contribuiu de maneira grandiosa foi o cientista inglês Isaac Newton (1643-1727), que sistematizou matematicamente a atração gravitacional exercida entre os corpos, dando assim um passo importante para as questões que surgiram com a cosmologia copernicana (PORTO E PORTO, 2008). As ideias iniciadas por Galileu, Descartes, assim como as Leis do movimento planetário de Kepler, ajudaram Newton a formular suas leis do movimento, conseguindo solucionar os problemas do movimento dos planetas e da queda dos corpos nas proximidades da superfície da Terra.

Sabendo que a Terra exerce uma atração sobre os objetos contidos em sua superfície, Newton propôs que esta força se prolongava até a Lua, produzindo uma aceleração centrípeta que fazia com que a Lua se mantivesse em órbita, o que também acontece com o Sol e com os planetas (OLIVEIRA FILHO E SARAIVA, 2004). Com isso, “Newton levantou a hipótese da existência de uma força de atração universal entre os corpos em qualquer parte do Universo (OLIVEIRA FILHO E SARAIVA, 2004, p. 67).

Com o aperfeiçoamento do telescópio foi possível identificar outros objetos que compunham o Universo, como nebulosas, por exemplo. Foi possível determinar objetos galácticos e extragalácticos, outro ponto importante é que foi possível saber que o que foi

chamada de Via Láctea é apenas uma de milhões de galáxias. Charles Messier (1730-1813) foi capaz de identificar 103 objetos não estelares, inclusive um destes objetos foi a galáxia de Andrômeda, ainda hoje várias galáxias recebem o nome de Messier com uma determinada numeração em homenagem a ele (SOUZA, 2004). O filósofo Immanuel Kant (1724-1804) trouxe contribuições para além do pensamento filosófico, uma delas foi a ideia de *universos-ilhas*, onde “as nebulosas identificadas por Messier seriam sistemas estelares semelhantes à Via Láctea” (SOUZA, 2004, p. 26), e assim como a própria Via Láctea, esses universos ilhas seriam discos, da mesma forma como ele denominou esta galáxia. Ele, ainda, formulou a ideia de que o Sistema Solar teria se originado a partir da condensação de um disco de gás.

William Herschel (1738-1822) foi mais um astrônomo importante para as novas descobertas em Cosmologia. Ele tomou conhecimento sobre o que se discutia a respeito de nebulosas, e então disse que “se as nebulosas fossem feitas de um material gasoso, argumentava ele que não seria possível resolvê-las como estrelas. Ao contrário se fossem os *universos-ilhas* de Kant, devia ser possível identificar as suas estrelas individuais” (SOUZA, 2004, p. 26). No entanto, ele não tinha instrumentos precisos para fazer este teste, o que fez com que não conseguisse provar, esta tarefa ficou para Edwin Hubble (1889 – 1953) já no século XX. Porém Herschel trouxe um melhor entendimento no que diz respeito a estrutura da galáxia.

Após Herschel surgiram alguns questionamentos, como o de Heinrich Olbers (1758-1840), que ficou conhecido como o paradoxo de Olbers. Ele propôs que,

se o céu fosse preenchido uniformemente com estrelas então deveríamos observar um objeto pelo menos um objeto ao longo da linha de visada em qualquer direção. Supondo que toas são parecidas com o Sol então o céu noturno deveria ser tão brilhante como o próprio Sol (SOUZA, 2004, p. 27).

Esta questão havia sido levantada anteriormente por Kepler, ele como detentor ferrenho de um Universo finito dizia que isto se devia ao fato do Universo ser encerrado por uma parede cósmica escura (OLIVEIRA FILHO E SARAIVA, 2004). Algumas respostas foram dadas para este paradoxo, porém algumas sem sucesso, a que é aceita até os dias hoje é que isto prova que o Universo teve um início, ou seja, não existiu por todo o sempre, mais precisamente, a explicação é que: “Como o universo tem uma idade finita, e a luz tem uma velocidade finita, a luz das estrelas mais distantes ainda não teve tempo de chegar até nós. Portanto, o universo que enxergamos é limitado no espaço, por ser finito no tempo” (OLIVEIRA FILHO E SARAIVA, 2004, p. 462).

Em meio a tantos debates e descobertas, uma das últimas desta fase da Cosmologia se deu por Edwin Hubble (1889-1953), quando conseguiu provar que a galáxia de Andrômeda realmente estava além da Via Látea.

Utilizando o recém-inaugurado telescópio do Observatório de Monte Wilson, que com dois metros e meio de diâmetro era o maior da época, Hubble observou as Cefeidas em Andrômeda e mostrou que a nebulosa estava a cerca de 930 mil anos-luz, aproximadamente metade da distância aceita atualmente. Mesmo assim, estava provado que Andrômeda não podia ser objeto galáctico. [...]. Finalmente estava demonstrado que os *universos-ilhas* de Kant existiam de fato (SOUZA, 2004, p. 30).

Uma questão que ainda levou um pouco de tempo para ser resolvida refuta a ideia de Universo estático. Como pode ser visto mais adiante, Hubble demonstrou que o Universo está em expansão e que as galáxias se afastam umas das outras, e ainda, que isto ocorre com velocidades crescentes (SOUZA, 2004).

#### 4.3 A TEORIA DO BIG BANG

Muito se discute sobre o surgimento do Universo, se teve um início, e se assim o teve, se terá um fim, sobre o que existia no início e sobre tudo o que se formou. Questões, como para onde o Universo está indo, são indagadas desde os primórdios, por isso procura-se tanto entender o início, para assim tentar conhecer o fim. Ou mesmo se ele sempre foi do jeito que é e se sempre será. Por isso, antes mesmo de se chegar ao *Big Bang* alguns assuntos precisam ser discutidos, pois são eles que norteiam o pensamento a cerca desta teoria, como a Teoria da Relatividade Geral (TRG) e a questão da expansão do Universo.

##### 4.3.1 Noções Sobre a Relatividade Geral de Albert Einstein

Para Souza (2004) desde as ideias iniciais sobre Cosmologia, esta já tinha uma predeterminação em caminhar lado a lado com a Teoria da Relatividade Geral de Albert Einstein (1879-1955), como aconteceu inicialmente na discussão em torno dos *universos-ilhas*, proposta por Immanuel Kant.

Inicialmente, em 1905 Einstein propôs a Teoria da Relatividade Restrita (TRR), também chamada de Teoria da Relatividade Especial, onde ele explicava que a velocidade da luz no vácuo seria constante e que isto não dependia da velocidade da fonte a qual tratasse e que a massa daquele objeto dependia da velocidade dele, e “que há dilatação do tempo durante movimento em alta velocidade que massa e energia são equivalentes, e que nenhuma informação ou matéria pode se mover mais rápido do que a luz” (OLIVEIRA FILHO E SARAIVA, 2004, p. 463). A restrição dela se dá pelo caso onde os campos gravitacionais são pequenos, ou até mesmo desprezíveis.

Ainda no início do século XX, os conceitos de espaço e de tempo, propostos por Newton, começaram a apresentar falhas quando se tratava de escalas do Universo e, conseqüentemente, começaram a ser abandonados (MORAIS, 2009). Outro fator relevante foi que a velocidade da luz que, até então, nada parecia ultrapassá-la, não era convincente utilizando a gravitação de Newton. Portanto, precisava-se de uma reformulação para a gravitação newtoniana.

Diante dos problemas na teoria de gravitação de Newton, Einstein resolveu formulá-la, para que assim ela fizesse sentido quando fosse necessária para subsidiar a relatividade restrita, citada anteriormente. Inicialmente o que despertou a curiosidade do cientista foi o mesmo que Newton havia questionado, no entanto, não soube explicar, que foi o fato da igualdade entre as massas inercial  $m_i$  e gravitacional  $m_g$  (SOUZA, 2004), este fato levou Einstein a formular *O Princípio de Equivalência*, onde, a partir do momento em que estas massas se igualam, o campo gravitacional numa região pequena próximo a superfície da Terra resulta na mesma aceleração (-  $g$ ) de queda livre em qualquer corpo material.

*O Princípio de Equivalência* de Einstein diz que em um espaço “suficientemente pequeno para que o campo gravitacional dentro dele possa ser tomado como uniforme, em queda livre dentro desse campo, todas as leis físicas são as mesmas que num referencial inercial, na ausência do campo gravitacional” (NUSSENZVEIG, 1998, p. 225).

Este princípio foi questionado pelo fato de se tratar de um espaço suficientemente pequeno. Como resposta, Einstein explicou que para um campo gravitacional como o da Terra, considerando um recinto de dimensões que possam ser comparadas com as da própria Terra, o campo gravitacional, neste caso, não será mais uniforme, com isto seria possível detectá-lo.

Pode-se dizer então, que o *Princípio de Equivalência* deve ser aplicado apenas localmente, em lugares pequenos, que podem ser chamados de referenciais localmente inerciais.

Isto mostra como a Relatividade Restrita pode ser diferenciada da geral, por isso aquela era chamada também de *especial*, pois ao contrário desta a Relatividade Geral é universal por ser válida mesmo naqueles casos em que os campos gravitacionais não são desprezíveis. “Trata-se, na verdade, da teoria da gravidade, descrevendo a gravitação como a ação das massas nas propriedades do espaço e do tempo, que afetam, por sua vez, o movimento dos corpos e outras propriedades físicas” (OLIVEIRA FILHO E SARAIVA, 2004, p. 463).

Tendo como base ainda este princípio, pode-se “inferir a existência de alguns dos efeitos novos característicos novos da Relatividade Geral” (NUSSENZVEIG, 1998, p. 226).

Diante dos resultados do princípio descrito por Einstein, ele previu uma deflexão gravitacional da luz, sendo que esta deflexão pode ser comprovada, para o campo gravitacional do Sol, através de observações feitas em Sobral (Ceará, Brasil), pois esta cidade foi onde melhor se conseguiu observar o eclipse de 1919, que teve notável repercussão.

Einstein propunha, então, o primeiro modelo cosmológico relativista, por ser baseado na Teoria da Relatividade Geral (TRG). Ao contrário do modelo de Newton que tem o espaço rígido, com uma geometria euclidiana, Einstein propôs um espaço-tempo distorcido pela presença da matéria nele contida (OLIVEIRA FILHO E SARAIVA, 2004).

Segundo Soares (2012), este era um modelo estático, de curvatura espacial positiva, ou seja, fechado, pelo fato de ter uma visão geral do Universo na época, portanto, ele era limitado espacialmente, ou seja, finito, pois evitava problemas da existência de grandezas infinitas nas condições de contorno, características estas indesejáveis em qualquer teoria tratada na Física. Este modelo era bastante aceito na época, uma vez que as observações e comprovações de Hubble não haviam acontecido ainda.

A equação inicial, a original, de Einstein não condizia com soluções para um Universo estático. Com isso ele introduziu uma constante em suas equações, conhecida hoje como constante cosmológica,  $\Lambda$ , que dava um efeito repulsivo e possibilitou ao cientista obter um resultado estático para o Universo (SOARES, 2012).

Após o trabalho de Einstein surgiram novas proposições de Universo. Friedmann e Lemaître formularam modelos alternativos ao de Einstein, porém também baseados na TRG, modelos estes que por sua vez já apresentavam um Universo em expansão. Estes pesquisadores

diziam que “a luz emitida por qualquer galáxia chega a um observador em uma galáxia distante desviada para o vermelho, em outras palavras, com um comprimento de onda maior do que o comprimento de onda de emissão” (SOARES, 2012, p. 2), o que de fato Einstein não previu em seu modelo pelo fato deste ser estático. No entanto, fatores como o fato dele representar um universo totalmente destituído de matéria e radiação, onde as galáxias são entendidas como corpos de prova mergulhadas no espaço-tempo em expansão, foi fazendo com que este último modelo fosse perdendo a credibilidade.

Tanto a Teoria da Relatividade de Geral de Einstein, como o fato da descoberta do fenômeno de Expansão do Universo, visto a seguir, revolucionaram o pensamento Cosmológico do século XX.

#### 4.3.2 A Expansão do Universo

Pouco depois das contribuições feitas por Einstein, Edwin Hubble trouxe resultados de suas observações ópticas realizadas no telescópio de Monte Wilson, que acabara de ser inaugurado.

Inicialmente, Hubble provou, medindo as estrelas individuais, que a galáxia de Andrômeda era um sistema estelar como tantos outros, inclusive parecido com a Via Láctea, com relação as suas dimensões, mostrando que esta não é a única no Universo. O que fez com que fosse instituída de vez a Astronomia Extragaláctica, mostrando que Kant estava certo quando se referiu, as nebulosas observadas na época, com o termo de *universos-ilhas* (SOUZA, 2004). No entanto, esta não foi a maior descoberta do astrônomo, Hubble utilizou-se de dados obtidos por Slipher anos antes, além de resultados de observações feitas por ele mesmo para mostrar que as galáxias estavam se afastando com velocidades proporcionais à sua distância, o que implica dizer que quanto mais distante estava a galáxia, maior será sua velocidade de afastamento. Na subseção a seguir esta relação será melhor discutida.

##### 4.3.2.1 O desvio para o vermelho (o redshift)

Quando uma fonte sonora se aproxima ou se afasta de um observador é possível notar uma variação em sua frequência (MORAIS, 2009). Quando esta fonte é aproximada, o

observador percebe um som mais agudo, isto é, uma maior frequência. Já quando a fonte é afastada, acontece exatamente o contrário, ou seja, o observador nota uma menor frequência. A este efeito se o nome de Efeito Doppler, e isto não ocorre somente com fenômenos sonoros, mas também com ondas eletromagnéticas.

Analisando objetos celestiais é possível que suas velocidades, com relação ao observador, possam ser medida pelo deslocamento das linhas espectrais, experimento realizado Edwin Hubble. Na equação a seguir, este desvio é simbolizado por  $z$ . Tomando como  $c$  a velocidade da luz no vácuo, tem-se,

$$z = \frac{\lambda_0 - \lambda_e}{\lambda_e}$$

Diante disto, se a fonte se afasta com  $v > 0$ ,  $z > 0$ , as linhas serão desviadas para o vermelho, o conhecido *redshift*, no entanto, se ela se aproxima e  $v < 0$ ,  $z < 0$ , resultará, então, em um desvio para o azul (*blueshift*).

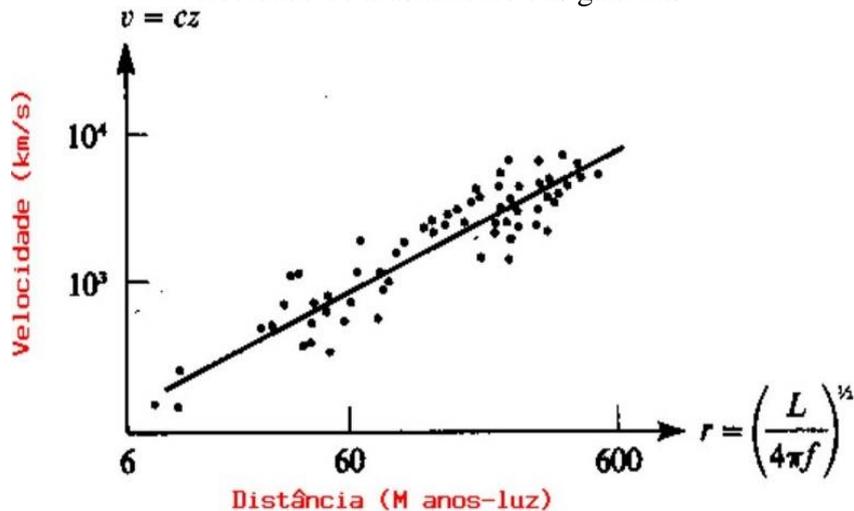
Para Morais (2009), ao observar o espectro integrado de uma galáxia, o que se vê é o espectro da luz de inúmeras estrelas. O autor diz, ainda, que:

Há um desvio nas suas linhas devido ao movimento próprio das estrelas da galáxia e também devido ao movimento próprio da galáxia em si, movimento este devido à interação gravitacional com as galáxias vizinhas. Este movimento leva a galáxia em questão a se aproximar ou se afastar de nós, de modo que esperamos ver um desvio nas linhas devido a este movimento (MORAIS, 2009, p. 125).

Este movimento das galáxias, que pertencem ao Grupo Local, é chamado de movimento peculiar. No entanto, Hubble descobriu que as galáxias mais distantes estão se afastando com um deslocamento para o vermelho e, como citado anteriormente, este afastamento aumenta de acordo com a distância. Hubble observou também que a galáxia Andrômeda tem o deslocamento para o azul, *blueshift*, ou seja, que ela está se aproximando e um dia pode vir a colapsar com a Via Láctea. Estes dados são obtidos através da observação do brilho aparente e os períodos de pulsação de estrelas Cefeidas nessas galáxias. O trabalho de Hubble, juntamente

com seu ajudante Milton Humason, que trabalhavam em Monte Wilson usando um telescópio de 2,50 m, foram plotados em um gráfico de velocidade em função da distância. Com isto, os cientistas observaram que os pontos se distribuía ao longo de uma linha reta, como mostra a figura abaixo.

**Figura 3** – Resultados obtidos através das observações de Edwin Hubble ao medir a velocidade de afastamento das galáxias.



**Fonte:** SARAIVA, M. F. O. A expansão do universo: A Lei de Hubble. 2010.

Para um *redshift* não relativístico, deve-se assumir uma equação em que os termos sejam:

$$z \approx \frac{d}{c\tau_0} + \frac{v_{pec}}{c}$$

Considerando que  $\tau_0$  e  $c\tau_0$  são o tempo e a distância de Hubble, respectivamente, lembrando também que  $d$  é a distância da galáxia e  $v_{pec}$  é a velocidade peculiar na linha de visada. O desvio para o vermelho cosmológico, ou *redshift* cosmológico, é dado pelo primeiro membro,  $\frac{d}{c\tau_0}$ . Como destaca Morais (2009), quando se trata de galáxias distantes a velocidade pode ser desprezada, com isso, a velocidade com que as galáxias se afastam uma das outras para  $v \ll c$  é dada por,

$$v \approx zc \approx \frac{d}{\tau_0} = H_0 d$$

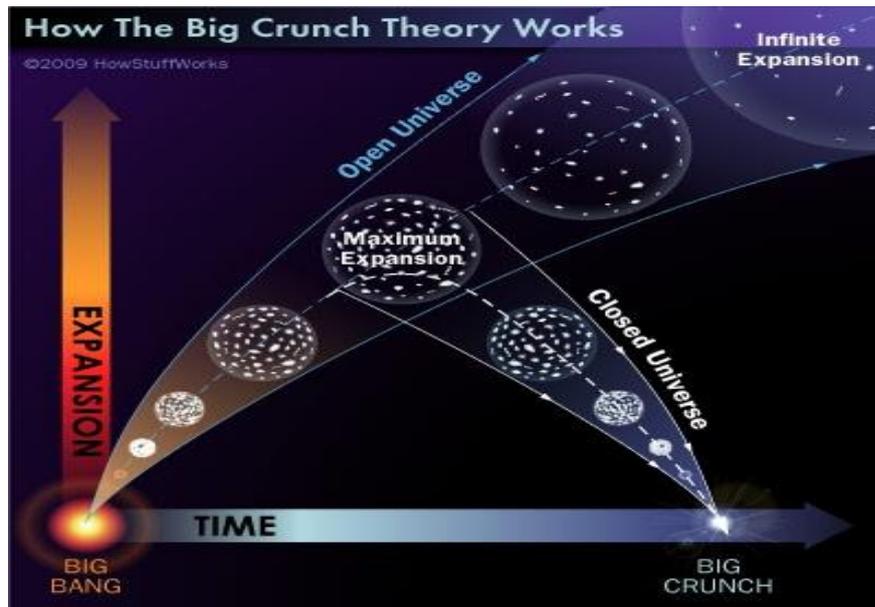
Uma vez que  $H_0 = \tau_0^{-1}$  é a constante de Hubble. Lembrando que esta relação é válida apenas para pequenos desvios para o vermelho ou pequenas distâncias.

Uma analogia é bastante utilizada para se explicar a questão da expansão do Universo: imagine a superfície de uma bexiga, utilizadas em festas de aniversário, como um universo bidimensional. Sobre a sua superfície poderia ser desenhada galáxias bidimensionais de diversos tamanhos e distâncias uma das outras, se alguém soprar na bexiga de tal forma que ela se expanda, poderá observar que as galáxias próximas se afastam lentamente, e as galáxias distantes, por sua vez, se afastam rapidamente do observador, esta é a Lei de Hubble (STEINER, 2006).

Mesmo após a descoberta, e as comprovações feitas por Hubble, da expansão do Universo, a maioria dos pesquisadores ainda acreditavam e defendiam a Teoria do Estado Estacionário. Exatamente pelo fato de ter acreditado tanto neste modelo a ponto de introduzir a constante cosmológica em suas equações de campo para se obter um Universo estático, Einstein disse ter cometido o maior erro de sua vida.

Após ter sido aceita a ideia do *Big Bang*, começaram a surgir vários pensamentos de como será o fim do Universo. Existe a visão de que da mesma forma como tudo começou irá terminar, ou seja, como no *Big Bang* aconteceu uma expansão, partindo de um ponto primordial, chegará ao ponto em que o Universo começará a se contrair, devido a atração gravitacional, até entrar em colapso com ele mesmo, voltando, assim, ao ponto de partida. Esta é a chamada teoria do *Big Crunch*, está sob a visão de um Universo fechado. Outra teoria envolve um Universo aberto. Nesta diz-se que ele irá se expandir infinitamente, sendo uma das mais aceitas. Pesquisadores do Laboratório de Berkeley publicaram um estudo em que diz que o Universo é infinito no espaço e no tempo e, conseqüentemente, assim irá se expandir. A figura abaixo a que mostra um resumo destas visões de Universo, a ideia do *Big Crunch* e uma visão de que o Universo se expandirá infinitamente.

**Figura 4** – Visões de Universo aberto (onde ele se expandirá infinitamente) e fechado (*Big Crunch*).



**Fonte:** <http://migre.me/tL97f>. Acessado em: 9 de maio de 2016.

Apesar de estudos tentarem encontrar um fim para o Universo, ainda não se tem uma teoria tão bem aceita como para o início, o *Big Bang*.

#### 4.3.3 O Big Bang

De acordo com a analogia descrita na seção anterior, suponha que ao invés de uma bexiga em expansão, ela estivesse se esvaziando, em contração, o que o observador diria é que todas as galáxias se aproximam uma das outras, causando assim, um efeito contrário ao da Lei de Hubble (STEINER, 2006). Esta lei mostra que o Universo está realmente em expansão. O que implica dizer que no futuro ele será maior do que é agora e no passado foi menor do que ele é hoje. E quanto mais for voltado no passado mais pode ser visto um Universo menor, tão menor que seria possível imaginá-lo reduzido a um ponto. É, exatamente, a esse ponto inicial que está contida a ideia de que o universo surgiu de uma expansão no passado, a qual foi chamada de *Big Bang*. Estudos indicam que isto ocorreu a aproximadamente 13,7 bilhões de anos, com uma margem de 0,2 bilhões de anos para mais ou para menos.

Como destaca Souza (2004), o nome desta teoria pode levar muitas pessoas a uma ideia errônea ao comparar o *Big Bang* a uma explosão, uma vez que numa explosão ocorre uma

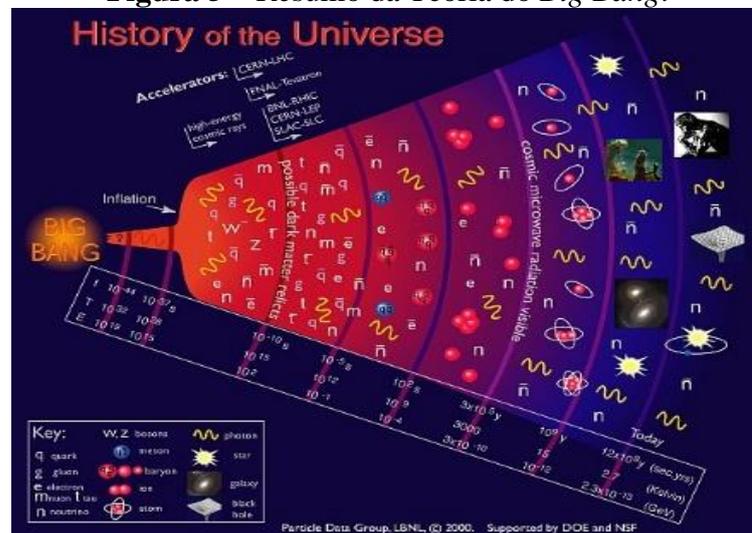
expansão súbita de um fluido contido em um espaço que já deveria existir. O que não foi o caso do *Big Bang*, pois sua expansão além de afetar a matéria, afetou a estrutura do espaço-tempo.

Poderia ser citado aqui vários nomes que contribuíram de maneira bastante significativa para a idealização desta teoria, porém apenas alguns chegaram mais perto de alcançar os resultados obtidos hoje. Pode ser dito então, que a primeira pessoa a formular um conceito de Teoria do *Big Bang* foi o belga Georges Lemaître. Seus trabalhos mostraram que a TRG de Albert Einstein era compatível com a recessão das galáxias (STEINER, 2006).

Segundo Oliveira Filho e Saraiva (2004), o belga imaginou que toda a matéria existente estava concentrada em um único átomo, o qual ele chamou de primordial, e então este átomo se desintegrou em inúmeros pedaços, que se fragmentaria cada vez mais, até enfim formar os átomos presentes no Universo. Porém, este não seria considerado correto, pois em primeira instância ele não estava alinhado com as leis relativísticas e com a estrutura da matéria, todavia, este modelou foi sendo reformulado por outros estudiosos.

A figura 8 mostra o que os estudos apontam sobre o início do Universo:

**Figura 5** – Resumo da Teoria do *Big Bang*.



**Fonte:** [http://www.portaldoastronomo.org/tema\\_pag.php?id=21&pag=1](http://www.portaldoastronomo.org/tema_pag.php?id=21&pag=1). Acessado em 9 de maio de 2016.

De acordo com Souza (2004), o *Big Bang* teria sido previsto por Einstein, através da teoria de gravitação. No entanto, esta teoria só veio a receber uma confirmação com a descoberta da radiação do fundo de micro-ondas em 1964. Este fundo de radiação teria sido previsto anteriormente por George Gamow, juntamente com outros pesquisadores, quando eles estavam tentando entender a formação do átomo de Hélio. Para Gamow os núcleos deveriam

ter se formado no que ele chamou de fornalha primordial, este processo se daria gradativamente desde nêutrons livres até àqueles mais pesados, até que se esgotasse o suprimento de nêutrons.

Gamow, juntamente com sua equipe, percebeu que,

...graças ao equilíbrio térmico, a radiação que permeava o meio primordial deveria manter o espectro de corpo negro mesmo ao esfriar posteriormente. Mais ainda, eles podiam estimar como a expansão teria atenuado a frequência de radiação e reduzido a sua temperatura inicial. Assim, utilizaram as estimativas de densidade de matéria existentes à época para prever que o fundo de radiação deveria ter atualmente uma temperatura aproximada de 5 K (SOUZA, 2004, p. 130).

Apesar do esforço dos pesquisadores, seus resultados não foram satisfatórios, pois a teoria era falha em prever a formação além do pico de Hélio. Outro problema dizia respeito a idade do Universo, pois as estimativas da constante de Hubble mostravam, na época, que o Universo deveria ter pouco mais de 2 bilhões de anos, no entanto, medidas realizadas através de rochas terrestres indicavam que o Universo teria quase 4 bilhões de anos. Estas evidências levaram a ideia do modelo cosmológico de Gamow como errônea (SOUZA, 2004).

A teoria que estava em constante conflito com a de Gamow, era a teoria de estado estacionário, proposta por Fred Hoyle. Com este pensamento, o Universo seria eterno e como a expansão já não podia mais ser contestada, para Hoyle e seus colaboradores matéria “brotaria” continuamente entre o espaço para que assim pudesse compensar a expansão, desaparecendo então o problema sobre a idade do Universo, destaca Souza (2004).

Estas duas teorias viviam sendo conflitadas constantemente, foi então que Hoyle, para tentar menosprezar a teoria de Gamow, estabeleceu o termo *Big Bang*, nome que até hoje é conhecida essa teoria. Somente alguns anos depois, a detecção do fundo de micro-ondas impossibilitou a teoria de estado estacionário, uma vez que esta não previa a presença de fundo de radiação que permanecesse por todo o espaço, além disso a teoria dizia que as galáxias eram todas idênticas. Estes fatos fizeram com que essa teoria fosse arquivada definitivamente (SOUZA, 2004).

#### 4.3.4 Radiação Cósmica de Fundo

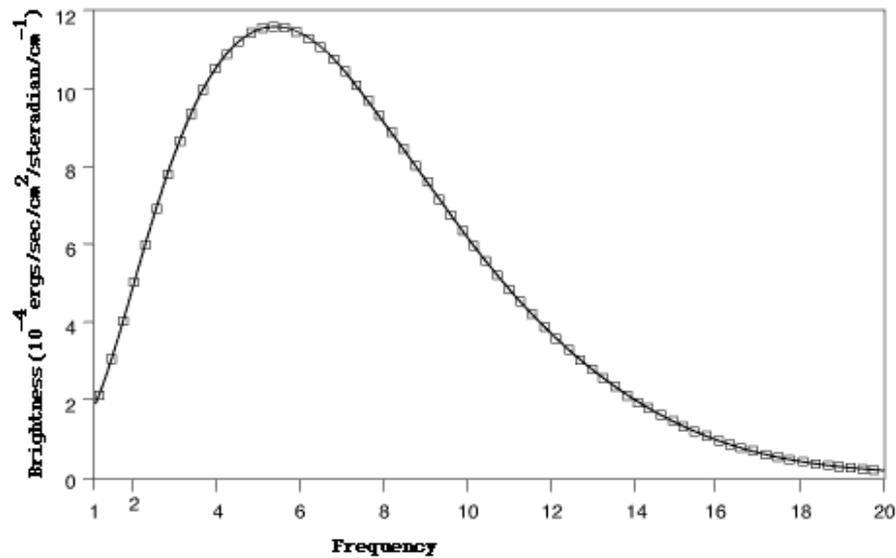
Dois cientistas, Arno Penzias e Robert Wilson, construíram um radiômetro, com o qual pretendiam fazer experimentações no ramo da radioastronomia e ainda em comunicações via satélite, no entanto, ao realizar seus experimentos eles observaram que os detectores variavam excessivamente suas temperaturas. Penzias e Wilson, por sua vez, não conseguiam explicar de onde poderiam vir estes ruídos térmicos. Após inúmeros testes, foi que os cientistas determinaram que este ruído era exatamente a radiação de fundo que havia sido sugerida por George Gamov, Ralph Alpher, Robert Herman e Dicke em 1948 (MARQUES, 2012). Esta detecção resultou no prêmio Nobel de 1978 para Arno Penzias e Robert Wilson.

Com isto, um dos temas que mais se discute está ligado ao fundo de micro-ondas, pois acredita-se que esta radiação é a melhor evidência que se tem, até então, para a comprovação do modelo do *Big Bang*. Observou-se que a radiação cósmica de fundo, ou *Cosmic Microwave Background Radiation* (CMB), possui uma elevada isotropia e homogeneidade, as quais indicam uma origem cosmológica que remota a um passado distante, onde o fator de escala era bem menor e ao mesmo tempo a densidade era extremamente maior (SOUZA, 2004).

A CMB refere-se à um tipo de radiação eletromagnética, que deixou de interagir com o Universo após o período de desacoplamento. Com a expansão violenta a que este meio estava sendo submetido houve o resfriamento, fazendo com que os fótons perdessem energia, passando então, após um determinado momento, a não ter mais energia o suficiente para ionizar átomos de hidrogênio, os quais são mais abundantes na natureza (DINIZ E HOLANDA, 2014). Isto resulta na transparência da matéria com relação aos fótons, que diante disto deixaram de ser espalhados, passando, então, a viajar livremente. Ao medir a radiação cósmica de fundo pode ser verificado “que o seu espectro de energia em função de sua frequência coincide com o espectro de um corpo negro, portanto, pode-se associar à radiação cósmica de fundo uma temperatura” (DINIZ E HOLANDA, 2014, p. 2), uma vez que pode-se compará-lo a um grande corpo negro; até o momento mede-se esta radiação na faixa de aproximadamente  $2.725 \pm 0.001$  K.

A figura 9 mostra o espectro das micro-ondas da radiação de fundo.

**Figura 6** – Espectro do fundo de micro-ondas medido pelo satélite Cosmic Background Explorer (COBE).



**Fonte:** SOUZA, R. E. Introdução à Cosmologia, p. 134, 2004.

É percebido, através do gráfico mostrado na figura 9, que o espectro que o satélite COBE mediu é perfeitamente descrito pela curva de um corpo negro, tanto que não se consegue perceber desvio algum.

Considera-se uma elevada isotropia pelo fato das medidas realizadas terem resultado exatamente no mesmo espectro de energia, em várias direções diferentes do céu. Com isto pode-se comprovar o princípio cosmológico, uma vez que este assegura que no Universo não existe um local privilegiado, ou seja, ele apresenta as mesmas propriedades independentemente da posição em que se esteja ou da direção para a qual se olhe (DINIZ E HOLANDA, 2014). Vale ressaltar que isto é válido apenas em grandes escalas, pois em escalas menores que em alguns megaparsecs ela se torna falsa, o que foi chamado de anisotropias, o que leva a gerar também uma inomogeneidade na distribuição de matéria.

A partir de então começou-se a investir em pesquisas e desenvolvimento para que fossem feitas medições da referida radiação, e isto resultou em avanços significativos em satélites receptores, como o COBE, desenvolvido pela agência espacial americana *National Aeronautics and Space Administration* (NASA). O COBE determinou que a radiação de fundo seria uma estrutura fóssil resultante do Big Bang (MARQUES, 2012). Este, então, seria mais um dos fatores contribuintes para a comprovação da Teoria do *Big Bang*. A descoberta e comprovação dessa radiação praticamente aniquilou a teoria do estado estacionário.

#### 4.3.5 Inflação

Desde o final dos anos 70 ao início da década de 80 a Cosmologia se desenvolveu de maneira bastante expressiva. Em 1979, o físico americano Alan Guth tentando encontrar soluções para problemas na Cosmologia, como os problemas da planaridade e do horizonte, ambos no *Big Bang*, acabou por observar algo que veio a contribuir teoricamente para esta área, o fenômeno observado foi exatamente um cenário inflacionário, no entanto, o modelo proposto pelo físico ainda não era totalmente satisfatório. Com isto outros cientistas foram propondo padrões para o cenário inflacionário, entre eles estavam Andrei D. Linde e Paul J. Steinhardt (WAGA, 2005).

Cientistas do ramo da Física de Partículas estudam a possibilidade de unificar as três forças não-gravitacionais do Universo em uma só força, chamando-as de teorias da grande unificação (TGU), sendo que em baixas temperaturas estas forças seriam separadas da maneira como são conhecidas – força eletromagnética, forte ou fraca. No entanto, prevê-se que em níveis altíssimos de energia a TGU torna as três forças indistinguíveis, como por exemplo a temperaturas maiores que  $10^{28}$  K (SOUZA, 2004). Esta ideia ainda persistiu, principalmente, quando cientistas constataram que a TGU poderia ter uma grande consequência se aplicada aos instantes iniciais do Universo, pelo fato de antes e até mesmo segundos após a expansão a matéria concentrada estar muito densa, muito quente.

Para Souza (2004) instantes após o início do *Big Bang*, as temperaturas caem abaixo de  $10^{28}$  K e as forças básicas da natureza tornam a seus estados normais, separadamente: o Universo, por um período de tempo muito curto, entra em um estado instável, obtendo neste momento uma alta densidade de energia, conhecido pelos físicos por *falso vácuo*. Mesmo após alguns segundos do *Big Bang* o Universo continuava unificado, há aproximadamente  $10^{-34}$  s, e neste curto período de tempo, o espaço vazio obteve uma enorme pressão, esta por alguns instantes foi maior que a gravidade, fazendo com que a expansão do Universo acelerasse exponencialmente a uma taxa extraordinariamente alta, com isso o Universo expandiu-se de maneira súbita e de um fator gigantesco.

A equação ( $\tau_0$ ) a expressão que determina o tempo em que ocorre este fenômeno:

$$\tau_i = H_i^{-1} = \sqrt{\frac{3c^2}{8\pi G \varepsilon_{fv}}} \cong 10^{-34} \text{ s}$$

Onde  $\tau_i$  é o instante, estimado, em que ocorreu esta expansão súbita. No entanto, a pressão continuou constante à medida que o cosmos expandiu, e a aceleração aumentou mais e mais com o tempo. A este período de grande expansão cósmica foi dado o nome de *Inflação* (WAGA, 2005). Estima-se, ainda, que esta fase inflacionária teve uma duração de  $10^{-32}$  s.

Este modelo inflacionário ainda apresenta alguns problemas em sua formulação, e não se tem um concreto que não apresente problemas. Atualmente, os modelos existentes, em sua maioria, utilizam-se de um campo escalar, no qual a função é simplesmente gerar a inflação (WAGA, 2005). Acredita-se que futuramente a Física, com o seu desenvolver, possa encontrar e explicar um cenário inflacionário satisfatório e bem motivado.

#### 4.3.6 Questões Atuais: Matéria e Energia Escura

Na década de 1930 cogitou-se pela primeira vez que a matéria observada no Universo não condizia, em quantidade, com a mesma existente nele. Ao longo de pesquisas realizadas descobriu-se que toda a matéria observada compõe apenas cerca de 5% de toda a matéria do Universo, os outros 95% são constituídos por duas componentes que, até o momento não se sabe sobre sua composição.

Nas palavras de Quartin, 2008, p. 23:

...uma é caracterizada por se comportar de maneira semelhante à matéria convencional, bariônica (pressão desprezível frente à sua densidade de energia), porém sem interagir diretamente com esta ou tampouco com fótons, sendo efetivamente invisível aos nossos telescópios em quaisquer frequências. Por tanto a denominamos Matéria Escura (ME). A outra se diferencia por apresentar pressão negativa, de valor não distante do negativo de sua densidade de energia, e recebe o rótulo (igualmente criativo) de Energia Escura (EE).

Desde a descoberta de suas existências, pesquisadores teóricos e experimentais buscam ferrenhamente por explicar as propriedades da ME e da EE, no entanto, sem sucesso até então.

#### 4.3.6.1 Matéria escura

Na década de 1930, ao medir a massa média das galáxias do aglomerado de Coma, através da equação

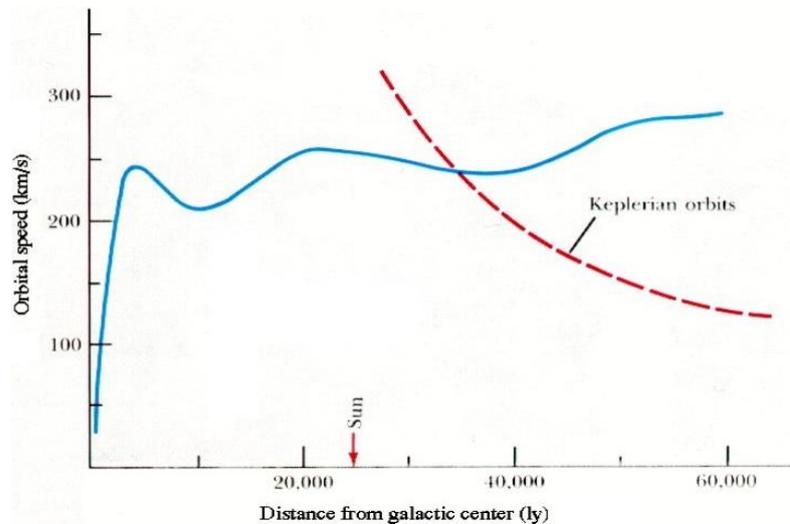
$$M = \frac{v_m^2 R_m}{G}$$

O astrônomo Fritz Zwicky (1898-1974) estimou que esta massa era muito maior do que se fossem medidas uma a uma. Logo em seguida, o astrônomo determinou também que a velocidade de rotação das galáxias era muito maior do que deveriam ser e calculou, ainda, que a massa do aglomerado deveria ser, de aproximadamente, dez vezes maior do que a massa da matéria visível nele, ou seja, da massa em estrelas e gás que estejam inseridas nas galáxias. Não sabendo do que é composta essa matéria, sendo que só é possível estimá-la através da força gravitacional que ela exerce sobre os demais corpos celestes perceptíveis, Zwicky chamou-a de matéria escura (SOUZA, 2014), uma matéria não bariônica, que em sua maior parte não emite luz. Alguns cientistas, inclusive, desacreditaram das evidências do astrônomo suíço.

As velocidades de rotação das galáxias não coincidirem com a prevista por Newton foi o fato que mais intrigou e levou os cientistas a pesquisarem sobre o que poderia causar esta velocidade que excedia a proporção de matéria bariônica nelas observadas.

Os astrônomos passaram a estudar galáxias espirais, como a Via Láctea. O previsto era que se a maior quantidade de massa da galáxia está concentrada na região central, então o correto seria dizer que ao se afastar do centro dela a velocidade de rotação diminuiria, uma vez que a força gravitacional cai com o quadrado da distância (ver figura 10).

**Figura 7** – Velocidade de rotação da Via Láctea.



**Fonte:** STEINER, João E. Astronomia: Uma Visão Geral II - Aula 14 - Matéria Escura. Univesp TV, Slide 4, 2013.

A curva tracejada em vermelho, mostrada na figura 10, representa o que deveria acontecer ao se afastar do centro da Via Láctea. No entanto, o que indicam as observações é que a velocidade de rotação aumenta para distâncias muito grande, ao invés de decair, como o esperado, como se comporta a curva em azul (STEINER, 2013). Isto levou os astrônomos inferirem que existe um halo de massa, não bariônica, que faz com que esta velocidade aumente.

Diante disto, outros astrônomos resolveram estudar mais galáxias espirais, afim de conferir se isto aconteciam em mais galáxias. Vera Cooper Rubin, por exemplo, se destacou grandiosamente, ao exibir o resultado de observação de 108 galáxias, em 1981, e obteve êxito mostrando que todas as galáxias espirais observadas têm uma velocidade de rotação maior que o esperado (CHAVES, 2011).

No início da descoberta, diversos astrônomos passaram a achar que a lei de gravitação de Newton precisaria de alguma correção, valendo como ela é apenas para o Sistema Solar e que para dimensões maiores precisava de um ajuste, por isto encontrava-se discrepâncias na quantidade de matéria (FRÓES, 2014). Com isso resolveram o problema das curvas de rotação nas galáxias e, ainda deram uma descrição relativística para o fato da ME. No entanto, tiveram falhas em ajustar dados observacionais importantes, como o fato de descrever eventos observacionais que já haviam sido comprovados, como no *Bullet Cluster* (Aglomerado da Bala).

O Aglomerado da Bala, mostrado na figura 11, trata-se de dois aglomerados de galáxias que colidiram no passado. Uma vez que as imagens em luz visível mostram as galáxias se distanciando novamente, juntamente com a matéria escura, após a colisão, sendo que o gás

quente, nesta colisão, foi separado das galáxias e conseqüentemente da matéria escura, isto aconteceu devido à turbulência, uma vez que o gás perdeu muita energia na forma de radiação eletromagnética, o que fez com que fosse reduzida sua velocidade e ele não pode acompanhar as galáxias (STEINER, 2013).

**Figura 8** – Emissão de Raios-X do aglomerado da bala, a 4 bilhões de anos luz. Colisão de dois aglomerados em que um sub-aglomerado (Temperatura = 70 milhões de Kelvin) cruzou o principal (Temperatura = 100 milhões de Kelvin) com velocidade de 3.000 km/s, ou seja, 1% da velocidade da luz.



**Fonte:** STEINER, João E. Astronomia: Uma Visão Geral II - Aula 14 - Matéria Escura. Univesp TV, Slide 10, 2013.

Diante das falhas ao tentar “corrigir” a gravitação newtoniana os cientistas perceberam que realmente estava faltando massa, chamando então de *missing mass* – termo em inglês para massa faltante. Sendo que o nome que prevaleceu foi o de matéria escura.

Ao imaginar que a ME seja composta de partículas de grande velocidade, como os neutrinos, com uma massa de repouso da ordem de 30 eV, levaria a dizer que esta matéria seria uma *matéria escura quente*, no entanto, se assim fosse, o Universo não teria formado as estruturas observadas hoje. O que pode-se concluir que o Universo é feito de *matéria escura fria*, ou seja, a velocidade das partículas são muitos menores que a velocidade da luz (SOUZA, 2004).

#### 4.3.6.2 Energia escura

Este é um tema bastante importante para a Ciência, seu conceito foi introduzido por volta de 1998. Para Steiner (2013), a ideia de EE vem da necessidade que os astrônomos sentiram em medir a curvatura do Universo.

Considerando uma galáxia de massa  $m$  movendo-se com velocidade  $v$ , a uma distância  $r$  de um sistema de coordenadas qualquer, em um sistema de massa total  $M$  contida no volume de raio  $r$ , a energia total do sistema, na ausência de cargas elétricas, é a soma da energia cinética com a energia potencial gravitacional, ou seja:

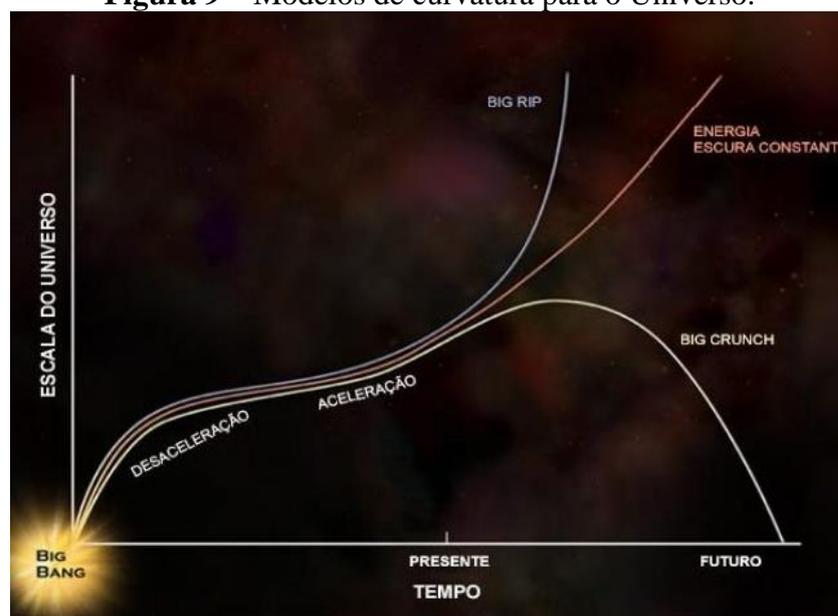
$$E = \frac{1}{2} m v^2 - \frac{G M m}{r}$$

A partir do resultado do valor desta energia, será determinado se o Universo é aberto, plano ou fechado. Tem-se que:

- $E > 0$ , Universo Aberto;
- $E = 0$ , Universo Plano;
- $E < 0$ , Universo Fechado.

A figura 12 mostra um gráfico com os modelos de curvatura para o Universo.

**Figura 9** – Modelos de curvatura para o Universo.



**Fonte:** SOUZA, Jaidson Paulino. *Materia e Energia Escura uma projeção do fim*. Juazeiro, Bahia, 2014.

O caso de um Universo fechado se dá quando a densidade é muito alta, ou seja, maior que a densidade crítica; já no Universo plano a densidade é igual a densidade crítica, ou seja, a matéria desacelera a expansão do Universo e à medida que o tempo vai para o infinito a velocidade tende a zero e quando o Universo desacelera, no entanto, a velocidade se mantém sempre positiva tem-se um Universo aberto (STEINER, 2013). Foi então quando surgiu a necessidade de encontrar um objeto no Universo em que pudesse ser medida sua luminosidade e que independentemente da posição esta luminosidade fosse a mesma. Descobriu-se então que este objeto seriam as supernovas do tipo Ia, pois elas possuem curvas de brilhos muito semelhantes, o que faz com que seja ideal para este estudo, que juntamente com Radiação Cósmica de Fundo em Micro-ondas, atualmente, indicam que o Universo é aproximadamente chato.

Os dados obtidos através das observações destas supernovas do tipo Ia, indicam que o Universo está realmente em expansão e que esta é uma expansão acelerada. Para Steiner (2013), é como se o que houvesse no Universo não fosse uma gravidade, mas sim uma repulsão, ou seja, uma grande pressão que faz com que as galáxias se afastem umas das outras, como se fosse uma energia correspondente ao espaço e de acordo com que o espaço se expande esta energia vai aumentando e com ela o Universo vai acelerando, e a esta energia deu-se o nome de Energia Escura.

## 5 METODOLOGIA

Cosmologia é um tema bastante atual que envolve fatores intrigantes que despertam a curiosidade de muita gente, e, como foi visto no capítulo anterior, ainda tem inúmeras questões a serem resolvidas a respeito de seus temas. Este foi um dos motivos para ser feita a escolha nesta área. Diante dos equívocos cometidos por alunos, e até mesmo alguns professores foi feita uma investigação na área, delimitando então juntamente com o professor orientador, através do método hipotético-dedutivo, o objeto de estudo desta dissertação acerca da teoria do *Big Bang*, pois foi percebido que existem concepções alternativas relacionadas a este tema. A partir disto, foram traçadas então algumas diretrizes para que se pudesse analisar, testar e comprovar, ao fim deste trabalho, os problemas ligados ao objeto de estudo.

Para Marconi e Lakatos (2013) ao realizar qualquer pesquisa há a necessidade de fazer um levantamento de dados de diferentes fontes, independentemente do método utilizado, pois é nesta fase que o investigador recolhe informações prévias a respeito do seu campo de investigação. Sabe-se ainda que, “o levantamento de dados, primeiro passo de qualquer pesquisa científica, é feito de duas maneiras: pesquisa documental (ou de fontes primárias) e pesquisa bibliográfica (ou de fontes secundárias)” (MARCONI E LAKATOS, 2013, p. 48).

Inicialmente fez-se uma revisão bibliográfica para coletar dados das últimas publicações na área, buscando artigos, dissertações e teses que sirvam de base para este trabalho. Em seguida foi feita uma pesquisa documental, através das componentes curriculares dos cursos de Licenciatura em Física do IFCE, a fim de saber se tinha alguma disciplina de Cosmologia inserida no currículo, ou mesmo se seria abordado temas relacionados ao objeto de estudo em outras disciplinas. Buscou-se saber ainda se, e como, era feita a divulgação da Astronomia e da Cosmologia pela instituição, em cada um dos *campi* já citados neste trabalho.

Após o procedimento descrito acima, foi realizada uma pesquisa investigativa, através de um questionário de caráter qualitativo, com os alunos do curso de Licenciatura em Física do IFCE do *Campus* de Fortaleza e *Campus* Tianguá.

A escolha dos alunos que selecionados para responder o questionário foi feita de forma aleatória e o mesmo foi aplicado aos alunos do oitavo semestre do *campus* Tianguá e do sétimo semestre do *campus* Fortaleza, ambos no curso de Licenciatura em Física.

Foi feito o questionário, onde mais de 70% das questões forma elaboradas pelo autor da pesquisa, questões estas sobre a Teoria do *Big Bang*, com perguntas subjetivas. O intuito de tal

questionário foi saber quais são realmente as concepções apresentadas pelos alunos. O mesmo foi aplicado, em etapa única, primeiro no *campus* Fortaleza e em seguida no *campus* Tianguá.

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Ao analisar as matrizes curriculares dos cursos de Licenciatura em Física, dos *campi* Fortaleza, Sobral, Tianguá, Acaraú e Crateús, pode ser percebido que na sede da instituição o curso é composto de 7 semestres, enquanto nos demais *campi* a Licenciatura em Física compreende 8 semestres letivos. No entanto, isto não quer dizer que o ensino na sede seja defasado com relação aos outros *campi*. Mas para que facilite a mudança de um aluno de um campus para outro, em caso de mudança de cidade, está tramitando na instituição um projeto para que as componentes curriculares sejam unificadas, com isso o referido curso ficará com o mesmo número de períodos letivos em todos os *campi*, e as disciplinas com as mesmas ementas. Assim como visto na fundamentação teórica, Bretones (2006), cita a importância da participação dos professores na construção do currículo escolar, resta saber se esta consulta para que os cursos tivessem componentes curriculares iguais em todos os *campi* foi feita mediante intervenção dos professores da área.

Foi observado, ainda, que não existe uma disciplina específica obrigatória em que possam ser discutidos os assuntos relacionados à Astronomia e à Cosmologia em nenhum dos *campi* da instituição. Em algumas disciplinas, já nos últimos semestres do curso, são abordadas questões ligadas à aquelas disciplinas. No entanto, o fato de não existirem específicas leva a uma defasagem no que diz respeito ao conhecimento sobre os conteúdos de Cosmologia, principalmente. E esta defasagem vem desde o ensino básico, como é citado na introdução deste trabalho, quando diz que os PCN recomendam que os alunos devem adquirir conhecimentos acerca do Universo.

Como foi relatado, o fato dos alunos já virem com uma lacuna do ensino básico com relação a estes assuntos, faz com que eles cheguem à universidade com carência nesta área de Astronomia. A maioria dos estudantes acabam por encerrar o curso de Física com as mesmas dúvidas que tinha sobre a origem do Universo, mesmo com inúmeras pesquisas mostrando a importância do conhecimento científico acerca destes assuntos de Cosmologia e de Astronomia, assim como mostra o artigo de Davis e Lineweaver (2004) publicado pela Sociedade de Astronomia da Austrália.

Ainda sobre a análise das componentes curriculares foi detectado que, até então, o *campus* de Fortaleza é o único que oferece uma disciplina de Astronomia, mesmo que de forma optativa. No entanto, pelo fato desta disciplina ser optativa, nem sempre tem alunos o suficiente

para que possa ser ofertada a disciplina, ou mesmo não tem professor disponível para lecioná-la, impedindo os alunos de solicitarem a oferta da disciplina.

Apesar dos cinco cursos de Licenciatura em Física existentes nos *campi* do IFCE, nem todos oferecem atividades relacionadas à Astronomia. Sendo que em alguns *campi*, mesmo não tendo o referido curso, realizam atividades para divulgação da Ciência e Astronomia mais especificamente, como, por exemplo, o campus de Juazeiro do Norte que não oferta o curso de Física, porém, possui um telescópio e os professores, juntamente com alguns alunos, promovem observações astronômicas.

Outro aspecto que foi possível detectar foi a divulgação feita através de grupos de Astronomia. Existentes nos *campi* Fortaleza e Sobral, o GEPAC e o CAIF – Sobral são grupos que têm suas pesquisas voltadas para a Astronomia e para a Cosmologia, onde o primeiro tem um foco mais na pesquisa e o segundo na destas áreas. Os dois promovem palestras, minicursos e eventos na área.

Portanto, em resposta ao objetivo pode-se dizer que o ensino de Astronomia e Cosmologia no IFCE é feito através de uma disciplina de Introdução a Astronomia, como mostrado na ementa, esta ainda se dá de maneira optativa. E ainda através de um método menos formal como as pesquisas e divulgações feitas pelos grupos existentes, o GEPAC e o CAIF, incluindo os eventos, palestras e cursos de curta duração. Estes dados podem confirmar a hipótese trabalhada nesta pesquisa, onde supomos que os alunos não mudam suas concepções acerca do *Big Bang* pelo fato de terem pouco contato com a Cosmologia.

## 6.1 ANÁLISE DOS QUESTIONÁRIOS

Os questionários foram aplicados em dois cursos de Licenciatura em Física do IFCE, mais especificamente na turma do sétimo semestre do campus Fortaleza e na turma do oitavo semestre do *campus* de Tianguá, totalizando 15 alunos submetidos à pesquisa. Dentre eles, nove alunos do sexo masculino e seis do sexo feminino. Os alunos não tiveram seus nomes revelados para evitar transtornos. Outra variante que foi investigada diz respeito ao semestre que cada aluno cursava, sendo então dois alunos do quinto semestre, um do sexto, seis alunos do sétimo semestre e seis alunos do oitavo semestre do curso de licenciatura em Física. Lembrando que para Fortaleza o curso tem 7 períodos letivos e Tianguá 8. Os alunos do campus

de Fortaleza foram caracterizados com a letra “F” e o número da ordem em que entregou o questionário respondido, enquanto os alunos do campus de Tianguá forma classificados com a letra “T” e também o número em que entregou o questionário após responder. Veja o perfil dos alunos no quadro abaixo, incluindo outras variáveis além das que foram citadas acima:

**Quadro 1:** Perfil detalhado dos alunos submetidos a pesquisa.

| <b>Aluno</b> | <b>Sexo</b> | <b>Semestre</b> | <b>Tempo de experiência em sala de aula</b> | <b>Participação em grupos de Astronomia ou Cosmologia</b> |
|--------------|-------------|-----------------|---|---|
| <b>F1</b>    | M           | 7°              | 2 anos                                      | Não   |
| <b>F2</b>    | M           | 7°              | ---   | Sim   |
| <b>F3</b>    | M           | 7°              | 1 ano                                       | Não   |
| <b>F4</b>    | M           | 7°              | 6 anos                                      | Não   |
| <b>F5</b>    | M           | 7°              | 2 anos (Estágio)                            | Sim   |
| <b>F6</b>    | M           | 7°              | 10 anos (Ensino Fundamental)                | Não   |
| <b>F7</b>    | M           | 6°              | ---   | Não   |
| <b>F8</b>    | M           | 5°              | 1 ano                                       | Não   |
| <b>T1</b>    | F           | 8°              | 1 ano                                       | Sim   |
| <b>T2</b>    | F           | 8°              | ---   | Não   |
| <b>T3</b>    | M           | 5°              | ---   | Não   |
| <b>T4</b>    | F           | 8°              | ---   | Não   |
| <b>T5</b>    | F           | 8°              | Estágio                                     | Não   |
| <b>T6</b>    | F           | 8°              | Estágio                                     | Sim   |
| <b>T7</b>    | F           | 8°              | PIBID                                       | Sim   |

**Fonte:** Elaborado pelo autor.

A formação dos alunos era um fator importante para a pesquisa, uma vez que precisávamos de alunos do último semestre, pois estes já teriam estudado todas as disciplinas e poderiam responder com maior precisão à pesquisa. Mas como pode ser visto isto não foi possível, pois alguns alunos de semestres anteriores acabam adiantando algumas disciplinas específicas que não necessitem de pré-requisitos.

Com relação a experiência em sala de aula, 60% dos alunos nunca lecionaram e dentre os outros 40% alguns já estiveram em sala através do estágio ou do PIBID (Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência).

Dentre os alunos que responderam ao questionário, cerca de 66% nunca fizeram parte de algum grupo de Astronomia e/ou Cosmologia, isto pode influenciar diretamente na pesquisa, uma vez que aqueles que já participaram, cerca de 44%, podem ter um conhecimento mais abrangente sobre a teoria do *Big Bang*.

O questionário aplicado foi a respeito de questões que abordam o *Big Bang*, procurando entender quais são as concepções dos alunos sobre esta teoria. Após a aplicação dos questionários, as respostas foram analisadas. Veja a seguir o percentual de respostas para cada pergunta.

**Quadro 2:** Percentual de respostas para cada pergunta do questionário.

| <b>Quantidade total de alunos: 15</b> |                                |                                |                               |
|---------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| <b>Questão</b>                        | <b>Quantidade de respostas</b> | <b>Percentual de respostas</b> | <b>Alunos que responderam</b> |
| 1                                     | 15                             | 100%                           | Todos                         |
| 2                                     | 14                             | 93,33%                         | Todos, exceto T5              |
| 3                                     | <b>5</b>                       | <b>33,33%</b>                  | Apenas F1, F5, F6, F8 e T1    |
| 4                                     | 12                             | 80%                            | Todos, exceto T2, T5 e T6     |
| 5                                     | 13                             | 86,66%                         | Todos, exceto T4 e T6         |
| 6                                     | 9                              | 60%                            | Todos, exceto F7, T2 a t6     |
| 7                                     | 13                             | 86,66%                         | Todos, exceto F3 e T3         |
| 8                                     | 9                              | 60%                            | Todos, exceto F2, T1 a T5     |
| 9                                     | 11                             | 73,33%                         | Todos, exceto F6, T2, T e T5  |

|    |   |        |                                    |
|----|---|--------|------------------------------------|
| 10 | 7 | 46,66% | Apenas F1, F2, F5, F6, F8, T6 e T7 |
|----|---|--------|------------------------------------|

Fonte: Elaborado pelo autor.

Esperava-se que todos os alunos respondessem a todas as questões, porém apenas a primeira pergunta foi respondida por 100% dos alunos investigados. Enquanto isso, as perguntas de número 3 e 10 tiveram um percentual menor que 50% de respostas.

O questionário procurou entender quais eram as concepções dos estudantes de licenciatura em Física do IFCE sobre o *Big Bang*. Para a análise das respostas foi utilizado o método de categorização de respostas, àquelas respostas igual ou muito semelhantes formavam uma categoria e assim por diante. A seguir será mostrada todas as perguntas com suas respectivas respostas.

### Primeira pergunta

#### Quadro 3: Categorias de respostas da primeira pergunta do questionário

| O que é a teoria do Big Bang e por quê ela foi chamada assim? |   |
|---|---|
| Alunos  | Categorias de Respostas   |
| F1, T2, T3, T4, T5 e T6                                       | Para eles o <i>Big Bang</i> foi uma explosão que deu origem a tudo o que se conhece, como planetas, estrelas, galáxias.                           |
| F3, F5, F6, F7, F8 e T7                                       | Referem-se ao <i>Big Bang</i> como uma teoria, mas também o definem como uma explosão decorrente da colisão de átomos que deu origem ao Universo. |
| F2 e T1   | Estes alunos falam em explosão, no entanto, colocam a palavra entre aspas, deixando subentendido o que eles quiseram dizer.                       |
| F4  | Este aluno define o <i>Big Bang</i> como uma expansão.  |

Fonte: Elaborado pelo autor.

Como relatado na fundamentação teórica desta pesquisa os alunos tem a visão de que o *Big Bang* foi uma explosão enorme. E mesmo com tantos trabalhos existentes com o intuito de mudar esta concepção, a maioria dos alunos continuam com este pensamento. O único aluno que respondeu referindo-se à expansão foi o aluno F4, ele relatou que o *Big Bang* “é a teoria de

criação do Universo, onde toda a matéria hoje existente no Universo se encontrava concentrada, e após uma grande expansão de energia o Universo foi se formulando” (Aluno F4, 2017).

### Segunda pergunta

#### Quadro 4 - Respostas dos alunos sobre os principais fatos que dão suporte a teoria do *Big Bang*.

| Quais são os principais fatos observacionais que dão suporte a teoria do <i>Big Bang</i> ? |                                    |
|--|------------------------------------|
| Alunos   | Categorias de Respostas            |
| F1, F2, F4, F5, F5, F8, T1, T6 e T7  | Expansão do Universo               |
| F3 e F6  | Radiação Cósmica de Fundo          |
| F1, F4, F7 e T1  | Matéria Escura e/ou Energia Escura |
| Nenhum aluno   | Inflação                           |

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os alunos abordados, em sua maioria, sempre ligam o *Big Bang* à expansão do Universo, por isso este fato foi o mais citado por eles, mesmo assim continuam a chama-lo de explosão. O segundo mais citado foram a matéria escura e a energia escura. No entanto, mesmo eles indicando, não conseguiram colocar de maneira detalhada porque estaria citando aquele determinado evento. Outros mencionaram, também, a radiação cósmica de fundo, já a inflação não foi reportada por nenhum aluno. O que mostra que os alunos têm pouco conhecimento sobre estes fenômenos que ajudaram a formular a teoria em questão. O aluno T2 apenas cita que são os estudos relacionados aos gases que causaram a explosão, porém não comenta que estudos são estes.

Para o aluno T4 um dos fatos observacionais seria “a presença de partículas que teriam surgido nessa explosão como neutrinos, por exemplo”.

T5 não respondeu.

Observa-se uma enorme lacuna na aprendizagem quando se tratou da pergunta de número 3, o quadro abaixo contém a terceira pergunta, pois muitos alunos deixaram de responder ela, veja a seguir a pergunta, juntamente com as categorias de respostas dos alunos.

### Terceira pergunta

**Quadro 5: Terceira questão, com a indicação dos alunos que não responderam à pergunta.**

|   |                                     |
|---|-------------------------------------|
| <b>Questão 3 – Em 1979, o físico americano Alan Guth observou o fenômeno inflacionário que veio a contribuir teoricamente para a teoria do <i>Big Bang</i>. No entanto, o modelo proposto pelo físico ainda não era totalmente satisfatório, somente anos mais tarde com contribuições de outros cientistas conseguiu-se chegar a um modelo mais concreto. O que é a Inflação e de que maneira ela contribuiu para a teoria do <i>Big Bang</i>?</b> |                                     |
| Alunos  | Categorias de Respostas             |
| T4 e T6   | Disseram não saber nada a respeito. |
| F2, F3, F4, F7, T2, T3, T5 e T7   | Não responderam nada                |

Fonte: Elaborado pelo autor.

F1 diz que a Inflação é a temperatura do Universo elevada, já o aluno F5 diz que é a expansão acelerada do Universo.

O aluno F6 colocou uma resposta satisfatória quanto ele relata que a inflação é o momento após a explosão, em que o Universo passa a expandir de forma acelerada. F8 afirma que a Inflação é a taxa de variação constante da expansão do Universo.

Para T1, a Inflação é um termo utilizado para dizer que os objetos no Universo estão se afastando um do outro, no entanto, não se tem um centro, nem limites no Universo.

É perceptível a carência dos alunos quando se trata de assuntos mais específicos, como foi perguntado na questão 3, pois esta pergunta não obteve respostas satisfatórias, uma vez que menos da metade dos alunos responderam-na, e mesmo àqueles que responderam, deixa visível que não têm um conhecimento aprofundado do conteúdo.

### Quarta pergunta

**Quadro 6: respostas dos alunos sobre a importância da Teoria do *Big Bang*.**

|   |                         |
|---|-------------------------|
| <b>Qual a importância da teoria do <i>Big Bang</i> para as pesquisas científicas?</b> |                         |
| Alunos  | Categorias de Respostas |

|                                 |   |
|---------------------------------|---|
| F1 a F6 e T7, com exceção de F5 | Responderam que que seria importante pelo fato de o <i>Big Bang</i> explicar questões como o início e o fim do Universo, assim como a forma como tudo foi criado. |
|                                 |   |
| F5, T2, T5 e T6                 | Não responderam.  |

Fonte: Elaborado pelo autor.

O aluno F2 fala da possibilidade de através da Teoria do *Big Bang* poder prever outros Universos, isso pode ser observado de acordo com seu depoimento, quando ele diz que estas pesquisas abrem um pouco “a possibilidade de descobrir de onde viemos, qual nosso destino como humanidade. Além disto abre a possibilidade de abrir outros Universos sendo criados aleatoriamente sem qualquer dependência do nosso” (ALUNO F2, 2017).

Já o aluno F7 ressalta que a teoria é importante para que se possa ter uma melhor visão e compreensão de fenômenos astronômicos, como a criação de buracos negros e ondas que se propagam no espaço.

Um comentário em destaque foi feito pelo aluno F8, onde segundo ele:

*“O Big Bang explica ou tenta dar o visual geral para a dinâmica do Universo. Talvez seja a maior contribuição, sendo que agora temos um referencial bem definido, mesmo que aproximado e relativamente falho, pois estaríamos longe de entender baseado no Big Bang a origem da explosão” (Aluno F8, 2017).*

Para este aluno, até então, o *Big Bang*, mesmo com suas falhas, se configura como a maior contribuição formulada para explicar dinâmica do Universo. No entanto, ainda persiste a concepção de *explosão*.

Para T1, uma contribuição seria a descoberta da origem da vida. T3 responde que é importante pelo fato de poder compreender os efeitos ocorridos na formação dos corpos e ainda, analisar a possibilidade de outros tipos de vida fora da Terra. T4 diz que seria importante para o progresso da ciência.

É sabido dizer que os alunos esperam que a total comprovação da referida teoria para que possam ser respondidas questões que até hoje não foi possível responder.

### Quinta pergunta

#### Quadro 7: Respostas dos alunos sobre o Universo ter uma idade.

| <b>Alguns cosmólogos chegaram a propor, no passado, que não faz sentido o Universo ter uma idade. Que comentários você faria sobre essa ideia?</b> |  |
|--|--|
| Alunos   | Categorias de Respostas                  |
| F2, F3, F4, F7, T1, T2, T5 e T7  | Faz sentido o Universo ter uma idade     |
| F1, F5, F6 e F8  | Não faz sentido o Universo ter uma idade |
| T2, T3 e T6  | Não responderam                          |

Fonte: Elaborado pelo autor.

Para aqueles que disseram não fazer sentido o Universo ter uma idade, deram como justificativa o fato de ser necessário considerar o que havia antes do *Big Bang*. Portanto, se não está comprovado como era o Universo antes de acontecer o fenômeno, não se pode atribuir uma idade a ele.

É importante salientar que alguns alunos, mesmo colocando na primeira pergunta, que o *Big Bang* foi uma explosão, quando vão se referir a essa teoria em outras questões, como esta, por exemplo, estes mesmos alunos se referem a ele como uma expansão.

### Sexta pergunta

#### Quadro 8 - respostas dos alunos sobre o afastamento das galáxias.

| <b>As galáxias distantes em Universo em expansão são vistas em redshift, enquanto num Universo em contração são vistas em blueshift. Explique o que deveria ser detectado se o Universo cessasse de expandir e começasse a contrair.</b> |   |
|--|---|
| Alunos   | Categorias de Respostas   |
| F1 e F2  | Mudaria toda a configuração do Universo, fazendo com que todos os corpos celestes se juntassem. E ainda, ocorreriam variações climáticas e que mesmo que algumas galáxias se contraíssem, outras iriam continuar se expandindo. |
| F3, F4 e F6  | O Universo voltaria a se concentrar em um único ponto como no início.   |

|                  |                  |
|------------------|------------------|
| F5, F7 E T1 a T6 | Não responderam. |
|------------------|------------------|

Fonte: Elaborado pelo autor.

Nas palavras de F6 “se parasse de expandir e começasse a se contrair elas seriam vistas em *blueshift*, várias galáxias se chocariam e talvez se condensassem em um ponto”, vale ressaltar que a palavra ‘elas’ referem-se às galáxias. Esta possível aproximação entre as galáxias pode ser identificada na fala do aluno F4, pois para ele “poderia se observar que a distância entre as galáxias e os planetas diminuiria com o passar do tempo, até chegar um momento em que toda a massa do Universo se concentraria em único ponto”.

F8 diz que os eventos seriam invertidos, fazendo com que a entropia do Universo diminua. T1 diz que as galáxias se aproximaria e que o tempo iria diminuir. E por fim, T7 responde que se o Universo se contraísse ele chegaria ao *Big Crush*, deixando assim os astros mais próximos uns dos outros.

Quando são questões que tratam da expansão do Universo os alunos mostram ter um pouco mais de conhecimento, um pouco vago ainda, mas parecem saber um pouco mais que as outras questões, isto pode ocorrer por este ser um assunto que está sempre sendo comentado por cientistas e curiosos. Apesar de não conseguirem entender a questão principal que seria reconhecer o *Big Bang* como uma expansão ao invés de uma explosão.

### Sétima pergunta

#### Quadro 9: Concepção dos alunos de qual seria o Universo mais plausível.

|  |                            |
|--|----------------------------|
| <p><b>São questionados 3 (três) modelos de Universo, sendo que um está sendo mais aceito devido testes observacionais. Sendo eles: um Universo fechado que se dá quando a densidade é muito alta, ou seja, maior que a densidade crítica; Universo plano, onde a densidade é igual a densidade crítica, ou seja, a matéria desacelera a expansão do Universo e à medida que o tempo vai para o infinito a velocidade tende a zero e um Universo aberto, onde este desacelera, no entanto, a velocidade se mantém sempre positiva. Qual seria um possível modelo mais justificável?</b></p> |                            |
| Alunos   | Resposta dada pelos alunos |
| F1, F2, F6, F7, T1, T2, T6, T7, F4, F6, T6 e T7  | Universo Aberto            |

|             |                  |
|-------------|------------------|
| F4 e F5     | Universo Fechado |
| F8, T4 e T5 | Universo Plano   |
| F3 e T3     | Não responderam  |

Fonte: Elaborado pelo autor.

A maioria dos alunos acreditam em um Universo aberto, ou seja, a energia e a matéria criadas no momento inicial da expansão não são suficientes para contê-la imediatamente. Neste modelo, mesmo o universo atingindo um tamanho infinito, ele continuará em expansão, claro ela irá diminuindo, como nos outros universos de, mas nunca cessará, ou seja, um universo aberto e infinito.

Como pode ser visto apenas dois alunos, F4 e F5, defendem a ideia de um universo fechado, ou seja, a expansão do universo eventualmente cessará, e o universo colapsará sobre si mesmo, causando o *Big Crush*, fazendo com que um novo evento de "criação" ocorra e novamente aconteça uma outra expansão, ficando neste ciclo infinitamente.

Já os alunos F8, T4 e T5 acreditam em um universo plano. Este diz que a expansão só cessará quando o universo tiver um tamanho extremamente grande. Neste caso, a geometria é plana, ou seja, ela obedece aos postulados de Euclides (século III a.C.), que são os fundamentos da geometria usual. Diz ainda que a matéria e a energia do universo são apenas suficiente para que a expansão cesse no infinito. A taxa de expansão diminui também, como no universo fechado, e vai a zero no infinito. Ou seja, o universo é plano e infinito.

Apenas dois alunos não responderam a esta questão.

### Oitava pergunta

#### Quadro 10: Concepção dos alunos sobre o que ocorreu com o Universo para que ele seja hoje dominado pela matéria.

|  |  |
|--|--|
| <b>Sabemos que o Universo hoje é dominado pela matéria. Como pode este resultado ser conciliado com a concepção de que no passado o Universo era dominado pela radiação?</b> |  |
| Alunos   | Categoria de Respostas   |
| F4 a F7  | Responderam que teria ocorrido uma transformação de energia e que a medida que a energia foi se dissipando algumas partículas perderam |

|                      |   |
|----------------------|---|
|                      | velocidade e foram se aglomerando e formando toda a matéria visível no Universo.  |
| F8                   | Toda matéria tem um comprimento de onda associado, como uma característica intrínseca da matéria, segundo estudos de <i>de Broglie</i> e <i>Stephen Hawking</i> . |
| T6                   | Para este aluno, isso aconteceu devido a estabilidade do núcleo do átomo, pois a radiação estaria ligada exclusivamente a isto.                                   |
| T7                   | Isto poderia ter relação com a expansão do Universo.  |
| F1, F2, F3 e T1 a T5 | Não responderam.  |

Fonte: Elaborado pelo autor.

Apesar de mais da metade dos alunos não terem respondido a esta questão, os poucos que responderam conseguiram dar uma resposta um pouco satisfatória. No entanto, é perceptível o quanto os alunos têm pouco conhecimento a respeito deste assunto, sendo que poderiam saber um pouco mais, ou pelo menos mais alunos saberem responder já que estão em curso de Física e nos últimos semestres.

Como está explicitado no quadro 9, os alunos F1, F2, F3, T1, T2, T3, T4 e T5 souberam ou não quiseram responder.

### Nona pergunta

#### Quadro 11: concepções dos alunos sobre matéria escura e energia escura.

| O que é matéria e energia escura? Como é possível estimá-las? |  |
|---|--|
| Alunos  | Categoria de Respostas   |
| F1 e F2   | Para estes alunos, matéria escura seria uma matéria não visível, porém que pode ser detectada. F2 ainda afirma que esta matéria seria responsável pela interação nas galáxias e que energia escura seria uma força de repulsão que causa aceleração no Universo. |
| F4  | Respondeu que energia escura é um tipo de energia que existe no Universo, mas que não se conhece suas características.   |
| F5  | Disse que estes são termos usados para explicar o movimento das estrelas mais distantes e a expansão do Universo.  |

|                         |   |
|-------------------------|---|
| F8                      | Respondeu que estas são partículas elementares com propriedades de um espelho quântico.                             |
| F7, T1, T4 e T7         | Estes seriam apenas termos teóricos sobre a composição do Universo que não podem ser observados, nem identificados. |
| F3, F6, T2, T3, T5 e T6 | Não responderam   |

Fonte: Elaborado pelo autor.

Alguns alunos conseguiram expor uma ideia do que é matéria escura, já sobre energia escura poucos souberam falar, ou mesmo deram respostas vagas, deixando subentendido de qual destes fatos estariam falando.

Este por ser um assunto um pouco mais complexo teve um número considerável de alunos que não a responderam. Mais especificamente, 6 alunos deixaram de responder.

#### Décima pergunta

#### Quadro 12: Concepções dos alunos sobre a teoria do estado estacionário e/ou outras teorias.

| <b>Você tem conhecimentos sobre a teoria do estado estacionário? Se sim, expresse aqui. Relate também alguma outra teoria alternativa que você conheça.</b> |  |
|---|--|
| Alunos  | Respostas  |
| F1  | Respondeu que a teoria do estado estacionário seria onde tudo está parado sem grandes evoluções, nem de expansão, nem de contração.  |
| F6  | Disse que esta teoria fundamenta-se num Universo estático, onde as estrelas sempre estariam imóveis por toda a eternidade.   |
| F8  | Respondeu não saber a respeito dessa teoria do estado estacionário. No entanto, citou outras, como a teoria das cordas e disse que a colisão entre buracos negros seria a mais aceita para o <i>Big Bang</i> . |
| T6  | Colocou a teoria questionada que estaria relacionada os níveis de energia.   |

Fonte: Elaborado pelo autor.

Assim como previsto no decorrer da pesquisa, através desta questão foi possível perceber como poucos alunos têm conhecimento sobre a teoria questionada e menos alunos ainda sabe sobre qualquer outra teoria, pois pouquíssimos responderam esta pergunta.

Ainda, como pode ser visto, o aluno T6 confundiu a teoria do estado estacionário aos níveis de energia.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao verificar as ementas das disciplinas da componente curricular dos cursos, constatou-se que apenas em disciplinas dos últimos semestres, como Física Contemporânea, tem assuntos que fazem menção a Cosmologia, no entanto, isto vai depender do professor, de como ele conduz a disciplina.

É fato que existem dois grupos de divulgação científica no IFCE, o GEPAC de Fortaleza e o CAIF – Sobral de Sobral, como o próprio nome já diz, no entanto, eles não conseguem suprir a necessidade de um ensino formal, mesmo que eles promovam eventos com palestras, minicursos, oficinas, mesmo que eles realizem observações noturnas ou do Sol, com pausas para explicação, mesmo com isto, o ideal seria um ensino formal, como pelo menos uma disciplina, para que os alunos do curso de Licenciatura em Física pudessem sair da universidade e ir pra o mercado de trabalho podendo esclarecer questões mais complexas para os seus alunos. Apesar da importância do trabalho que os grupos fazem, isto não o torna suficiente. E além do mais, eles não têm recursos para ficarem fazendo eventos de grande porte e trazendo palestrantes de renome sempre, todo semestre, por exemplo.

Esta pesquisa teve como objetivo, também, identificar as concepções que estes alunos têm sobre Cosmologia, mais especificamente sobre a teoria *Big Bang*. Como já citado, para isto foi aplicado um questionário investigativo e de questões subjetivas aos alunos de dois *campi* do IFCE, Fortaleza e Tianguá.

Uma concepção comum e persistente é a questão da Expansão do Universo, onde praticamente todos os alunos disseram que o *Big Bang* seria uma explosão, uma grande explosão. Alguns alunos nem mesmo soube dizer quais são as contribuições da comprovação da teoria para a comunidade científica e até mesmo para a humanidade.

Algumas questões realmente poderiam ser um pouco complexas, como questões sobre a Inflação ou sobre a Radiação Cósmica de Fundo, por exemplo. No entanto, outras perguntas simples os alunos não souberam o que dizer, não souberam responder. Alunos que não sabe o que é matéria escura ou energia escura, que confundem a teoria do estado estacionário com níveis de energia. Portanto, percebe-se o quanto esta ciência precisa ser disseminada, precisa ser estudada e ensinada.

Foram poucos os alunos que conseguiram dar respostas satisfatórias e, menos ainda, àqueles que fizeram isso em todas. Por isso deve-se reconhecer e parabenizar eles, pois diante

desta defasagem que já vem desde as séries iniciais realmente só quem se dedica e não fica apenas nas curiosidades consegue entender bem o assunto.

Conclui-se que mesmo havendo uma disciplina optativa de Astronomia no IFCE – Campus Fortaleza ainda existe uma grande lacuna nas concepções dos alunos, pois por ela ser optativa nem sempre terá alunos ou professores para a sua oferta. Uma vez que os alunos precisam deste conhecimento para adquirir uma compreensão cósmica do Universo, recomenda-se que todos os *campi* ofertem pelo menos uma disciplina de Cosmologia e Astronomia, mesmo que esta trate apenas do contexto histórico filosófico, pois é sabido que a especificidade é deixada para um curso de graduação nestas áreas.

O recomendado também seria cursos de formação continuada para aqueles professores que já saíram da universidade e estão em sala de aula, para que eles consigam adquirir estes conhecimentos e possam ensinar para seus alunos. Esta pesquisa abre um leque também para que possa ser feito um trabalho mais detalhado sobre concepções de estudantes de Licenciatura em Física, podendo acompanhá-los por um período e trabalhando estas concepções com eles em sala de aula. Além disso, discutir questões mais atuais, descobertas recentes, como a detecção das ondas gravitacionais que teve uma enorme repercussão ao final do ano de 2016.

## REFERÊNCIAS

- ARTHURY, Luiz Henrique Martins; PEDUZZI, Luiz O. Q.. A teoria do Big Bang e a natureza da Ciência. *Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia – RELEA*. São Paulo – SP. n.20, p. 59-90, 2015.
- BAZETTO, Maria Cecília Queiroga; BRETONES, Paulo Sergio. *A Cosmologia em Teses e Dissertações sobre Ensino de Astronomia no Brasil*, 2011. Disponível em < [http://www.sab-astro.org.br/wp-content/uploads/2017/04/SNEA2011\\_TCP30.pdf](http://www.sab-astro.org.br/wp-content/uploads/2017/04/SNEA2011_TCP30.pdf)>. Acessado em abril de 2017.
- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Média e Tecnológica. *Parâmetros Curriculares Nacionais: terceiro e quarto ciclos do Ensino Fundamental – ciências naturais*. Brasília: MEC/SEMTEC, 1998.
- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. *Parâmetros curriculares nacionais para o Ensino Médio: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais*. Brasília: MEC, 2002.
- BRETONES, Paulo Sergio. *A Astronomia na formação continuada de professores e o papel da racionalidade prática para o tema da Observação do Céu*. 281 p. Tese de doutorado defendida no Programa de Pós-Graduação da Universidade Estadual de Campinas, 2006
- CANALLE, João Batista Garcia; et. al. Análise do conteúdo de Astronomia de livros de Geografia de 1º grau. Universidade Estadual de Londrina – Paraná. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v. 14, n 3: p.254-263, dez.1997.
- CHAVES, Alaor. *Matéria Escura*. Departamento de Física da Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, 2011. Disponível: < <https://fisicafacil.files.wordpress.com/2011/11/matc3a9ria-escura-por-alaor-chaves-em-16-11-11.pdf>>. Acesso em 9 de maio de 2016.
- COSTA, J. R. V. *Edwin Hubble*. *Astronomia no Zênite*. Jan. 2006. Disponível em: <<http://www.zenite.nu/edwin-hubble/>>. Acesso em 25 de março de 2016.
- DAVIS, Tamara M.; LINEWEAVER, Charles H. *Expanding Confusion: Common Misconceptions of Cosmological Horizons and the Superluminal Expansion of the Universe*. University of the News South Wales, Sydney – Austrália. *Publications of the Astronomical Society of Australia*, v. 21. p. 97-109, 2004.
- DINIZ, João F.D. HOLANDA, Pedro C. *Anisotropias da radiação cósmica de fundo como um observável cosmológico*. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 36, n. 4, 4312, 2014.
- FERREIRA, M. S.; SELLES, S. E. *A produção acadêmica brasileira sobre livros didáticos em ciências: uma análise em periódicos nacionais*. In: *Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, 4, Bauru, 2003. Livro de resumos... São Paulo: ABRAPEC, 2003. 150 p. p.59.
- FRÓES, André Luís Delvas. *Astronomy, astrophysics and cosmology for the Secondary School*. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 36, n. 3, 3504, 2014.

GONZAGA, Edson Pereira; VOELZKE, Marcos Rincon. Análise das concepções astronômicas apresentadas por professores de algumas escolas estaduais. Universidade Cruzeiro do Sul, São Paulo, SP, Brasil. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 33, n. 2, 2311, 2011.

JÚNIOR, Egnaldo Pinheiro Vidal. O Ensino de Astronomia no Ensino Médio: uma proposta de oficina de apoio ao professor. Universidade Estadual do Ceará. Fortaleza – Ceará, 2010.

KOYRÉ, Alexandre. Do mundo fechado ao universo infinito. Tradução de Donaldson M. Garschagem; apresentação e revisão técnica Manoel Barros de Motta. 4. ed. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2006.

LANGHI, Rodolfo; NARDI, Roberto. Dificuldades em relação ao Ensino da Astronomia encontradas na interpretação dos discursos de professores dos anos iniciais do Ensino Fundamental. Universidade Estadual Paulista – UNESP, Bauru – São Paulo, 2004.

LANGHI, Rodolfo; NARDI, Roberto. Ensino da astronomia no Brasil: educação formal, informal, não formal e divulgação científica. Universidade Estadual Paulista, Bauru – São Paulo, Brasil. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 31, n. 4, 4402, 2009.

LANGHI, Rodolfo; NARDI, Roberto. Ensino de Astronomia: erros conceituais mais comuns Presentes em livros didáticos de Ciências. Bauru – São Paulo. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 24, n. 1: p. 87-111, abr. 2007.

MARCONI, Maria de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. Técnicas de Pesquisa: planejamento e execução de pesquisas, amostragem e técnicas de pesquisa, elaboração, análise e interpretação dos dados. 7. ed. 7. reimpr. São Paulo: Atlas, 2013.

MARQUES, Tamila. Radiação Cósmica de Fundo: Características e Atualidades. *Caderno de Física da Universidade Estadual de Feira de Santana* 10, (01 E 02): 45-52, 2012.

MORAIS, Antônio Manuel Alves. Gravitação e Cosmologia: uma introdução. Editora Livraria da Física. São Paulo, SP, 2009.

MOREIRA, M. A.; GRECA, I. M. Cambio conceptual: análisis crítico y propuestas a la luz de la teoría del aprendizaje significativo. *Ciência & Educação*, Bauru, v. 9, n. 2, p. 301-315, 2003.

MOREIRA, Marco Antônio; ATX, Ronaldo. O livro didático como veículo de ênfases curriculares no Ensino de Física. *Revista de Ensino de Física*. Vol. 8. n. 1. Jun. 1986, Rio Grande do Sul.

NARDI, Roberto; CASTIBLANCO, Olga. Didática da Física. 1.ed. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2014.

NEVES, Marcos Cesar Danhoni. A questão controversa da Cosmologia Moderna: Hubble e o infinito – parte 1. Universidade Estadual de Maringá – Paraná. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v.17, n.2 p.189-204, ago. 2000.

NUSSENZVEIG, Herch Moysés. Curso de Física Básica. 1. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1998.

OLIVEIRA FILHO, Kepler de Souza; SARAIVA, Maria de Fátima Oliveira. *Astronomia e Astrofísica*. 2ª edição – São Paulo: Editora Livraria da Física, 2004.

PAULA, A. S. P.; OLIVEIRA, H. J. Q. *Análises e propostas para o ensino de Astronomia*. Disponível em: <<http://cdcc-gwy.cdcc.sc.usp.br/cda/erros-no-brasil/index.html>> Acesso em 15 novembro 2015.

PORTO, C. M; PORTO, M. B. D. S. M. A evolução do pensamento cosmológico e o nascimento da ciência moderna. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 30, n. 4, 4601. 2008.

QUARTIN, Miguel Boavista. *Sobre desafios teóricos de modelos de energia e matéria escuras*. Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Física, do Instituto de Física, da Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, 2008. Disponível em: <<http://www.if.ufrj.br/~mqmartin/trabalhos/tese.mq.final.pdf>>. Acesso em 8 de maio de 2016.

SILVEIRA, F. L. *Uma epistemologia racional-realista e o ensino da física*. 1993. 204 p. Tese de doutorado defendida no programa de pós-graduação em Educação da PUCRS.

SKOLIMOSKI, Kellen Nascimento. *Cosmologia na teoria e na prática: possibilidades e limitações no ensino*. Instituto de Física, Instituto de Química, Instituto de Biociências, Faculdade de Educação – Programa de Interunidades em Ensino de Ciências, Universidade de São Paulo, 2014.

SOARES, Domingos. O universo estático de Einstein. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 34, n. 1, 1302, 2012.

SOUZA, Jaidson Paulino. *Matéria e Energia Escura uma projeção do fim*. Trabalho de conclusão de disciplina submetida ao curso do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – MNPEF da Universidade Federal Vale do São Francisco. Juazeiro, Bahia, 2014. Disponível em: <<http://www.univasf.edu.br/~militao.figueredo/MNPEF/fisicacomtemporanea/Monografias/Materia%20e%20Energia%20Escura%20-%20Jaidson%20Paulino.pdf>>. Acesso em 6 de maio de 2016.

SOUZA, Ronaldo Eustáquio. *Introdução à Cosmologia*. Editora da Universidade de São Paulo. São Paulo, SP, 2004.

STEINER, João E. *A origem do Universo. Estudos avançados*. v.20, nº 58 – São Paulo, SP, 2006. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ea/v20n58/20.pdf>>. Acessado em: 15 de fevereiro de 2016.

STEINER, João E. *Astronomia: Uma Visão Geral II - Aula 14 - Matéria Escura*. Univesp TV, 2013. Disponível em: <<http://midia.cmais.com.br/assets/file/original/3b3a622402282da22d87da0acfb1893ffeeb007.pdf>>. Acesso em 9 de maio de 2016.

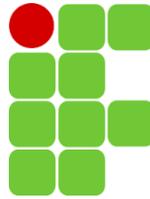
STEINER, João E. *Astronomia: Uma Visão Geral II - Aula 21 - Parte 1 - A Energia Escura*. Univesp TV, 2013. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=KPpB1zV6jm0>>. Acesso em 10 de maio de 2016.

TIGNANELLI, H. L. Sobre o ensino de Astronomia no Ensino Fundamental. In: WEISSMANN, H (org.). Didática das Ciências Naturais. Porto Alegre – RS. Art. Med., p. 57-89, 1998.

WAGA, Ioav. Cem anos de descobertas em cosmologia e novos desafios para o Século XXI. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 27, n. 1, p. 157 - 173, 2005.

## APÊNDICES

## APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO CEARÁ –  
IFCE  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO – PRPI  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E  
MATEMÁTICA – PGECM  
ENSINO DE FÍSICA**

|   |   |
|---|---|
| <b>Questionário pertencente à pesquisa “A teoria do <i>Big Bang</i>: concepções errôneas dos estudantes de Licenciatura em Física do IFCE – Campus Fortaleza”</b> |   |
| <b>Mestranda:</b> Antônia Iara dos Santos Mesquita  | <b>Orientador:</b> Prof. Dr. Nizomar de Sousa Gonçalves |

Leia atentamente e responda as questões abaixo:

Em qual semestre você está? \_\_\_\_\_.

- 1) O que é a teoria do *Big Bang* e por quê ele foi chamado assim?
- 2) Quais são os principais fatos observacionais que dão suporte a teoria do *Big Bang*?
- 3) Em 1979, o físico americano Alan Guth observou o fenômeno inflacionário que veio a contribuir teoricamente para a teoria do *Big Bang*. No entanto, o modelo proposto pelo físico ainda não era totalmente satisfatório, somente anos mais tarde com contribuições de outros cientistas conseguiu-se chegar a um modelo mais concreto. O que é a Inflação e como ela contribuiu para a teoria do *Big Bang*?
- 4) Qual a importância da teoria do *Big Bang* para as pesquisas científicas?
- 5) Alguns cosmólogos chegaram a propor, no passado, que não faz sentido o Universo ter uma idade. Que comentários você faria sobre essa ideia?
- 6) As galáxias distantes em Universo em expansão são vistas em *redshift*, enquanto num Universo em contração são vistas em *blueshift*. Explique o que deveria ser detectado se o Universo cessasse de expandir e começasse a contrair.
- 7) São questionados 3 (três) modelos de Universo, sendo que um está sendo mais aceito devido testes observacionais. Sendo eles: um Universo fechado que se dá quando a densidade é muito alta, ou seja, maior que a densidade crítica; Universo plano, onde a densidade é igual

a densidade crítica, ou seja, a matéria desacelera a expansão do Universo e à medida que o tempo vai para o infinito a velocidade tende a zero e um Universo aberto, onde este desacelera, no entanto, a velocidade se mantém sempre positiva. Qual seria um possível modelo mais justificável?

- 8) Sabemos que o Universo hoje é dominado pela matéria. Como pode este resultado ser conciliado com a concepção de que no passado o Universo era dominado pela radiação?
- 9) O que é matéria e energia escura? Como é possível estima-las?
- 10) Você tem conhecimentos sobre a teoria do estado estacionário? Se sim, expresse aqui. Expresse ainda se você conhece outras teorias alternativas.

## APÊNDICE B – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

**Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará  
Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática**

### **TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)**

Você está sendo convidado (a) por mim, **Antônia Iara dos Santos Mesquita**, a participar como voluntário de uma pesquisa. Você não deve participar contra sua vontade. Leia atentamente as informações abaixo e faça qualquer pergunta que desejar, para que todos os procedimentos dessa pesquisa fiquem esclarecidos.

A pesquisa tem como título **A Teoria do *Big Bang*: concepções dos estudantes de Licenciatura em Física do IFCE**. Será orientada pelo **Prof. Dr. Nizomar de Sousa Gonçalves**. O procedimento realizado será a coleta de informações, através de um questionário mediante a sua autorização. O objetivo do estudo é identificar as concepções dos alunos a respeito da Teoria do *Big Bang*.

Esse procedimento não oferece riscos ou desconfortos de qualquer natureza. O benefício direto será a identificação das concepções errôneas, sobre a teoria do *Big Bang*, apresentada pelos alunos.

As informações obtidas serão analisadas, mas fica garantido que todos os participantes terão sua identidade preservada. Você tem o direito de ser mantido atualizado sobre os resultados parciais desse estudo. Você não terá despesas pessoais durante a pesquisa e, também, não haverá compensação financeira relacionada a sua participação.

É garantido que, a qualquer momento, você pode retirar seu CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO e deixar de participar desta pesquisa ciente de que todas as informações prestadas tornaram-se confidenciais e guardadas pela ética do sigilo profissional. Lembro que toda informação obtida será utilizada somente para este estudo e que você terá uma cópia desse TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO.

**Endereço do Responsável pela pesquisa:****Nome:** Antônia Iara dos Santos Mesquita**Endereço:** Rua Argentina, 210 – Bela Vista, Fortaleza - CE, 60442-440.**Telefone:** (88) 9 9932 3082 / 9 9465 7200**E-mail:** iara.fisicaifce@gmail.com**Endereço do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP), do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE)****Endereço:** Rua Jorge Dumar, nº 1703 – Jardim América

60.410-426 – Fortaleza. CE

**Número telefônico:** (85) 3401-2332**E-mail:** cep@ifce.edu.br

O abaixo assinado \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ anos, declara que é de livre e espontânea vontade que está participando como voluntário da pesquisa.

## Consentimento do participante da pesquisa

Eu declaro que li cuidadosamente este Termo de Consentimento Livre e Esclarecido e que, após sua leitura tive a oportunidade de fazer perguntas sobre o seu conteúdo, como também sobre a pesquisa e recebi explicações que responderam por completo minhas dúvidas. Declaro ainda estar recebendo uma cópia assinada deste termo. Dou o meu consentimento sem que para isso tenha sido forçado ou obrigado.

\_\_\_\_\_, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2017.

---

Assinatura do (a) voluntário (a) ou impressão digital

---

Assinatura do responsável pela pesquisa

**ANEXOS**

## ANEXO A – PCN+ - ENSINO MÉDIO

### PCN+ - Ensino Médio

#### Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais

#### FÍSICA

---

##### *1. A Física no Ensino Médio*

*Quais os caminhos para concretizar as propostas apresentadas nos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio?*

##### *2. As Competências em Física*

*Quais competências em Física devem ser privilegiadas, levando em conta os objetivos formativos desejados para a ação escolar?*

##### *3. Temas Estruturadores para o Ensino de Física*

*Como se articulam habilidades e competências, com os conhecimentos a serem trabalhados?*

##### *4. Organização do Trabalho Escolar*

*Como organizar o trabalho escolar e que critérios privilegiar para definir prioridades e seqüências?*

##### *5. Estratégias para a Ação*

*Quais estratégias para o Ensino de Física favorecem o desenvolvimento das competências e habilidades, nas unidades temáticas propostas?*

---

continua...

continuação...

---

**Tema Estruturador 6: Universo, Terra e Vida**


---

Confrontar-se e especular sobre os enigmas da vida e do universo é parte das preocupações freqüentemente presentes entre jovens nessa faixa etária. Respondendo a esse interesse, é importante propiciar-lhes uma visão cosmológica das ciências que lhes permita situarem-se na escala de tempo do universo, apresentando-lhes os instrumentos para acompanhar e admirar, por exemplo, as conquistas espaciais, as notícias sobre as novas descobertas do telescópio espacial Hubble, indagar sobre a origem do universo ou o mundo fascinante das estrelas, e as condições para a existência da vida, como a entendemos no planeta Terra.

Nessa abordagem, ganha destaque a interação gravitacional, uma vez que são analisados sistemas que envolvem massas muito maiores que aquelas que observamos na superfície da Terra. Ao mesmo tempo, evidenciam-se as relações entre o mundo das partículas elementares, assim como os métodos para investigá-lo, com o mundo das estrelas e galáxias. Lidar com modelos de universo permite também construir sínteses da compreensão física, sistematizando forças de interação e modelos microscópicos.

Esses assuntos podem permitir reconhecer a presença da vida humana no universo como uma indagação filosófica, e também das condições físico/química/biológicas para sua existência, evidenciando as relações entre ciência e filosofia ao longo da história

30

humana, assim como a evolução dos limites para o conhecimento dessas questões.

**Unidade 6.1: Terra e Sistema Solar**

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

**Unidade 6.2: O Universo e sua Origem**

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

continua...

continuação...

### **Unidade 6.3: Compreensão Humana do Universo**

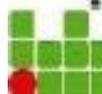
- conhecer aspectos dos modelos explicativos da origem e constituição do Universo, segundo diferentes culturas, buscando semelhanças e diferenças em suas formulações;
  - compreender aspectos da evolução dos modelos da ciência para explicar a constituição do Universo (matéria, radiação e interações),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

**ANEXO B – COMPONENTE CURRICULAR DO CURSO DE LICENCIATURA EM FÍSICA DO IFCE – CAMPUS FORTALEZA**

| <p align="center"><b>INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO CEARÁ</b><br/>DIRETORIA DE ENSINO<br/>Matrizes Curriculares</p>   |          |                                     |                          |     |            |               |     |            |                   |                |
|---|----------|-------------------------------------|--------------------------|-----|------------|---------------|-----|------------|-------------------|----------------|
| <p>Matriz: 2959 - Licenciatura em Física II (2011/2)</p> <p>Curso: 01401 - Licenciatura em Física</p> <p>Nível Superior: Período: Não-seriado Situação Matriz em Vigor Per. Letivo Inicial: C.H. Disciplinas: 2011/2 4200</p> |          |                                     |                          |     |            |               |     |            |                   |                |
| Per.  | Código   | Descrição                           | Componentes Curriculares |     |            | Co-Requisitos |     |            | Carga Horária     | Pré-requisitos |
|   |          |                                     | Núcleo                   | OPT | Hab. Cred. | Núcleo        | OPT | Hab. Cred. |                   |                |
| 1   | CLFI.004 | CÁLCULO DIFERENCIAL E INTEGRAL I    | COM                      | N   | 56         | 4             | 0   | 80         |                   |                |
| 1   | CLFI.005 | HISTÓRIA DA EDUCAÇÃO NO BRASIL      | COM                      | N   | 56         | 2             | 0   | 40         |                   |                |
| 1   | FIS006   | FÍSICA GERAL I                      | COM                      | N   | 56         | 6             | 0   | 120        |                   |                |
| 1   | MAT.058  | POLÍTICAS EDUCACIONAIS              | COM                      | N   | 56         | 3             | 0   | 60         |                   |                |
| 1   | MAT006   | COMUNICAÇÃO E LINGUAGEM             | COM                      | N   | 56         | 3             | 0   | 60         |                   |                |
| 1   | MAT029   | INGLÊS INSTRUMENTAL                 | COM                      | N   | 56         | 2             | 0   | 40         |                   |                |
| 2   | CLFI.006 | METODOLOGIA DA PESQUISA EDUCACIONAL | COM                      | N   | 56         | 2             | 0   | 40         |                   |                |
| 2   | CLFI.007 | CÁLCULO DIFERENCIAL E INTEGRAL 2    | COM                      | N   | 56         | 4             | 0   | 80         | CLFI.004          |                |
| 2   | CLFI.008 | DIDÁTICA GERAL                      | COM                      | N   | 56         | 4             | 0   | 80         |                   |                |
| 2   | FIS007   | FÍSICA GERAL II                     | COM                      | N   | 56         | 6             | 0   | 120        | CLFI.004 + FIS006 |                |
| 2   | FIS015   | QUÍMICA GERAL                       | COM                      | S   | 56         | 5             | 0   | 100        |                   |                |
| 2   | MAT001   | ÁLGEBRA LINEAR                      | COM                      | N   | 56         | 4             | 0   | 80         | CLFI.004          |                |
| 3   | CLFI.009 | PSICOLOGIA EDUCACIONAL              | COM                      | N   | 56         | 4             | 0   | 80         |                   |                |
| 3   | CLFI.010 | CÁLCULO DIFERENCIAL E INTEGRAL III  | COM                      | N   | 56         | 4             | 0   | 80         | CLFI.007          |                |
| 3   | CLFI.011 | TERMODINÂMICA                       | COM                      | N   | 56         | 4             | 0   | 80         | CLFI.007 + FIS007 |                |
| 3   | CLFI.037 | ELETRICIDADE E MAGNETISMO I         | COM                      | N   | 56         | 4             | 0   | 80         | CLFI.007 + FIS007 |                |
| 3   | MAT019   | FUND.SOCIO-FILOSOFICOS DA EDUCACAO  | COM                      | N   | 56         | 4             | 0   | 80         |                   |                |
| 4   | CLFI.012 | ESTÁGIO SUPERVISIONADO I            | COM                      | N   | 56         | 5             | 0   | 100        | CLFI.008          |                |
| 4   | CLFI.013 | OSCILAÇÕES E ONDAS                  | COM                      | N   | 56         | 4             | 0   | 80         | CLFI.010 + FIS007 |                |

continuação...

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO CEARÁ  
DIRETORIA DE ENSINO  
Matrizes Curriculares



Ensino Médio

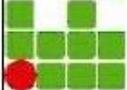
|   |         | CCM                                 | N   | 96 | 4  | 0 | 80 |     |               |
|---|---------|-------------------------------------|-----|----|----|---|----|-----|---------------|
| 4 | CLF.014 | CALCULO DIFERENCIAL E INTEGRAL IV   |     |    |    |   |    |     | CC1106        |
| 4 | CLF.030 | FISICA E MEIO AMBIENTE              | CCM | 0  | 96 | 3 | 0  | 60  | CC1106        |
| 4 | CLF.034 | INTRODUÇÃO A FISICA ESTATISTICA     | CCM | 0  | 96 | 6 | 0  | 120 | CC1106        |
| 4 | CLF.041 | CURRÍCULOS E PRÁTICAS EDUCATIVAS    | CCM | N  | 96 | 4 | 0  | 80  |               |
| 4 | FIS.002 | PRODUÇÃO DE OBJETOS DE APRENDIZAGEM | CCM | 5  | 96 | 4 | 0  | 80  |               |
| 4 | FIS002  | ELETRODINÂMICA E MAGNETISMO II      | CCM | N  | 96 | 4 | 0  | 80  | CC1106-CC1107 |
| 5 | CLF.015 | ÓTICA                               | CCM | N  | 96 | 4 | 0  | 80  | CC1106        |
| 5 | CLF.016 | FISICA EXPERIMENTAL I               | CCM | N  | 96 | 4 | 0  | 80  | CC1106        |
| 5 | CLF.024 | MÉTODOS MATEMÁTICOS DA FISICA I     | CCM | 5  | 96 | 5 | 0  | 100 | CC1106        |
| 5 | CLF.035 | ESTÁGIO SUPERVISIONADO II           | CCM | N  | 96 | 5 | 0  | 100 | CC1106        |
| 5 | FIS012  | METODOLOGIA DO ENSINO DA FISICA     | CCM | N  | 96 | 4 | 0  | 80  | CC1106        |
| 5 | MAT030  | INTRODUÇÃO AS VARIÁVEIS COMPLEXAS   | CCM | 5  | 96 | 4 | 0  | 80  | CC1106        |
| 6 | CLF.017 | LÍBRAS                              | CCM | 5  | 96 | 2 | 0  | 40  | CC1106-PR006  |
| 6 | CLF.018 | FISICA EXPERIMENTAL II              | CCM | N  | 96 | 2 | 0  | 40  | CC1106        |
| 6 | CLF.019 | FISICA MODERNA                      | CCM | N  | 96 | 6 | 0  | 120 | CC1106        |
| 6 | CLF.025 | MÉTODOS MATEMÁTICOS DA FISICA II    | CCM | 5  | 96 | 6 | 0  | 100 | CC1106        |
| 6 | CLF.029 | MECÂNICA GERAL I                    | CCM | 5  | 96 | 4 | 0  | 80  | CC1106        |
| 6 | CLF.031 | INTRODUÇÃO A ASTRONOMIA             | CCM | 0  | 96 | 4 | 0  | 80  | CC1106        |
| 6 | CLF.040 | ELETROMAGNETISMO                    | CCM | 0  | 96 | 6 | 0  | 100 | CC1106-PR006  |
| 6 | MAT013  | ESTÁGIO III                         | CCM | N  | 96 | 6 | 0  | 100 | CC1106        |
| 6 | TEL023  | PROJETO SOCIAL                      | CCM | N  | 96 | 2 | 0  | 40  |               |
| 7 | ART006  | FISICA COMPUTACIONAL                | CCM | 5  | 96 | 4 | 0  | 80  |               |
| 7 | CLF.020 | ESTÁGIO SUPERVISIONADO IV           | CCM | N  | 96 | 5 | 0  | 100 |               |
| 7 | CLF.021 | FISICA EXPERIMENTAL III             | CCM | N  | 96 | 2 | 0  | 40  | CC1106-PR007  |
| 7 | CLF.026 | MECÂNICA QUANTICA I                 | CCM | 5  | 96 | 6 | 0  | 100 |               |
| 7 | CLF.028 | ELETROMAGNETISMO II                 | CCM | 5  | 96 | 5 | 0  | 100 | CC1107        |

26/05/2013 16:27

Página 2

continua...

continuação...

| <br><b>INSTITUTO FEDERAL</b><br><small>(CEARÁ)</small>   |          | <b>INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO CEARÁ</b><br><b>DIRETORIA DE ENSINO</b><br><b>Matrizes Curriculares</b> |     |   |    |   |   |   |     |  |                     |
|---|----------|---|-----|---|----|---|---|---|-----|--|---------------------|
| 7   | CLFI.032 | INTRODUÇÃO À FÍSICA DO ESTADO SÓLIDO  | COM | S | 56 | 4 | 0 | 0 | 80  |  | CLFI.039            |
| 7   | CLFI.033 | MECÂNICA GERAL II   | COM | S | 56 | 4 | 0 | 0 | 80  |  | CLFI.029            |
| 7   | CLFI.035 | INTRODUÇÃO À RELATIVIDADE   | COM | S | 56 | 6 | 0 | 0 | 120 |  | CLFI.039 + CLFI.024 |
| 7   | CLFI.038 | HISTÓRIA DA FÍSICA  | COM | N | 56 | 6 | 0 | 0 | 120 |  | CLFI.039            |
| 7   | FIS004   | FÍSICA CONTEMPORÂNEA  | COM | N | 56 | 6 | 0 | 0 | 120 |  | CLFI.039            |
| 8   | CLFI.027 | MECÂNICA QUÂNTICA II  | COM | S | 56 | 5 | 0 | 0 | 100 |  | CLFI.026            |
| <b>Cód. Sigla</b> <b>Habilitação</b> <b>Créd.</b> <b>Carga Horária</b><br><b>56</b> <b>56</b> <b>DISC. BÁSICAS - LICENCIATURA EM FÍSICA</b><br><b>Básica</b> <b>Obrig.</b> <b>Estágio</b> <b>Optativa</b> <b>Betiva</b> <b>At. Comp.</b> <b>Proj. Final</b> <b>Min. Créd.</b><br><b>Sim</b> <b>0</b> <b>0</b> <b>0</b> <b>0</b> <b>0</b> <b>0</b> <b>80</b> <b>0</b> <b>0</b> |          |   |     |   |    |   |   |   |     |  |                     |