



**SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO SUL E SUDESTE DO PARÁ  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS – ICE  
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM FÍSICA  
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

**RAIMUNDO NASCIMENTO DOS SANTOS MEDRADO**

**TEORIA DO BIG BANG E EXPANSÃO DO UNIVERSO: DESENVOLVIMENTO DE  
UM MANUAL COM TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA VOLTADO PARA O ENSINO DE  
ALUNOS DO ENSINO MÉDIO**

Marabá - PA  
2021

RAIMUNDO NASCIMENTO DOS SANTOS MEDRADO

**TEORIA DO BIG BANG E EXPANSÃO DO UNIVERSO: DESENVOLVIMENTO DE  
UM MANUAL COM TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA VOLTADO PARA O ENSINO DE  
ALUNOS DO ENSINO MÉDIO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará no Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Moreira Gomes

Marabá - PA  
2021



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO SUL E SUDESTE DO PARÁ

ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO Nº 15 / 2021 - PPGFIS (11.26.01)

Nº do Protocolo: 23479.005344/2021-27

Marabá-PA, 09 de Abril de 2021

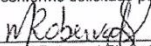

Ata da apresentação e defesa de dissertação de Mestrado intitulada: "TEORIA DO BIG BANG E EXPANSÃO DO UNIVERSO: DESENVOLVIMENTO DE UM MANUAL COM TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA VOLTADO PARA O ENSINO DE ALUNOS DO ENSINO MÉDIO" para concessão do grau de Mestre em Ensino de Física, realizada às 14:30 horas do dia 08 de abril de 2021, de forma remota, via Google Meet, link da defesa: <https://meet.google.com/nzd-kyjg-gqa>. A dissertação foi apresentada durante 50 minutos pelo candidato: **RAIMUNDO NASCIMENTO DOS SANTOS MEDRADO**, diante da Banca Examinadora aprovada pela Sociedade Brasileira de Física, assim constituída, membros: Prof. Dr. **LUIZ MOREIRA GOMES** (Orientador/Presidente), Prof. Dr. **ÉRICO RAIMUNDO PEREIRA DE NOVAIS** (Membro Interno), Profa. Dra. **ANDREA DE LIMA FERREIRA NOVAIS** (Membro Interno) e Prof. Dr. **MANOEL ROBERVAL PIMENTEL SANTOS** (Membro Externo). Em seguida, o candidato foi submetido à arguição, tendo demonstrado suficiência de conhecimento no tema objeto da dissertação, havendo a Banca Examinadora decidido pela aprovação da mesma. Para constar, foram lavrados os termos da presente ata, que lida e aprovada recebe a assinatura dos integrantes da Banca Examinadora e do candidato.

( x ) Aprovado.

( ) Reprovado.

**Recomendações da Banca:**

- Adequar a escrita da dissertação de acordo com as recomendações da banca;
- Fazer adequação dos objetivos;
- Melhorar revisão bibliográfica, incluindo referências mais atuais (últimos 10 anos);
- Sintetizar melhor as informações;
- Ajustar figuras, gráficos, tabelas;
- Fazer discussão dos resultados conforme solicitado pela banca;
- Melhorar a conclusão.

  
Prof. Dr. Manoel Roberval Pimentel Santos (Membro Externo/UFOPA)  
  
Raimundo Nascimento dos Santos Medrado (Candidato)

(Assinado digitalmente em 10/04/2021 09:24)  
ANDREA DE LIMA FERREIRA NOVAIS  
PROFESSOR DO MAGISTÉRIO SUPERIOR  
Matrícula: 2110804

(Assinado digitalmente em 12/04/2021 22:41)  
ÉRICO RAIMUNDO PEREIRA DE NOVAIS  
PROFESSOR DO MAGISTÉRIO SUPERIOR  
Matrícula: 2056111

(Assinado digitalmente em 19/04/2021 21:48)  
LUIZ MOREIRA GOMES  
PROFESSOR DO MAGISTÉRIO SUPERIOR  
Matrícula: 1444994

Para verificar a autenticidade deste documento entre em <https://sipac.unifesspa.edu.br/public/documentos/> informando seu número: 15, ano: 2021, tipo: ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO, data de emissão: 09/04/2021 e o código de verificação: 87581fa785

Marabá – PA  
2021

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**  
**Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará**  
**Biblioteca Setorial II**

---

M492t Medrado, Raimundo Nascimento dos Santos  
Teoria do big bang e expansão do universo:  
desenvolvimento de um manual com transposição didática  
voltado para o ensino de alunos do ensino médio / Raimundo  
Nascimento dos Santos Medrado. — 2021.  
59 f. : il. color.

Orientador(a): Luiz Moreira Gomes.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Sul e  
Sudeste do Pará, Programa de Pós-Graduação em Ensino de  
Física da Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará no  
Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física  
(MNPEF), Marabá, 2021.

1. Cosmologia. 2. Criação. 3. Astronomia. 4. Física – Estudo  
e ensino – Marabá (PA). 5. Didática. I. Gomes, Luiz Moreira,  
orient. II. Título.

CDD: 22. ed.: 520

---

Elaborado por Hully Thacyana – CRB-2/1593

## AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Prof. Dr. Luiz Moreira Gomes, com toda paciência, confiança, companheirismo, generosidade e respeito, depositados em mim quanto pessoa e estudante, tornou possível a concretização de cada etapa da construção desta dissertação.

A todos os meus professores da educação básica, do curso de graduação e pós-graduação que contribuíram pessoalmente e intelectualmente com o meu crescimento.

À odontóloga e professora Dr.<sup>a</sup> Gilda Rosa do Nascimento, pelo apoio e incentivo concedido para que eu ingressasse na carreira acadêmica.

A toda a comissão da Pró-reitora de Pesquisa e Pós-Graduação Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), pelos esforços prestados para a implementação e desenvolvimento do programa de mestrado, visando sempre, o papel importante que o mesmo tem para a Educação.

À Coordenação de Aperfeiçoamento do Pessoal do Nível Superior (CAPES) por todo o apoio financeiro dado para a realização da pesquisa.

Ao Prof. Dr. Érico Raimundo Pereira de Novais (coordenador do MNPEF da Unifesspa – polo 29) e ao Prof. Dr. Narciso das Neves Soares. Pela a dedicação e empenho, visando sempre o melhor para Centro de Ciências Exatas (campus II).

Às minhas queridas amigas professoras Ângela Maria do Nascimento, Adriana Cristina Veloso de Toledo e Maria da Graça Damasceno, pelas contribuições substanciais da correção deste texto. Pois não mediram esforços para ajudar-me nas horas mais cruciais do meu trabalho.

A minha esposa Indionara, aos meus filhos Ana Júlia e Gabriel, aos meus irmãos, aos parentes, pela compreensão nas diversas ocasiões em que eu não pude estar presente.

Aos amigos, companheiros de viagem e colegas do MNPEF, Leda Alves da Silva Amorim e Rogério Ruiz do Amaral, pelo apoio em todos os momentos.

## RESUMO

### **TEORIA DO BIG BANG E EXPANSÃO DO UNIVERSO: DESENVOLVIMENTO DE UM MANUAL COM TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA VOLTADO PARA O ENSINO DE ALUNOS DO ENSINO MÉDIO**

RAIMUNDO NASCIMENTO DOS SANTOS MEDRADO

Orientador:

Prof. Dr. Luiz Moreira Gomes

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física

Neste trabalho foi desenvolvido um manual com transposição didática visando o ensino no Ensino Médio dos temas “Teoria do Big Bang” e “Expansão do Universo”. Busca-se com este material fomentar a discussão e inserção dos referidos temas de cosmologia na grade curricular do Ensino Médio. O manual visa fornecer subsídio ao professor no planejamento e metodologia para o ensino destes temas de Física, utilizando a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel como referencial metodológico. Dentre os recursos didático-metodológicos apresentados, são utilizados debates, palestras, roda de conversa e atividades com questões que tratam dos temas com a profundidade necessária à aprendizagem dos alunos. O manual desenvolvido foi aplicado em turmas da 1ª série do ensino médio do Centro de Ensino Professor Antônio Carlos Beckman, na cidade de Açailândia, no Maranhão, com resultados que se mostraram promissores.

Palavras-Chave: Cosmologia. Teoria do Big-Bang. Expansão do Universo. Ensino de Física. Manual. Transposição Didática.

## **ABSTRACT**

### **THEORY OF BIG BANG AND EXPANSION OF THE UNIVERSE: DEVELOPMENT OF A MANUAL WITH DIDACTIC TRANSPOSITION AIMING AT THE TEACHING OF HIGH SCHOOL STUDENTS**

RAIMUNDO NASCIMENTO DOS SANTOS MEDRADO

Advisor:

Prof. Dr. Luiz Moreira Gomes 1

Master's Dissertation submitted to the Post-Graduate in Physics Teaching at the Federal University of South and Southeast of Pará in the Professional Master's Course in Physics Teaching (MNPEF), as part of the necessary requirements to obtain the title of Master in Physics Teaching

In this work, we developed a didactic transposition manual aiming at teaching the themes “Big Bang Theory” and “Expansion of the Universe” in High School. This text encourages the debate and insertion of these cosmology subjects in the High School curricular grid. The manual intends to give support to teachers in planning and methodology for teaching these subjects of Physics, using Ausubel's Theory of Meaningful Learning as a methodological scheme. Among the didactic and methodological methods given, debates, lectures, conversation groups, and tasks with questions that enclose the subjects in the stage of the students' learning are used. The manual developed applied to 1st grade high school classes at the Antônio Carlos Beckman Teaching Center, in the city of Açailândia, State of Maranhão, with the significant results.

Keywords: Didactic Transposition. Physics Teaching. Cosmology. Big Bang Theory. Expansion of the Universe.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Ilustração do sistema didático trinário .....	18
Figura 2- Os níveis que formam a noosfera.....	19
Figura 3- Esquema de funcionamento da transposição didática.....	23
Figura 4- Uma ilustração do Universo, desde as primeiras flutuações quânticas, logo após o instante $t=0$ . .....	33
Figura 5- Imagem do Universo com apenas 379.000 anos de idade. ....	33
Figura 6- Hubble no telescópio Hooker no Observatório do Monte Wilson (Califórnia).....	35
Figura 7- O Big Bang ocorreu a cerca de 10 bilhões de anos. ....	38
Figura 8- Fenômeno da expansão sem centro. ....	38
Figura 9- Arno Penzias e Robert F Wilson com sua antena corneta de Holmdel .....	39
Figura 10- Movimento próprio de uma estrela ou galáxia em relação ao Sol.....	41
Figura 11- Espectro de absorção de uma estrela (linhas escuras) em três situações cinemáticas distintas.....	41
Figura 12- Centro de Ensino de Antônio Carlos Beckman .....	45
Figura 13 - Etapas da metodologia de elaboração do manual.....	45
Figura 14 - a)-Respostas dos participantes da pesquisa quanto ao significado do termo Cosmologia. b) Componente curricular sobre Cosmologia nos cursos de licenciaturas .....	51
Figura 15- Cosmologia durante a formação dos professores.....	50
Figura 16 - Grau de relevância dos estudos sobre o Universo .....	52
Figura 17 - Discussões sobre cosmologia em sala de aula .....	52
Figura 18- Nível de interesse em inserir temas relacionados à cosmologia nas aulas .....	51
Figura 19 - a)-Opinião dos alunos quanto aos temas .b) –Forma de apresentação dos temas .....	54
Figura 20 - Teorias e observações sobre a Expansão do Universo .....	55
Figura 21 – Alunos que acreditam (ou não) na Teoria do Big-Bang. ....	55
Figura 22 – Avaliação dos alunos sobre a realização das aulas de forma interdisciplinar .....	56
Figura 23 - Conhecimento sobre o termo Cosmologia.....	56
Figura 24 - Abordagem da teoria do Big-Bang em sala de aula.....	57
Figura 25 - Possíveis entendimentos da teoria do Big-Bang.....	58
Figura 26 - Importância de abordagem da Expansão do Universo em sala de aula .....	58
Figura 27 - Teoria do Big-Bang e Expansão ajudam entender a origem e evolução do Universo.....	59



Figura 28 - Qualidade da abordagem sobre a Teoria do Big-Bang.....	57
Figura 29 - Interesse dos estudantes sem aprender mais sobre os temas Teoria do Big-Bang e Expansão do Universo.....	57

## LISTA DE SIGLAS

COBE - Cosmic Background Explorer

EM- Ensino Médio

FMC - Física Moderna e Contemporânea

LDB - Lei de Diretrizes e Bases da Educação

MAP - Microwave Anisotropy Probe

MIT - Massachusetts Institute of Technology

NASA - National Aeronautics and Space Administration

PCN - Parâmetros Curriculares Nacionais

PCNEM - Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio

PNLD – Plano Nacional do Livro Didático

PNLEM- Plano Nacional do Livro Didático do Ensino Médio

RCF – Radiação Cósmica de Fundo

TD - Transposição Didática

WMAP - Wilkinson Microwave Anisotropy Probe

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	13
<b>1.1.Estrutura do trabalho</b> .....	15
<b>1.2.Objetivos</b> .....	16
<i>1.2.1. Objetivo Geral</i> .....	16
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....	17
<b>2.1.Transposição didática</b> .....	17
<i>2.1.1. Regras para o Processo de Transposição Didática</i> .....	20
<i>2.1.3. Estado da Arte</i> .....	23
<b>2.2Aprendizagem significativa</b> .....	25
<i>2.2.1. Subsunçores</i> .....	25
<i>2.2.2. Organizadores Prévios</i> .....	26
<i>2.2.3. Condições para Ocorrência da Aprendizagem Significativa</i> .....	26
3 MANUAL COM TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA.....	29
3.1 Cosmologia .....	29
<b>3.2. O Big Bang</b> .....	30
<b>3.3O universo em expansão</b> .....	35
<i>3.3.1. Quando Ocorreu Esta Expansão Inicial?</i> .....	37
<i>3.3.2. Espectroscopia e Efeito Doppler Relativístico</i> .....	40
<i>3.3.3. Explicação Cosmológica da Lei de Hubble</i> .....	42
4 METODOLOGIA .....	44
5 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS .....	50
6 CONCLUSÃO .....	60
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	62

## 1. INTRODUÇÃO

De acordo com Novello (2006) a Cosmologia, enquanto área de conhecimento, não é propriedade da ciência. Todos somos cosmólogos no sentido em que cada um, consciente ou inconscientemente, constrói, ao longo da vida, um modelo para o Universo, ou seja, todos temos uma noção de Universo. Logo, em sentido dilatado, a importância da Cosmologia é notada pelo fato desta estar presente em todas as culturas.

Ainda em consonância com Novello (2006), nos últimos anos, a Cosmologia adquiriu enorme popularidade e se transformou ao sair de uma incômoda denominação de que era uma ciência altamente especulativa e sem compromisso com os dados científicos para uma ciência sólida que pode ser confirmada através das observações.

Neste trabalho abordaremos sobre: Transposição Didática, a teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, teoria do Big-Bang e Expansão do Universo como sustentações teóricas para o desenvolvimento de um manual com transposição didática adequada aos estudantes do ensino médio, sobre os temas a saber: a Teoria do Big-Bang e a Expansão do Universo. Assuntos, por sua vez, ausentes nos livros didáticos de Física destinados à educação básica, apesar da sua relevância e do seu potencial unificador dos conhecimentos acerca do Universo.

Assim, visando a participação e aprendizagem dos alunos o manual desenvolvido utilizou como referencial teórico a teoria da aprendizagem significativa de David Paul Ausubel. Nele, buscou-se apresentar aos alunos um dos modelos cosmológicos, segundo o qual, o Universo teve início, é dinâmico e está em evolução.

Acredita-se que, ao entender mais sobre o Universo, os alunos darão um grande passo para a conquista pessoal de uma visão cósmica da humanidade (OLIVEIRA, 2006). Compreendendo que, a Física, a Astronomia e a Cosmologia sempre estiveram juntas, por muito tempo, durante a história da humanidade e em diversas questões que surgiram há séculos atrás, além disso frisa-se a importância da Cosmologia como objeto de estudo e de como está ligada aos questionamentos feitos a respeito de sua origem e evolução, fato esse que possibilita aos estudantes do ensino médio a oportunidade de entrar em contato com as hipóteses cosmológicas e como estas evoluíram até os dias atuais.

Recentemente, pesquisas realizadas em vários países como Finlândia, Noruega, Inglaterra e aqui no Brasil, sobre assuntos interessantes em Física, demonstram que, temas relacionados à Cosmologia aparecem como um dos capazes de despertarem maior curiosidade

entre os estudantes do ensino médio. É, neste nível de ensino, que se dá o maior desenvolvimento cognitivo dos jovens que se quer sejam não só profissionais aptos a ingressar no mundo do trabalho (FRÓES, 2014).

Ante tais apontamentos espera-se, portanto, que iniciativas para estimular o interesse pela Física devem envolver os temas em questão, favorecendo uma compreensão sobre a Cosmologia e como ela se desenvolveu à medida que for capaz de oportunizar aos estudantes a possibilidade de compreender os modelos cosmológicos para o surgimento do Universo, ampliando as condições de criticidade e reflexão a respeito do qual deseja adotar como justificativa para a configuração atual do Universo (BRASIL, 2002).

Conforme Gleiser (1997, p. 21) quando se questiona sobre a origem do Universo:

Os cosmólogos atuam, ao menos na percepção popular, como criadores de mitos universais, capazes de transpor barreiras de credo e raça. Quando refletimos sobre a origem do Universo, imediatamente percebemos que devemos nos defrontar com problemas bem fundamentais. Como podemos compreender qual é a origem de “tudo”?

Já para Gouw (2014), há algum tempo, o desalento dos estudantes pelas ciências, em especial pela Física e paralelo a este, ou seja, o interesse por uma carreira científica tem diminuído de forma cada vez mais crescente. Isto vem gerando graves problemas na área do ensino deste componente curricular ao ponto de deixar preocupados professores, acadêmicos e elaboradores de políticas públicas nas últimas décadas. A autora, aponta ainda, diversos instrumentos de avaliações de larga escala, relatórios, produções de artigos, de dissertações e teses que têm debatido e verificado que os jovens têm demonstrado desencanto pela ciência e muito mais pela carreira científica, o que tem provocado movimentos acadêmicos no sentido de investigar quais os motivos para tal contexto.

A abordagem sobre os temas, a Teoria do Big Bang e a Expansão do Universo, pode oferecer uma contrapartida das concepções previamente adquiridas. Apresentando a Cosmologia como uma ciência em construção, forçando os limites do conhecimento continuamente. Instigando a imaginação dos jovens com os limites do cosmo ou com as hipóteses de finitude ou não do Universo. A construção do diálogo pode ser finalmente estabelecida entre todos aqueles envolvidos no estudo destes temas com a finalidade de discutir aspectos filosóficos e até religiosos das descobertas. Acabando com a ausência de significado, permitindo provavelmente uma melhor interpretação relativa aos temas que frequentemente são manchetes de jornais trazendo novidades e revendo assuntos que poderão ser debatidos à luz dos temas abordados (FRÓES, 2014).

A inserção da Cosmologia além da Newtoniana, no ensino básico, pode ser fascinante, capaz de motivar a juventude a buscar compreender os mistérios do Universo como também ser usada como estímulo à curiosidade, como introdutora do método científico de maneira a atrair a atenção de estudantes com diferentes interesses e gerar frutos para aqueles que desejarem maiores conhecimentos sobre os temas (BRASIL, 1998). O que justifica, pois, sua presença nas discussões, em sala de aula, e por representar um saber que está atualmente distante do alcance dos estudantes e muito presente na sociedade moderna (OSTERMANN; MOREIRA, 2000).

Segundo os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM, 1999) os quais, apontam que, as finalidades para o conhecimento ser apreendido em Física que não se reduzem apenas a uma dimensão pragmática, de um saber fazer imediato, mas que devem ser concebidas dentro de uma concepção humanista e abrangente. Importante, sobretudo, ressaltar que a Cosmologia não pode ocupar um tempo demasiado e, portanto, deve se adequar a carga horária restrita o que justifica a brevidade de cada um dos temas apresentados.

Importante frisar que a cosmologia não pode ocupar um tempo demasiado e, portanto, deve se adequar a carga horária restrita o que justifica a brevidade de cada um dos temas apresentados.

### **1.1. Estrutura do trabalho**

Este trabalho está estruturado em seis capítulos. Neste capítulo introdutório é apresentado o assunto a ser abordado, os objetivos e a finalidade do trabalho. No capítulo 2 é apresentada a fundamentação teórica, com destaque para as teorias da transposição didática e da aprendizagem significativa de David Ausubel que fundamenta a construção e aplicação do manual sobre os temas propostos. No capítulo 3 são apresentados os temas a Teoria do Big-Bang e Expansão do Universo os quais também compõem o manual com transposição didática o qual é o produto educacional, desenvolvido neste trabalho.

Já o capítulo 4 apresenta a metodologia utilizada na aplicação do produto educacional (a saber, o manual com transposição didática) nas turmas do primeiro ano do ensino médio. O capítulo 5 apresenta as análises e discursões relevantes sobre os dados obtidos durante a aplicação do produto educacional. Finalmente, no capítulo 6 são apresentadas as conclusões obtidas no desenvolvimento deste trabalho.

## 1.2. Objetivos

### 1.2.1. Objetivo Geral

Neste trabalho foi desenvolvido um manual com transposição didática, utilizando como referencial teórico a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel, visando o ensino no Ensino Médio dos Temas “Teoria do Big Bang” e a “Expansão de Universo”.

### 1.2.2. Objetivos Específicos

- ✓ Elaborar um Manual sobre os Temas “Big Bang” e a “Expansão do Universo” com transposição didática apropriada ao ensino de Física para estudantes do Ensino Médio;
- ✓ Avaliar a utilização do Manual com Transposição Didática no ambiente da sala de aula utilizando como referencial metodológico a Teoria de Aprendizagem Significativa de David Ausubel;
- ✓ Promover, a partir das experiências resultantes do uso deste manual em sala de aula e dos resultados obtidos com tal utilização, a inserção dos Temas de Cosmologia na grade curricular do Ensino Médio;
- ✓ Avaliar o manual com Transposição Didática a partir dos resultados obtidos com sua utilização em sala de aula;
- ✓ Realizar as melhorias necessárias identificadas após a análise dos resultados obtidos após o uso do manual no ambiente de sala de aula.

No próximo capítulo são apresentadas as teorias da transposição didática e da aprendizagem significativa de Ausubel a compor a fundamentação teórica no contexto deste trabalho.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1. Transposição didática

Originalmente o termo Transposição Didática surge em 1975, na França, introduzido pelo sociólogo Michel Verret, ao propor fazer um estudo de caráter sociológico da divisão do tempo destinado às atividades escolares, visando colaborar na compreensão das funções sociais dos estudantes. E, sete anos depois, Ives Chavellard faz uma organização tornando-a mais específica, quando utiliza desta teoria para elaborar um curso de verão da disciplina de matemática na Universidade Científica e Médica de Grenoble. Tornando-o frequentes em encontros acadêmicos e publicações diversas, afirma Leite (2004) em “Sua publicação mais disseminada no Brasil é a tradução para o espanhol e o original em francês do livro *La Transposition Didactique*, uma versão ampliada da primeira edição de 1985”.

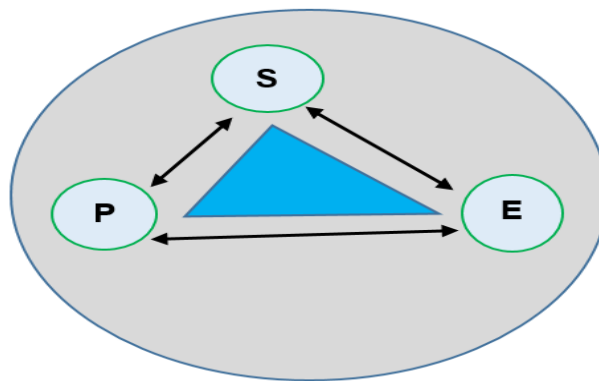
O conceito original de Transposição Didática apresentado por Chavellard (1991), compreende ao processo que um conteúdo do conhecimento, após designado como saber a ensinar, sofre várias transformações adaptativas que vão torná-lo apto a tomar lugar entre os objetos de ensino. Todo este processo que transforma um objeto “saber a ensinar” em um “objeto de ensino”, é chamado transposição didática. Faz-se necessária uma análise das adequações ocorridas no saber de referência (saber sábio) até se transformar em um saber de sala-de-aula (saber ensinado), uma vez que, tais adaptações do saber para a sala-de-aula não devem ser entendidas como uma simples redução do conhecimento ou mesmo como uma forma de se adequar à sala-de-aula. Pinho Alves (2001) corrobora tais apontamentos ao afirmar que existem restrições quanto a essas transformações sofridas pelo saber, por vários fatores que podem interferir no aprendizado desse “novo” conteúdo, bem como, gerar interpretações duvidosas nas relações escolares, por revelar desconhecimento de um processo complexo do saber”.

Ressalta-se ainda que, para tanto, sua formatação necessita de escolhas para apresentar recortes do “saber acadêmico” (produzido nas universidades e centros de pesquisas), consideradas mais próximas à formação do estudante. De modo que, apenas uma pequena parte desse “saber acadêmico” seja abordada. Além disso, tal saber sofre diversas alterações, várias vezes, bastante significativas (por exemplo, para adequar a linguagem ao público-alvo), até se tornar um “saber escolar”.



Destarte, para formalizar o sistema de ensino como um conhecimento de investigação da didática Chavellard apresenta uma estrutura que configura a definição de sistema didático como sendo uma relação ternária, segundo a figura 1, onde: (P) representa o professor, (E) o estudante e o (S) o saber. Esta relação estabelece o percurso que a didática, em geral, poderia referenciar para iniciar suas investigações e ter sua importância por valorizar as esferas de produções dos saberes e por aproximar os saberes ensinados e o saber de referência, ou seja, o Saber Sábido.

**Figura 1-Sistema didático trinário**



Fonte: Adaptado de Chavellard (1991).

Observa-se que essa proximidade entre os saberes ensinados e o saber de referência era vista por Chavellard como uma “ficção de identidade” - do saber ensinado com o saber sábio, como “mito da conformidade” e, tais compreensões, eram abaladas pela teoria da Transposição Didática, de forma que, “resultava comprometendo a própria identidade dos sujeitos dentro do sistema didático” (LEITE, 2004).

No entanto, tais adequações não devem ser entendidas como puras simplificações, pois o saber ao se transformar em saber ensinado, no ambiente escolar, ganha outra importância com propriedades do sistema didático que o entende como "verdadeiro", o que não pode apresentar menor valor (ALVES-FILHO, 2000) e (BROCKINGTON; PIETROCOLA, 2005).

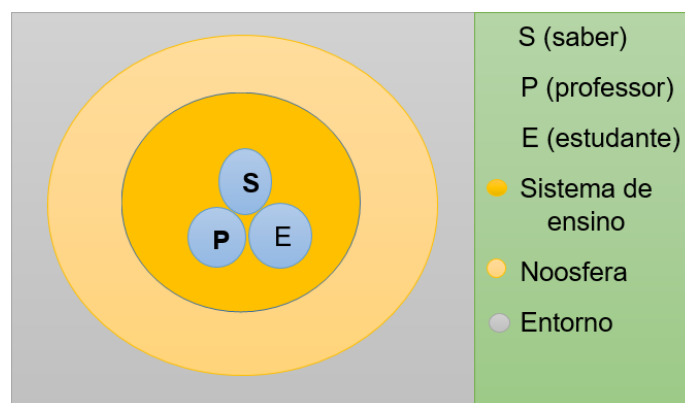
Em relação aos saberes, a Transposição Didática, na configuração atual precisa ser elaborada, tendo como ponto de partida uma problemática da didática, com a finalidade de apresentar um entendimento dos eventuais mecanismos de composição dos saberes ensinados. Para tal entendimento, possui-se três patamares os quais podem ser compreendidos como: o saber sábio, o saber a ensinar e o saber ensinado. Esses níveis possuem suas próprias formas, caracterizadas por suas comunidades independentes e por seus representantes, membros ou grupos.

O saber sábio refere-se ao saber original, visto como parâmetro de estrutura na formação, na organização e nas propriedades das diversas disciplinas que formam o currículo escolar. É constituído nas comunidades científicas onde também sofre várias transformações até se tornar público. Possui também uma linguagem impessoal e apurada que não retrata as características originais e epistemológicas da sua construção, nem dos autores da sua elaboração. Em síntese, o conhecimento passa por um mecanismo de descontextualização como uma (perda da forma original) e despersonalização (um requisito da publicidade do saber), durante a:

- Primeira adequação sofrida pelo saber sábio corresponde ao saber a ensinar, algo que para Chavellard (1991) é denominado de Transposição Didática Externa e pode ser formado pela materialização das produções de livros didáticos e manuais de ensino e tem como membros influentes os autores de livros didáticos, especialistas, professores, pesquisadores e a demanda da comunidade local em geral;
- Segunda transformação sofrida pelo saber é o saber ensinado. Processo denominado de “Transposição Didática Interna” que ocorre internamente ao sistema didático e passa por adequações ao tempo didático (ajustes necessários para o sequenciamento das aulas).

O principal responsável por adaptar o conhecimento dos livros didáticos (saber a ensinar) para o saber que chega efetivamente aos estudantes, saber ensinado, é o professor. Entretanto, ao realizar a Transposição Didática do saber a ensinar para o saber ensinado, este sofre diversas intervenções e interferências, tanto internamente quanto externamente ao ambiente escolar. Três patamares formam a Noosfera, uma esfera de ação, demonstrados na figura 2, na qual apresenta os protagonistas compostos por pessoas ou instituições sociais, econômicas e políticas, que têm influências no sistema educacional e, conseqüentemente, nas transformações sofridas pelo saber.

**Figura 2 – Os níveis que formam a noosfera**



Fonte: Adaptado de Chavellard (1991).

No entendimento de Martinand dois motivos principais podem nos auxiliar a visualizar a dimensão da Noosfera quanto zona de desconfortos presentes nas adequações dos saberes observado pela teoria da Transposição Didática. Nela:

- Tornam-se constantes as articulações entre os atores dos diversos grupos sociais, como: autores de livros didáticos, políticos, professores, pais, especialistas, instituições;
- Pesquisadores que, muitas vezes, dão significados diferentes à existência desses conhecimentos (TIBERGHIEEN et al., 2009).

É importante destacar que o principal objetivo da Noosfera é a otimização do ensino, buscando uma forma eficiente de desenvolver o processo de ensino-aprendizagem, nos assevera Brockington (2005). Em acordo com o autor ainda se destaca que ao se utilizar da Transposição Didática como recurso de análise deve-se adquirir evidências e particularidades importantes para que um determinado saber seja inserido ou permaneça presente nos livros didáticos e, por conseguinte, nas salas de aula.

### *2.1.1. Regras para o Processo de Transposição Didática*

Ao se verificar o processo da Transposição Didática, estipulam-se algumas regras e propriedades estabelecidas por (ASTOLFI,1997; CHAVELLARD,1991).

**I - Modernização do Saber Escolar** -é percebida a necessidade de atualizar os conteúdos desses saberes no currículo escolar como, por exemplo, pela produção científica que chega à população, em forma de novos equipamentos e dispositivos modernos. De certa forma, é uma ação que já acontece, todavia temas como a Teoria do Big-Bang e Expansão do Universo continuam com uma abordagem superficial, como tópicos que transpõem a Física clássica tradicional dos livros didáticos ou de forma bem sutil nos livros didáticos e sem novidades significativas. Esta regra, portanto, visa aproximar os estudantes do nível médio dos conhecimentos acadêmicos (BROCKINGTON; PIETROCOLA, 2005; SIQUEIRA; PIETROCOLA;2006).

**II - Atualização do Saber Escolar** -o saber escolar deve apresentar uma renovação, pois naturalmente com o tempo deixam de ser atuais e envelhecem perante as cobranças do

sistema educacional e da comunidade escolar. Ao se afastar do saber original se aproxima dos saberes dos pais, tornando-se banalizado. Este envelhecimento deixa o sistema didático ultrapassado no entendimento da sociedade e, como resultado, gera-se incompatibilidade junto ao sistema de ensino.

**III - Articulação do Saber Novo com o Antigo-** o novo saber precisa apresentar uma articulação com o saber antigo sem negá-lo ou refutá-lo. Para Astolfi, os diversos objetos do saber sábio suscetível de modernização e para diminuir à obsolescência, alguns são escolhidos por que permitem uma articulação mais satisfatória entre o novo que se tenta introduzir, e o velho já aprovado no sistema e do qual será necessário conservar alguns elementos reorganizados (ASTOLFI, 1997).

Percebe-se que a maioria dos temas propostos nos livros didáticos, naturalmente abrangem substancialmente os conteúdos como: sistema solar, gravitação universal e leis de Kepler que compõem estrutura curricular atual do ensino médio e, por isso, permitem uma articulação adequada entre ambos sem prejuízo.

**IV - Transformação de um Saber em Exercícios e Problemas** estabelece uma forte articulação com o processo de avaliação. Revela-se através da ampliação das habilidades e competências que os discentes devem apresentar ao resolver problemas e exercícios, cujas avaliações se resumem em certas ou erradas. De acordo com Pinho Alves (2000) “A aquisição e domínio deste saber, por parte do estudante, deve ser confirmada pela sua habilidade na solução de exercícios e problemas, cuja resposta envolve resultado numérico do tipo certo ou errado”.

**V - Tornar um Conceito mais compreensível** -para o saber sábio tornar-se um conhecimento mais compreensível (saber a ensinar), existe uma perda em sua linguagem original, resultado de uma linguagem escrita de forma a consentir maior entendimento de quem (pessoas) não fazem parte da comunidade que compõe o saber sábio. É necessário a criação de objetos didáticos que permitam a inserção de elementos facilitadores do aprendizado, uma espécie de linguagem apropriada, para facilitar a compreensão dos que ainda estão sendo iniciados ao tipo de saber que se deseja ensinar (BROCKINGTON; PIETROCOLA, 2005;SIQUEIRA; PIETROCOLA;2006).

### 2.1.2. *Cosmologia:- Transposição Didática*

A Cosmologia traz uma atualização, uma visão infinitamente maior do Universo, feita pelo modelo padrão atual. Nele permite-se um entendimento muito mais amplo, da forma como é estruturado pela a Gravitação Universal, Leis de Kepler e sistema solar, tendo uma oportunidade de inserir temas modernos relacionados a estes, além do habitual, justificando uma atualização biológica.

Enquanto a atualização moral pode ser justificada como sendo um conteúdo que permita mostrar o que se pesquisa através dos satélites com aparato tecnológico de ponta, apresentando novos avanços na descrição do Universo, ampliando as informações sobre o Big-Bang e Expansão do Universo. Dessa forma, justifica-se atualmente sua presença nas abordagens em sala de aula, por representar um saber que está em constantes atualizações, distante do alcance dos pais e muito presente na sociedade moderna. (OSTERMANN; MOREIRA, 2000).

Pontua-se ainda que quanto à operacionalidade, espera-se que os temas favoreçam o desenvolvimento de um material (cartilha), potencialmente significativo, com atividades capazes de motivar o aluno. E ainda, por ser um conhecimento raramente presente em sala de aula, podem surgir novos modelos diferentes dos já existentes.

Contudo, à criatividade didática por não apresentar elementos que estejam presentes apenas em sala de aula, necessita de um análogo no saber, por não ter se tornado um conhecimento efetivamente no ambiente escolar, não se tornou um conteúdo que, de fato, esteja presente no saber escolar. Indícios que apontam o porquê de temas como: a Teoria do Big-Bang e Expansão do Universo não estejam presentes na estrutura curricular do ensino médio e que, provavelmente, quando estiverem presentes, poderão ter esses objetos, haja visto que mesmo a pouca parte já presente nos livros de Física do ensino médio não traz nenhum tipo de criatividade, estando fortemente estruturado na forma tradicional, isto é, nos formatos dos conteúdos que já estão presentes nos livros.

Nestes casos a criatividade didática assume uma propriedade terapêutica. Sendo assim, os objetos didáticos são analisados somente através de relatos isolados de aplicações de professores que julgam se deram certo ou não, sempre de forma subjetiva, ou seja, sem referencial pré-estabelecido. (SIQUEIRA; PIETROCOLA, 2006).

### 2.1.3. Estado da Arte

Apesar de inicialmente ser direcionado basicamente no campo da educação matemática, o estudo da transposição didática, ultimamente é aplicado com frequência ao ensino de ciências da natureza. Tal possibilidade foi sugerida pelo próprio Chavellarde amplamente debatida por Astolfi e Develay em 1991, (NEVES; BARROS; 2011).

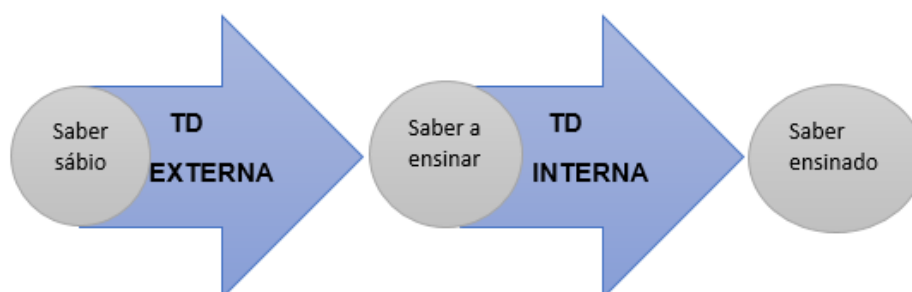
Trabalhos de pesquisas em transposição didática, no Brasil, apresentam maior quantidade em matemática, talvez pela noção de origem, na Física e na área de ciências da natureza. Entretanto, observa-se um aumento expressivo na realização de trabalhos envolvendo conceitos e publicações de diversas áreas gerando a necessidade de se notar as tendências de elaboração de trabalhos de pesquisas e prováveis construções de projetos de pesquisas.

Com o objetivo de se visualizar a forma como a transposição didática tem sido apresentada, utilizada e discutida em artigos científicos e dissertações com a finalidade de analisar e averiguar as tendências de trabalhos acadêmicos que utilizam os recursos metodológicos da transposição didática, abrangendo conhecimentos da área das ciências da natureza.

Os trabalhos analisados apresentam a transposição didática seguindo o formato apresentado por Chavellard em 1982, debatidos, reestruturados e (aperfeiçoados) por Astolfi e Develay oito anos depois. A figura 3 abaixo ilustra todas as etapas que compõem o desenvolvimento completo de uma transposição didática, onde TD (transposição didática) e, que as regras e propriedades são indispensáveis às transformações e adequações do conhecimento a ser transformado num novo saber, necessárias para que o pretendido leitor entenda e compreenda o conhecimento (conteúdo) que se deseja transportar. De acordo com Brousseau (1999)) tais transformações “despersonaliza, descontextualiza e destemporiza o máximo possível os resultados”.

**Figura 3 - Os níveis que formam a noosfera**

**Figura 3- Esquema de funcionamento da transposição didática**



Fonte: Adaptado de Melzer (2012).

Segundo Santos (2014) evidencia-se um desenvolvimento progressivo do número de trabalhos abrangendo transposição didática, mas na contramão, percebe-se que somente em uma pequena quantidade conseguem efetivar na íntegra sua proposta de averiguar a análise do saber sábio – artigo ou textos originais (científicos) perante ao saber a ensinar – livros didáticos e demais textos de ensino.

Para Melzer; Neto; Silva, (2014) observa-se o aumento de publicações sobre o tema que deve representar um crescimento na quantidade de programas de pesquisas interessados sobre transposição didática. No entanto, é importante ressaltar que alguns questionamentos de origem permanecem no campo teórico-metodológico desfavoráveis à teoria da transposição didática, conseguindo estabelecer um limite provável entre a separação e o envolvimento de sugestões teóricas no país.

Uma vez que se tem como origem teórica que preferem aceitar os saberes de origem popular, igual à proposta por Paulo Freire com fortes tendências a uma pedagogia libertadora. Neste viés, provavelmente está a oposição criada entre polos teóricos opostos, onde se representa como um fato desestimulador para pesquisadores do ensino em desenvolver uma quantidade e nível aceitável de trabalhos acadêmicos sobre transposição didática. Outro fator importante é que pesquisadores da comunidade de ensino de Física vêm procurando inovar seus estudos e atuações com Transposição Didática.

Quanto as propriedades nem sempre são possíveis de adequações, em função de alguns conteúdos ao serem transportados ainda não apresentam referências de parâmetros. Entre elas pode-se citar que a “criatividade didática” apresenta maior fragilidade. Exemplo disso são os temas propostos nesta dissertação “Teoria do Big-Bang e Expansão do Universo”, porque se notou a necessidade de algo análogo ao saber, por ainda não ter se tornado um conteúdo efetivamente presente na sala de aula. Provavelmente, esta seja uma forte evidência que indica o porquê de temas relacionados à cosmologia como: a Teoria do Big-Bang e Expansão do Universo estejam ausentes no ensino médio (SIQUEIRA; PIETROCOLA, 2006).

## 2.2 Aprendizagem significativa

No percurso deste trabalho, procurou-se apoiar os temas Teoria do Big-Bang e a Expansão do Universo, adequando-se aos princípios da Teoria da Aprendizagem Significativa, propondo como ferramenta de desenvolvimento de ensino, o uso de uma cartilha com uma linguagem adequada aos alunos do ensino médio, visto que, estes temas não são abordados em livros didáticos destinados à educação básica. Neste tópico apresentam-se os argumentos que sustentam os preceitos desta teoria, criada por David Paul de Ausubel, em 1963, defendida e divulgada na obra produzida por Moreira (2011) a partir da convergência de vários artigos sobre aprendizagem significativa, em que afirma, quanto mais se sabe, mais se aprende. Moreira se tornou famoso por ter apresentado o conceito de aprendizagem significativa – sustenta que “O fator isolado mais importante que influencia o aprendizado é aquilo que o aprendiz já conhece” (MOREIRA, 2016).

Para (PELIZZARI, KREGL, et al., 2002).

A aprendizagem torna-se significativa à medida que o indivíduo consegue relacionar, de forma não arbitrária e não literal, o conteúdo a ser incorporado às estruturas cognitivas de um aluno e adquire significado para ele a partir da relação com seu conhecimento prévio. Ao contrário, ela se torna mecânica ou repetitiva, uma vez que se produz menos essa incorporação e atribuição, e o novo conteúdo passa a ser armazenado isoladamente ou através de associações arbitrárias na estrutura cognitiva [...].

Observa-se uma larga diferença quanto as discussões a respeito da efetividade da aprendizagem, se é real ou não. Isso pode ser bastante comum nas escolas, o que significa um processo nada simples. É necessário aceitar que, apesar da chance de deixar de ocorrer, existe a de acontecer de forma significativa ou mecânica e também que o sujeito (professor) responsável pelo ensino o faça de forma consciente ou não, por uma delas.

Embora essas duas aprendizagens não sejam mutuamente excludentes, a aprendizagem mecânica, salvo casos especiais, pode ser tão indesejada quanto a não aprendizagem (LEMOS; MOREIRA, 2003). Para obter-se um ensino efetivamente significativo, é preciso inicialmente observar os seguintes fatores essenciais.

### 2.2.1. Subsúnciores

Os subsúnciores ou ancoradores, são os conhecimentos já presentes na estrutura cognitiva do aluno que podem ser usados para gerar significados às novas informações. As



novas se valem destes apoiadores para propiciar uma aprendizagem significativa e a estes são adicionados aos novos conhecimentos apresentados pelo professor (conhecimento científico), e o estudante elabora seu próprio conhecimento que se junta às novas informações, propostas de forma simbólica ao discente como conexões através do pensamento indutório.

Logo, entre os conceitos presentes e na nova informação, elaborando uma nova definição mais ampla. Essas relações se complementam e assim terminam aperfeiçoando, atribuindo inovações nos conceitos, permitindo novidades nas percepções recentes, na forma de visualizar a ligação entre o novo conceito e o já existente. Havendo uma reconciliação integradora (LEMOS, 2013).

Neste trabalho, os subsunçores são explorados na forma e estrutura sequencial dos conteúdos. Apresenta-se uma noção geral de Cosmologia, anterior aos temas, a Teoria do Big-Bang e a Expansão do Universo – entende-se que não faz sentido, abordar temas relacionados à Cosmologia, sem antes apresentar uma noção do que seja cosmologia. E mesmo, no tópico sobre Cosmologia há uma valorização temporal de como esta área da ciência se desenvolveu, conseguindo evidências sólidas.

### *2.2.2. Organizadores Prévios*

Este fator tem grande relevância para o desenvolvimento de aprendizagem significativa, fornecendo complementos que sirvam de apoio aos subsunçores para a nova aprendizagem e conduzem ao desenvolvimento de conceitos preexistentes que favoreçam a aprendizagem subsequente, facilitando um aprendizado significativo. Dessa forma, sua principal função é servir de ponte entre o que o aprendiz já sabe e o que ele precisa saber com a finalidade de que o material apresentado possa ser aprendido, ou seja, os organizadores prévios são necessários para promover a aprendizagem se usados como “pontes cognitivas” (PRÄSS, 2012).

### *2.2.3. Condições para Ocorrência da Aprendizagem Significativa*

De acordo com Moreira (2011) “o aprendiz compreende, verdadeiramente, à medida que se atribui às novas informações por meio da comunicação com informações já estipuladas”. Para que isto ocorra efetivamente são necessárias duas condições:

- O material a ser aprendido seja potencialmente significativo à estrutura cognitiva do estudante;

- Que o aluno manifeste vontade de se relacionar de forma substantiva com o novo material, ao seu arranjo cognitivo.

Segundo concepções Ausubeliana estas são as condições para que a aprendizagem significativa ocorra o termo potencialmente sugere que somente o estudante pode afirmar de fato se o material apresentado é ou não significativo, uma vez que, necessita de uma troca de significados efetivada pelo aprendiz. Em relação à segunda condição a vontade de adquirir conhecimentos jamais pode ser compreendida somente como estímulos ou preferências pelos temas abordados.

Se a intensão do estudante for definitivamente a de memorizá-lo, arbitrária e literalmente, tanto o processo de aprendizagem como seu resultado serão mecânicos e de forma semelhante, independente de quão disposto a aprender esteja o estudante, tão pouco o processo e seu resultado não poderão ser significativos, se por sua vez o material não for potencialmente significativo. Neste caso, o material precisa ser revisto. (PRÄSS, 2012).

No entanto, é importante frisar que a teoria de Ausubel é uma teoria de aprendizagem apropriada para sala de aula. Portanto, ela traz subsídios e favorece a compreensão das estratégias que o professor deve escolher ou construir para ensinar efetivamente. Apesar disso a responsabilidade pela aquisição de conhecimentos não depende somente do professor. Ao contrário, depende muito do aluno. Enquanto o papel do professor é ser o facilitador do processo, é responsabilidade do aluno escolher se deseja aprender significativamente ou não (BORGES; MOREIRA, 2003).

Ainda em consonância com Borges; Moreira (2003) reiteram que, para Ausubel, a linguagem adequada é um processo que permite a interação social entre os autores, por isso ela é um fator importante na aprendizagem, sendo necessário que o aprendiz esteja predisposto a agregar o novo material à sua estrutura cognitiva.

Após análise, percebe-se pontos convergentes entre a teoria da aprendizagem significativa e o processo da transposição didática, porquanto para ambos uma linguagem adequada é necessária ao processo de ensino-aprendizagem e que é papel do professor, compor a construção de significados para o material de estudo apresentado.

Ainda de acordo com Borges; Moreira (2003), sustentam que a teoria da aprendizagem significativa de David Paul Ausubel “é a que mais oferece, explicitamente, diretrizes instrucionais, princípios e estratégias que se pode vislumbrar mais facilmente como colocar em prática, que estão mais perto da sala de aula”. O resultado alcançado é uma metodologia facilitadora da aprendizagem. No capítulo a seguir são apresentados: uma breve introdução à

cosmologia quanto ciência, a Teoria do Big Bang e Expansão do Universo e no produto educacional será utilizada a transposição didática para adequá-los a uma linguagem acessível à educação básica.

### 3 MANUAL COM TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA

#### 3.1 Cosmologia

Os cosmólogos têm um grande interesse pelo comportamento das partículas com altas energias. Isso ocorre porque seu estudo está relacionado as origens do Universo e as bases da cosmologia, onde é estudada a estrutura, evolução e composição do Universo. Ela investiga a formação e evolução da estrutura de grande escala do Universo (galáxias, aglomerados e superaglomerados de galáxias).

Seu objetivo é estabelecer um modelo cosmológico que possa prever e explicar os resultados das observações astronômicas. Sua busca maior é a construção de um cenário que permita reconstituir o passado do Universo, entender o presente e conjecturar sobre o futuro do Cosmos e, no estudo das origens do universo, o homem teve que progressivamente abandonar a noção de que tinha qualquer posição de privilégio da Terra. Assim, no começo deste século, reconheceu que vive-se num planeta que nada difere dos demais. (LIMA; SANTOS, 2018).

Sabe-se que Terra gira em torno de uma estrela comum, o Sol, localizada quase na extremidade de nossa galáxia, a Via Láctea. Essa galáxia faz parte de um grupo de galáxias, o Grupo Local, localizado na periferia de um grande aglomerado de galáxias. Mesmo esse aglomerado chamado de aglomerado de Virgem, é pequeno em comparação aos grandes aglomerados de galáxias existentes em outras partes do Universo (OLIVEIRA FILHO; SARAIVA, 2004

O Universo, antigamente, ocupava um espaço muito pequeno e a temperatura das partículas no interior desse espaço era incrivelmente elevada. Com o passar do tempo, o Universo se expandiu e esfriou até se transformar no Universo que se percebe hoje (STEINER,2006).

Atualmente, o estudo da cosmologia é baseado na melhor teoria de gravitação existente, a relatividade geral de Albert Einstein. Seu avanço depende basicamente de dois fatores. Um, dos desenvolvimentos teóricos nas áreas de física e astronomia, e o outro de observações extremamente apuradas que utilizem tecnologias cada vez mais sofisticadas que podem atualmente ser classificadas como verdadeiros experimentos astronômicos (FRÓES, 2014).

Quando se olha para o espaço o que se percebe, na verdade, são diversas etapas da evolução do Universo, uma vez que, a luz das estrelas e galáxias gasta muito tempo para chegar até nosso planeta. Os objetos mais longínquos que somos capazes de perceber, os quasars, são núcleos extremamente luminosos de galáxias localizadas a mais de 13 bilhões de anos-luz da Terra. Cada núcleo contém um gigantesco buraco negro e quando a matéria (nuvens de gás e até estrelas inteiras) é atraída para um desses buracos, o aquecimento resultante libera uma incrível quantidade de radiação, o bastante para que a luz possa ser percebida na Terra, apesar da enorme distância. Portanto, hoje quando “vemos” um quasar como era no passado distante, quando a luz lançada por ele começou a viajar em nossa direção. (OLIVEIRA FILHO; SARAIVA, 2003).

### **3.2. O Big Bang**

O termo Big Bang (grande explosão) surgiu como uma metáfora (utilizada por Fred Hoyle) para ridicularizar o modelo cosmológico de Friedman-Lemaître. Esta metáfora acabou correspondendo ao jargão científico, agora sem as características de ridicularização que o motivaram. O cosmólogo belga Georges-Henri Edouard Lemaître (1894-1966), no ano de 1927, idealizou que toda a matéria do universo estaria centralizada no que ele chamou de átomo primordial. Segundo ele, esse átomo se fragmentou em incontáveis pedaços, cada um se partindo cada vez mais, até constituir os átomos presentes no Universo, numa enorme fissão nuclear. Assim, hoje entende-se que esse modelo não pode ser correto, pois não atende às leis da relatividade e estrutura da matéria (quântica), mas serviu como fonte de inspiração para a criação dos modelos mais recentes (SOARES, 2002).

A teoria do Big-Bang considera que as galáxias estão se distanciando umas das outras, como observado por Edwin Hubble, em 1929. No passado, elas deveriam estar cada vez mais próximas e, num passado remoto, 10 a 15 bilhões de anos atrás, deveriam estar todas num mesmo ponto, muito quente, uma singularidade espaço-tempo que se expandiu. Ao contrário da impressão de que o Big-Bang foi algo semelhante à explosão de uma bomba gigantesca, que alguém poderia, pelo menos em princípio, observar à distância. Para os cosmólogos, o Big-Bang representa o começo espaço-tempo, ou seja, o início do Universo observável. Não existe um ponto no espaço atual em que os cientistas possam indicar e dizer: “O Big-Bang ocorreu aqui”. O Big-Bang aconteceu em toda parte (STEINER, 2006).

O matemático e meteorologista russo Alexander Alexandrovitch Friedmann (1888-1925), independentemente de Lemaître já tinha descoberto toda uma família de soluções das equações da Teoria da Relatividade Geral. Essas soluções para a relatividade geral encontradas por Friedmann e Lemaître descreve um Universo em expansão e eles são chamados os pais da Cosmologia Moderna. As possíveis soluções para as equações da relatividade geral incluem expansão eterna ou com recolapso. Se a constante cosmológica é nula, os modelos se dividem em três grupos:

- i) O Universo é fechado - Se a densidade de matéria for alta suficiente para reverter à expansão;
- ii) O Universo é aberto e continuará se expandindo para sempre - Se a densidade for muito baixa;
- iii) O Universo plano – se expande para sempre, mas a velocidade das galáxias será cada vez menor, chegando a zero no infinito - o Universo é euclidiano.

Assim, qual desses modelos representa uma configuração real do Universo permanece como um dos centros das especulações da cosmologia moderna, mas as observações recentes começam a testar estas hipóteses. Entre várias duas merecem destaque. (LIMA; SANTOS, 2018):

i) O físico russo-americano George Gamow, em 1940, (aluno de Friedmann), sugeriu um modelo com início oposto ao de Lemaître: fusão nuclear. Esse modelo iniciou com partículas fundamentais que se aglomeraram em elementos mais pesados, por fusão, após o Big-Bang. Suas ideias estão corretas, exceto que as condições iniciais do Universo não eram adequadas para fundir o carbono e elementos mais pesados, formando somente H e He em abundância significativa. Os elementos mais pesados foram produzidos, mais tarde, no interior das estrelas; (OLIVEIRA FILHO; SARAIVA, 2014):

ii) O Projeto Boomerang publicou em abril de 2001, nova análise dos dados de micro-ondas por balão, com resolução de  $0,3^\circ$  (comparados com  $7^\circ$  do COBE – Cosmic Background Explorer) que mediram 1,8% do céu, e concluíram que a matéria bariônica só representa 3% da energia total, que a energia total está entre 0,98 e 1,03 da energia crítica e que a energia de repulsão está entre 0,52 e 0,68 da energia crítica. Com estes resultados, a idade do Universo está entre 14 e 16,2 Ganos. O satélite MAP (Microwave Anisotropy Probe) foi lançado em 30 de junho de 2001 e, com uma resolução de  $0,3^\circ$  e uma sensibilidade de 20 micros Kelvins, fará uma medida muito mais sofisticada rica em detalhes de todo o céu. (OLIVEIRA FILHO; SARAIVA, 2014).

Além do mais, não faz sentido a expressão “antes do Big-Bang”, uma vez que o tempo começou a ser medido a partir do momento do Big-Bang. Por outro lado, pode-se perceber que a expansão do Universo não interfere no tamanho e acúmulos das galáxias, que permanecem consistentes pela gravidade; o espaço entre eles simplesmente aumenta, como num bolo com passas, crescendo como fermento no forno.

Pode-se imaginar o que aconteceu durante os intervalos de tempo sucessivos após o Big Bang. A figura 4, apresenta uma imagem não realista e apenas ilustrativa do Universo, com os acontecimentos sucessivos após o Big-Bang, dispostos em uma sequência cronológica (MEKLER, NETO,2008):

$t \approx 10^{-43}$  s: Esse é o primeiro instante no qual se consegue dizer alguma coisa que faça sentido a respeito da evolução do Universo. É nesse momento que os conceitos de espaço e tempo ganham o significado atual, e as leis da Física como são concebidas podem ser aplicadas. Nesse instante, o Universo inteiro é muito menor que um próton, e a temperatura é da ordem de  $10^{32}$  K. Flutuações quânticas de estrutura do espaço-tempo são semente que mais tarde constituem à formação de galáxias, aglomerados de galáxias e superaglomerados de galáxias;

$t \approx 10^{-35}$  s: O Universo se expande violentamente (era da inflação);

$t \approx 10^{-34}$  s: Nesse momento, o Universo passa por uma inflação assustadoramente rápida, em que seu tamanho é multiplicado por um fator da ordem de  $10^{30}$  provocando a formação de matéria com uma acomodação definidas pelas flutuações quânticas iniciais. O Universo se transforma em uma composição formada de fótons, quarks e léptons a uma temperatura da ordem de  $10^{27}$  K, elevada demais para a formação de prótons e nêutrons;

$t \approx 10^{-32}$  s: Fim da inflação;

$t \approx 10^{-10}$  s: O Universo se torna uma sopa quentíssima de radiação e partículas elementares (quarks, glúons, elétrons, fótons, neutrinos etc.);

$t \approx 10^{-4}$  s: O Universo bem mais frio por causa da expansão. Os quarks se juntam para formar prótons, nêutrons e as antipartículas correspondentes. Os fótons, neste momento ainda não têm energia bastante para se libertarem das partículas recém-formadas. Partículas de matéria e antimatéria chocam-se e se anulam mutuamente. Um pequeno excesso de matéria que sobrevive dar origem ao mundo de matéria que conhecemos atualmente;

$t \approx 1$  min: O Universo frio o bastante para que os prótons e nêutrons, ao se chocarem, consigam formar os núclídeos leves  $^2\text{H}$ ,  $^3\text{H}$ ,  $^4\text{H}$  e  $^7\text{Li}$ . As abundâncias relativas previstas para esses núclídeos continuam as mesmas observadas atualmente. Existe uma quantidade enorme

de radiação presente, mas os fótons não podem percorrer distâncias razoáveis sem interagir com o plasma formado por íons positivos e elétrons livres; motivo pelo qual, neste momento o Universo é opaco;

$t \approx 10^2$  s: Prótons e nêutrons, ambos bárions, formam núcleos de átomos leves;

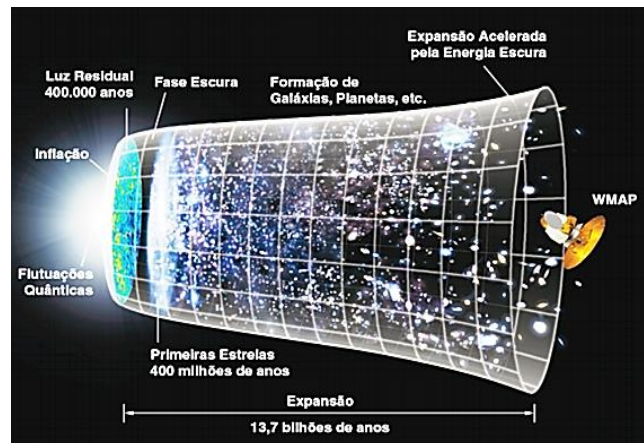
$t \approx 379\ 000$  anos: A temperatura diminuiu e chegou aos 2970K suficiente para os elétrons se combinarem com íons para constituir átomos. Como a interação dos fótons com átomos e nêutrons é bem menor que com plasma, a luz agora consegue percorrer grandes distâncias sem interagir com a matéria. A radiação existente, nesse período, sobrevive para formar a radiação cósmica de fundo. Os átomos de hidrogênio e de hélio, por interferência da gravidade, começam a se aglomerar, dando origem à formação das estrelas e galáxias; até que isso ocorra, o Universo é aparentemente escuro;

$t \approx 200$  milhões de anos: Formam-se as primeiras estrelas e galáxias;

$t \approx 9$  bilhões de anos: Formação do sistema solar;

$t \approx 10$  bilhões de anos: Início da vida na Terra.

**Figura 4-Universo, desde as primeiras flutuações quânticas, logo após o instante  $t=0$ .**



Fonte: Adaptado de AMARANTE, Ricardo Orsinide Castro. Disponível em

<http://eternosaprendizes.com> Acesso em 12/09/19

As primeiras observações evidenciaram uma radiação cósmica de fundo aparentemente isotrópica, o que demonstrava que, 379.000 anos após o Big-Bang, a matéria do Universo era distribuída de forma homogênea. Tal descoberta foi considerada admirável uma vez que, atualmente, a matéria do Universo não está distribuída homogeneamente, mas se concentra em galáxias, aglomerados de galáxias e superaglomerados de aglomerados de galáxias.

Há também grandes vazios onde a quantidade de matéria é bem menor que a média, e locais que concentram uma enorme quantidade de matéria que são chamadas de muralhas.



Para que a teoria do Big-Bang da origem do Universo esteja correta, é necessário que as sementes dessa distribuição não uniforme de matéria já existissem antes que este completasse 379.000 anos, uma vez que se manifestariam como uma irregularidade na distribuição da radiação de fundo.

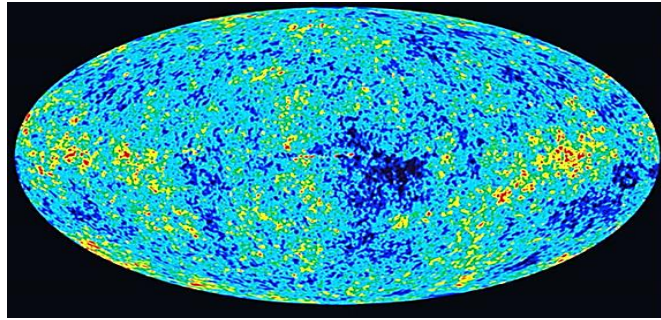
Atualmente, após a fase inicial quando se procurou usar a existência do “fundo de radiação” como uma comprovação a favor do Big-Bang, uma grande quantidade de experimentos já foi lançada e vários em fase de elaboração. Eles buscam traduzir as possíveis informações que fundamentam como funciona um eco dos instantes iniciais de criação do Universo. Uma das hipóteses é que no fundo de micro-ondas sejam encontrados os registros das informações que, traduzidas corretamente, possam nos conduzir a uma melhor compreensão do fenômeno de formação do Universo.

Outras informações dos pesquisadores desta ciência é a de que se está na terceira geração de satélites com a finalidade de analisar o fundo de radiação cosmológica, como:

- COBE é um satélite da NASA lançado em 1989 que deu início a uma nova era para a pesquisa da radiação de fundo e, que através de imagens enviadas mostrou que a radiação cósmica de fundo, não é perfeitamente uniforme;
- WMAP (Wilkinson Microwave Anisotropy Probe), outro satélite também da NASA que possibilitou medir a falta de uniformidade com uma resolução bem maior. A imagem da figura 5 representa uma verdadeira fotografia do Universo enviada por este satélite, quando tinha somente 379.000 anos de idade, representando a visão que um observador teria se olhasse em todas as direções (o espaço concentrado em uma forma oval);
- PLANCK lançado em 2009, permaneceu ativo até 2013, onde os resultados obtidos através desse equipamento e publicados em 2018, indicam que a radiação cósmica de fundo, na verdade, é um dos componentes do Universo primordial. (SOUZA,2019)

De tal modo, constata-se que entre os vários modelos para o que ocorreu nos primórdios do Universo, o modelo do Big-Bang, acoplado ao cenário inflacionário tem obtido excelente respaldo observacional. (MEKLER, NETO,2008).

**Figura5- Universo com apenas 379.00 anos de idade.**



Fonte: [www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=mapa-radiacao-cosmica-fundo](http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=mapa-radiacao-cosmica-fundo).  
Capturado em 15/04/2021.

De acordo com Novello (2010) “no modelo de criação Big-Bang, não é possível desenvolver racionalmente uma ciência completa do Universo”. Para o autor, isso se deve ao fato de que o modelo do átomo primordial exige a identificação de um ponto singular com o momento de criação do Universo: o volume total do espaço tridimensional seria, naquele momento, naquele ponto, estritamente zero.

Por fim, a teoria do Big-Bang, como explicação para a origem e evolução do Universo, é vista como padrão da cosmologia moderna. Entretanto, o nome (big-bang) pode nos conduzir a um entendimento errôneo, de singularidade com os fenômenos explosivos presentes em nosso cotidiano. Compõem sua estrutura teórica e observacional, especialistas de diversas áreas da Física e Astronomia, os quais procuram ampliar o entendimento a respeito do Universo. (SOUZA, 2019).

### **3.3 O universo em expansão**

Quando se observa a luz das galáxias, eliminando somente as que se encontram em nossa proximidade imediata, percebe-se um acontecimento interessante: Todas estão se afastando da Terra!

A figura 6, a seguir, mostra a imagem do astrônomo americano Edwin Powell Hubble (1889-1953), utilizando o recém-instalado telescópio de 2,5 m de diâmetro do Monte Wilson, na Califórnia, através do qual ele conseguiu enxergar e medir as estrelas individuais na galáxia de Andrômeda, comprovando conclusivamente que nossa galáxia não é a única no Universo.

**Figura 6 - Hubble no telescópio Hooker no Observatório do Monte Wilson (Califórnia)**



Fonte: LIMA, J. A. S. e SANTOS, R (2018) Rev. Bras. Ensino de Física, 2018, vol.40, no. 1.

Em 1929, ele descobriu que existe uma relação direta entre a velocidade aparente de recessão e a distância a que se encontra da Terra, isto é, quanto mais distante a galáxia, maior sua velocidade de afastamento, está descrita na equação 1, conhecida como Lei de Hubble

$$V = Hr \quad (1)$$

onde:  $v$  é a velocidade aparente de recessão de uma galáxia,  $r$  é a distância a que a galáxia se encontra da Terra;  $H$  é a constante de proporcionalidade, é chamada de constante de Hubble.

O valor  $H$  é geralmente medido em quilômetros por segundo-megaparsec(  $\text{km/s.Mpc}$ ), em que o parsec é uma unidade de comprimento muito usada na astronomia:

$$1\text{Mpc} = 3,084 \cdot 10^{19}\text{km} = 3,260 \cdot 10^6\text{anos} - \text{luz} \quad (2)$$

onde  $M_{\text{pc}}$  megaparsec.

O valor da constante de Hubble não permaneceu durante a evolução do Universo. Não é fácil determinar o valor com exatidão, uma vez que, a medida envolve o estudo da luz originária de galáxias muito distantes. Com suporte em dados recente, os cientistas atribuem a  $H$  o seguinte valor:

$$H = \frac{71,0\text{km}}{\text{s}} \cdot \text{Mpc} = \frac{21,8\text{mm}}{\text{s}} \cdot \text{anos} - \text{luz} \quad (3)$$

Comprovando, com isso, a primeira evidência para a expansão do Universo já prevista pelo russo Alexander Alexandrovitch Friedmann (1888-1925) em dois artigos publicados. (LIMA, SANTOS, 2018).

A recessão das galáxias é entendida como uma indicação de que o Universo está se expandindo, de forma semelhante como a distância entre os pontos de um balão aumenta

quando o balão é inflado. Observadores em outras galáxias também enxergariam as galáxias distantes se afastarem.

De acordo com a lei de Hubble na comparação do balão não existe ponto da superfície do balão que tenha ponto de vista favorecido. Embora a descoberta da expansão do Universo, vários pesquisadores na época concordavam com a Teoria do Estado Estacionário, isto é, que o Universo era similar em todas as direções e imutável no tempo. A lei de Hubble está alinhada com a hipótese de que o Universo “começou” com uma grande explosão – o Big-Bang e está expandindo desde aquela época com produção contínua de matéria para equilibrar a expansão observada, conservando a densidade média constante. (OLIVEIRA FILHO; SARAIVA, 2014).

Essa teoria foi apresentada por Sir Herman Bondi (1919-), Thomas Gold (1920-) e Sir Fred Hoyle (1915-2001). Supondo que a velocidade de expansão tenha se conservado (isto é, que o valor de H tenha permanecido o mesmo durante todo esse tempo) é possível prever a idade T do Universo, desde que ocorreu o Big-Bang, uma parte do Universo (digamos, uma galáxia) tenha se afastado da Terra com uma velocidade V, através da equação 4 podemos obter a idade estimada do Universo:

$$T = \frac{r}{v} = \frac{r}{Hr} = \frac{1}{H} \quad (4)$$

onde: T idade do Universo, v é a velocidade aparente de recessão de uma galáxia, r é a distância a que a galáxia se encontra da Terra e H é a constante de Hubble.

Para o valor de H constante, T=13,8.109 anos. Estudos mais recentes e sofisticados da expansão do Universo determinam um valor de T pouco menor resultando em T= 13,7.109 anos (LIMA; SANTOS, 2018).

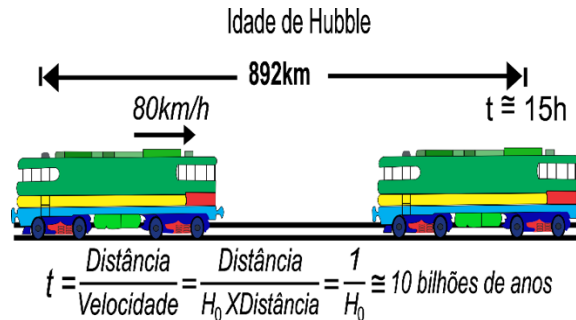
### 3.3.1. Quando Ocorreu Esta Expansão Inicial?

Pode-se deduzir esta informação a partir de uma experiência bastante simples e corriqueira. Imagine a seguinte situação em que, um trem parte da cidade de São Luís - MA em direção à cidade de Canaã dos Carajás - PA a uma distância  $d = 892\text{km}$ . Supondo-se que a velocidade do trem,  $V = 80 \text{ km/h}$ , se mantém constante pode-se concluir que o tempo de viagem deve ser aproximadamente de 15h . A figura 7 ilustra a situação descrita.

De modo análogo, o mesmo fenômeno ocorre com as galáxias que acompanham a expansão do Universo. Se se considerar uma galáxia a uma distância de 10 mpc, pode-se constatar que, segundo a lei de Hubble, sua velocidade de afastamento é aproximadamente de

7000km/s. Portanto, tal qual ocorre com a experiência do trem, pode-se concluir que a expansão inicial ocorreu a cerca de 10 bilhões de anos atrás e, deste então, o Universo se encontra em expansão. (SOUZA, 2019).

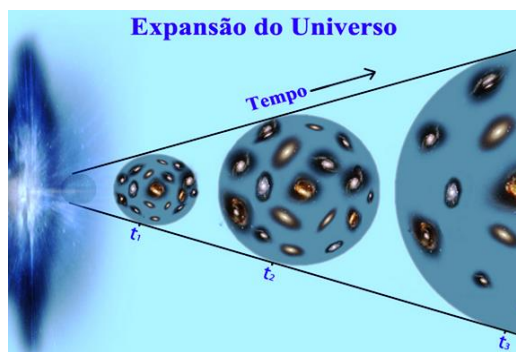
**Figura 7-Calculo da idade do universo.**



Fonte: Adaptado de <http://www.astro.iag.usp.br/~ronaldo/intrcosm/Notas/CMBR.pdf>

O nome “Big-Bang” ou Grande Explosão foi sugerido, afrontosamente, em 1950, por Fred Hoyle, para o fenômeno que deu “início” do Universo, quando se iniciou a expansão. A figura 8 é uma imagem ilustrativa da expansão sem centro do Universo e representa o entendimento proposto por Edward P. Tryon propôs, em 1973, em que, o Big -Bang ocorreu por uma flutuação quântica do vácuo. Já em que se refere ao destino do Universo há duas possibilidades: i) o Universo se expandirá para sempre, ou ii) a expansão parará e haverá novo colapso ao estado denso (*Big Crunch*). (OLIVEIRA FILHO; SARAIVA, 214)

**Figura 8-Fenômeno da expansão sem centro.**



Fonte: LIMA, J. A. S. e SANTOS, R (2018) Rev. Bras. Ensino de Física, 2018, vol.40, no. 1.

O Universo colapsará novamente somente se a atração gravitacional da matéria (e energia) contida nele for grande o bastante para parar a expansão. Como a matéria e energia escura do Universo pode chegar a 96% da massa total, não se consegue ainda determinar se o Universo está se expandindo com velocidade maior do que a velocidade de escape, ou seja, se o Universo permanecerá se expandindo para sempre. Pode-se expressar a massa em termos da

densidade, ou seja, da massa por unidade de volume. A densidade crítica equivale a 5 átomos de hidrogênio por metro cúbico, dez milhões de vezes menor do que o melhor vácuo que pode ser obtido em um laboratório na Terra é: (OLIVEIRA FILHO; SARAIVA, 2014)

$$\rho_{crítica} \cong 10^{-29} g/cm^3 = 10^{-26} kg/m^3 \quad (5)$$

onde  $\rho_{crítica}$  densidade crítica.

Em 1965, a descoberta da radiação de micro-ondas do fundo do Universo pelos radio-astrônomos Arno Allan Penzias (1933) e Robert Woodrow Wilson (1936), quando testavam um receptor de micro-ondas muito sensível, usado em pesquisas de comunicação, perceberam um leve “chiado” cuja intensidade não variava com a direção para a qual a antena do aparelho estava apontada. A figura 9, a seguir, mostra a imagem dos dois cientistas e da gigantesca Antena projetada, em 1960, para testes de comunicação de baixo ruído com o satélite echo. Depois de rejeitar muitas outras probabilidades certificaram-se de que estavam captando uma radiação cósmica de fundo produzida no passado remoto (radiação remanescente do Big Bang), o que reforçou a teoria do Big-Bang.

**Figura 9-Arno Penzias e Robert F Wilson com sua antena corneta de Holmdel.**



Fonte:<http://www.astro.iag.usp.br/~ronaldo/intrcosm/Notas/CMBR.pdf>

A radiação do fundo do Universo é o sinal eletromagnético proveniente das regiões mais distantes do Universo (a cerca de 12 bilhões de anos-luz); ela havia sido prevista, em 1948, pelos americanos Ralph Asher Alpher (1921) e Robert Herman (1922-1997) como a radiação remanescente do estado quente em que o Universo se encontrava quando se formou (na verdade, quando ele se tornou transparente, 380 000 anos após o “início”, há 12 bilhões de anos). Ralph Alpher e Robert Herman publicaram a previsão da radiação do fundo do Universo, 5K, em 1948. Penzias e Wilson receberam o prêmio Nobel em 1978 pela descoberta. A radiação do fundo do Universo apresenta as condições do Universo 380 mil

anos após o Big-Bang, quando o Universo era dominado basicamente por radiação. (FRÓES, 2014)

Atualmente, a radiação cósmica de fundo é a luz que começou a andar pelo Universo logo depois que ele “começou” a existir, há bilhões de anos. Quando o Universo era mais recente a luz não conseguia percorrer uma distância aceitável sem se envolver com as partículas de matéria. Quando as partículas começaram a formar átomos a difusão da luz diminuiu radicalmente. Um raio de luz que partisse de um ponto poderia vagar durante bilhões de sem interagir com a matéria. É essa luz que atualmente constitui a radiação cósmica de fundo. (STEINER, 2006).

### *3.3.2. Espectroscopia e Efeito Doppler Relativístico*

Na primeira década do século 20 a espectrometria e o efeito doppler foram as ferramentas utilizadas e bem estabelecidas para um procedimento de medição da velocidade radial do movimento próprio das estrelas (sistema heliocêntrico), representado pela figura 10 abaixo. O efeito doppler relativístico já faz parte dos conteúdos de Física inseridos na grade curricular do ensino médio. Basicamente, uma abordagem quantitativa, com foco nas variações da frequência de onda qualquer, causadas pelo movimento da fonte ou do receptor de ondas. (MÁXIMO, ALVARENGA, 2011).

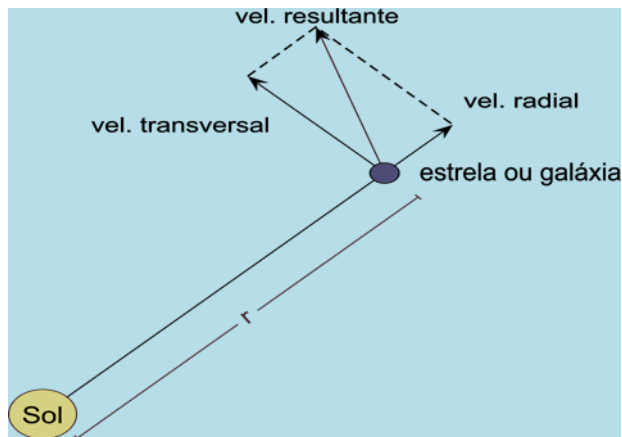
Quanto à espectroscopia, parte do fenômeno de que uma estrela produz energia continuamente através do processo de fusão nuclear, mas o padrão da radiação emitida que se observa provém das suas camadas superiores. Este padrão é a assinatura química da estrela, se a estrela não se move em relação ao observador, o padrão é o mesmo que seria alcançado em um laboratório terrestre, mas se a estrela se move, o padrão sofrerá um deslocamento como demonstra a figura 11. Se a estrela se aproxima do observador o espectro tende para frequências mais altas ou jargão dos espectroscopistas, sofre um deslocamento para o azul. Se a estrela se afasta do observador, o espectro tende para frequências mais baixas, isto é, sofre um deslocamento para o vermelho. Estes deslocamentos são qualificados por meio de um parâmetro convenientemente definido, o parâmetro  $z$  ou deslocamento para o vermelho (ROCHA, 2019).

Esse parâmetro pode ser definido de duas formas equivalentes. Uma utiliza a frequência e a outra o comprimento de onda, apesar de ser está última que é usada pelos astrofísicos. Utilizando a frequência:

$$z = \frac{f_E - f_R}{f_R} \quad (6)$$

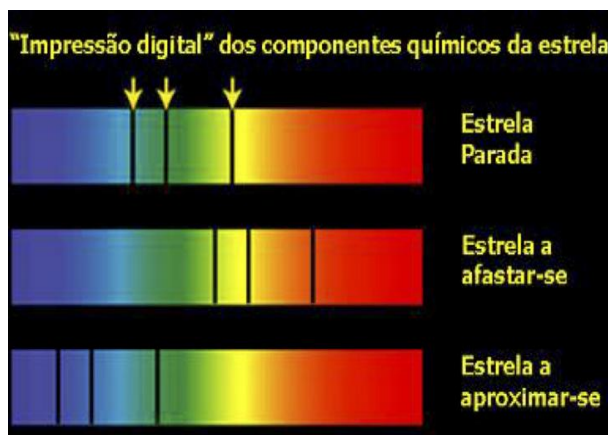
onde:  $f_E$  é a frequência da radiação emitida pela fonte emissora (estrela ou galáxia),  $f_R$  é a frequência da radiação registrada no receptor e  $z$  mede o deslocamento para o vermelho.

**Figura 10- Movimento próprio de uma estrela ou galáxia em relação ao Sol**



Fonte: Adaptado de Rev. Bras. Ensino Fís. vol.41 no.4 São Paulo 2019 Epub Apr 25, 2019

**Figura11-Espectro de absorção de uma estrela.**



Fonte: Rev. Bras. Ensino Fís. vol.41 no.4 São Paulo 2019 Epub Apr 25, 2019.

Utilizando o comprimento de onda:

$$z = \frac{\lambda_R - \lambda_E}{\lambda_E} \quad (7)$$

onde:  $\lambda_E$  é o comprimento de onda da fonte emissora,  $\lambda_R$  é o comprimento de onda recebido pelo receptor e  $z$  mede o deslocamento para o vermelho.

Em 1929, Hubble concluiu que a maioria das nebulosas – o que hoje chamamos de galáxia, afastavam-se do Sol com uma velocidade heliocêntrica radial linearmente proporcional à distância entre o Sol e as galáxias, ou seja:



$$V_r = kd \quad (8)$$

onde:  $k$  é uma constante,  $V_r$  é a velocidade radial da galáxia em relação ao Sol e  $d$  a distância entre o Sol e as galáxias ou entre o observador e as galáxias.

Para uma abordagem mais didática hoje em dia escreve-se a relação (8) em uma forma ligeiramente diferente:

$$V_r = H_0 d \quad (9)$$

onde:  $v_r$  velocidade radial da galáxia em relação ao Sol,  $d$  a distância entre o Sol e as galáxias ou entre o observador e as galáxias e  $H_0$  é a constante de Hubble medida no tempo presente, porquanto hoje sabe-se que a constante de Hubble “não é realmente uma constante” e varia no decurso do tempo cosmológico. Seu valor numérico atual é de  $H_0=100hkms^{-1}Mpc^{-1}$ , onde  $h$  é um fator de ajuste que está entre 0,5 e 1,0, logo,  $50 < H_0 < 100kms^{-1}Mpc^{-1}$ .

A unidade de distância utilizada é o parsec (pc) e  $1pc \approx 3,2$  anos-luz;  $1Mpc = 10^6pc$ . Se  $v/c \ll 1$ , a equação (9) pode ser escrita na forma:

$$zc = H_0 d \quad (10)$$

onde:  $c$  é a velocidade da luz  $300km.s^{-1}$ ;  $z$  é o parâmetro das raias espectrais e  $d$  a distância entre o Sol e as galáxias ou entre o observador e as galáxias.

### 3.3.3. Explicação Cosmológica da Lei de Hubble

Na forma expressa pela equação (10), a lei de Hubble, também conhecida como a relação entre o deslocamento para o vermelho e a distância, deve ser considerada como uma relação empírica, isto é, o resultado de observações diretas dos fenômenos válidos para  $0 < z < 0,1$ .

A relação entre a velocidade de afastamento de uma galáxia e a sua distância ao observador não deve ser confundida com a relação mais geral obtida a partir do modelo cosmológico atualmente aceito que é dado por:

$$V_r = H(t) lp \quad (11)$$

onde  $v_r$  velocidade de recessão de uma galáxia,  $lp$  é a distância própria (valor que mediríamos com nossa régua se pudéssemos congelar o Universo e medir entre dois pontos) entre o observador e a galáxia e  $H$  a “constante” de Hubble é função do tempo cosmológico, mas não do espaço. A equação (11) define o fluxo de Hubble e consequência do modelo cosmológico

adotado, que considera nosso Universo homogêneo, isotrópico. No qual, é possível mostrar que a distância própria entre o observador e uma galáxia pode ser escrita na forma:

$$lp = a(t)r, \quad (12)$$

onde  $lp$  é a distância própria entre dois pontos (o observador e a galáxia)  $r$  é a distância cosmológica entre o observador e uma galáxia ou entre duas galáxias. A função  $a(t)$  é o fator de escala e para instante presente  $t_0$  tomado como referência, vale a unidade, isto é:  $a(t_0) = 1$ .

A velocidade de afastamento é dada por:

$$V = \frac{dlp}{dt} = \frac{da(t)}{dt} r = \frac{da(t)}{dt} a(t) r = H(t)lp, \quad (13)$$

onde determinamos a “constante de Hubble” por:

$$H(t) = \frac{da(t)}{dt} \frac{1}{a(t)}, \quad (14)$$

a constante empírica de Hubble equivale a

$$H_0 = \left. \frac{da(t)}{dt} \times \frac{1}{a(t)} \right|_{t=t_0} \quad (15)$$

onde  $t_0$  é a época atual e  $H_0$  é a constante de Hubble medida no tempo presente. Ainda que, a lei empírica de Hubble indique que as galáxias estão em movimento de recessão é a equação (11) nos permite afirmar que o Universo está em expansão.

Uma conclusão importante desta expansão cosmológica é que o Universo está evoluindo e deve ter se expandido repentinamente no passado distante. Esta expansão inicial é conhecida como o Big Bang. No passado distante as galáxias estavam muito mais próximas entre si do que hoje (SOUZA, 2019).

No capítulo, a seguir é apresentado o desenvolvimento do manual com transposição didática.

## 4 METODOLOGIA

Neste capítulo é apresentado o desenvolvimento do manual com transposição didática voltado para alunos de ensino médio. Inicialmente foi realizada uma pesquisa para levantamento bibliográfico a respeito dos temas a Teoria do Big-Bang, a Expansão do Universo, Transposição Didática, Construção de Manuais e a Teoria de Aprendizagem significativa de Ausubel. Foi elaborado um questionário com o uso do *googleforms* contendo questões fechadas direcionado aos docentes da referida unidade de ensino na área de ciências da natureza e, ciências humanas. O questionário tinha por objetivo fazer uma sondagem inicial sobre o conhecimento do tema mesmo que de forma superficial, além de averiguar a receptividade do trabalho que seria desenvolvido na escola.

Posterior à apresentação da proposta do manual aos professores, foi apresentado aos alunos, das turmas de 1ª ano, do nível médio, o manual cuja propostaera fazer a abordagem dos temas que envolvem a Teoria do Big-Bang e Expansão do Universo (uma vez que a ausência desses assuntos ainda é notável na grade curricular do ensino médio, bem como nos livros didáticos).Entre os recursos metodológicos desenvolvidos foram feitas atividades como debates, palestras, descrições e roda de conversa. Essas atividades buscam a transformação do saber, uma vez que sondam a aquisição do conhecimento do estudante durante o desenvolvimento dos temas apresentados. Ante isso, os discentes terão contato com a cosmologia além da Newtoniana, por meio de uma abordagem qualitativa.Desse modo, os temas elencados são instigantes e tratam das teorias e observações sobre a origem e evolução do Universo.

Essa proposta didática foi apresentada e desenvolvida na Escola da rede Pública estadual de Ensino Médio “Centro de Ensino Professor Antônio Carlos Beckman” (fig. 12), localizada no município de Açailândia no Estado do Maranhão. A escolha desta escola se deu pelo fato de o autor deste trabalho ser docente do seu quadro efetivo, o que facilitou significativamente a realização das atividades propostas. A escola funciona em ambos os turnos, matutino e vespertino.

As atividades foram desenvolvidas com turmas da 1ª série dos turnos matutino (100 e 102) e vespertino nas turmas (100 e 103), num total de 270 alunos participantes durante os anos 2019 e 2020. Como o autor desta pesquisa estava trabalhando somente com turmas do 1º ano, nada mais cômodo desenvolver o trabalho com este público.

**Figura 12- Centro de Ensino de Antônio Carlos Beckman.**

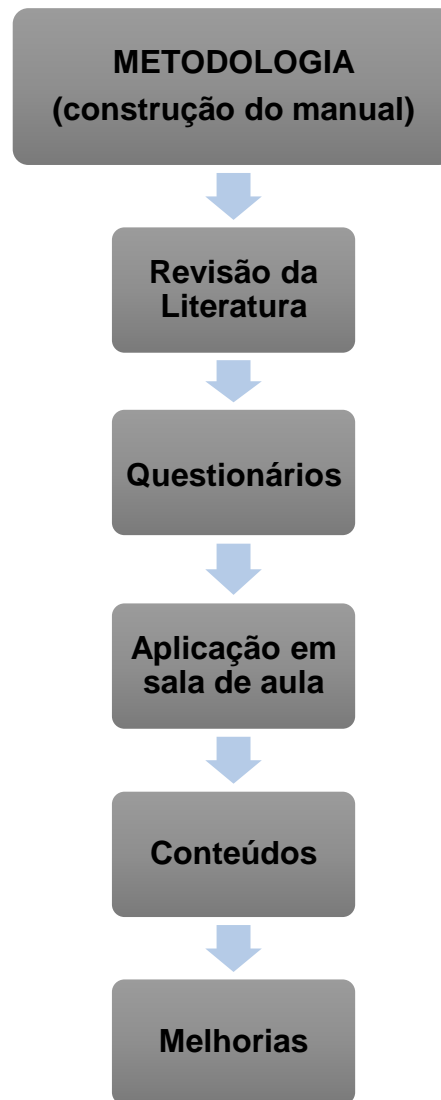


Fonte: googlemaps (2019).

A elaboração deste produto educacional seguiu de acordo como é mostrado na figura 13, onde está indicada cada uma das etapas desta produção. Um dos objetivos da confecção deste produto é subsidiar os trabalhos docentes ampliando e favorecendo a construção do conhecimento quanto à inserção de temas sobre Cosmologia nas aulas de Física.

No fluxograma apresentado na figura 13, são mostradas as etapas da elaboração do produto educacional. Um dos objetivos deste produto é dar subsídio aos trabalhos de docentes do ensino médio ao ensino destes temas de Cosmologia, ampliando e favorecendo a construção do conhecimento dos referidos assuntos nas aulas de Física.

**Figura 12- Etapas da metodologia de elaboração do manual.**



Fonte: Autor

O desenvolvimento deste manual se deu através da realização de pesquisas bibliográficas em que foram feitas revisões da literatura que fazem tratativas aos temas, em artigos, dissertações, teses de doutorado, livros, revistas científicas, sites que abordam os conteúdos que compõem os temas da Física contemporânea Big-Bang e Expansão do Universo presentes neste trabalho. Também se buscou uma compreensão satisfatória sobre a construção de manuais com transposição didática e a teoria da Aprendizagem Significativa.

Em relação aos questionários foram realizados 3, com professores e alunos a fim de se obter dados para subsidiar o desenvolvimento do manual para alunos do ensino médio sobre o Big-Bang e a Evolução do Universo. O questionário 1 teve como público alvo os docentes das

áreas de ciências da natureza e ciências humanas, do Centro de Ensino Professor Antônio Carlos Beckman. Foram utilizadas questões objetivas sobre os temas Big-Bang e Expansão do Universo visando aferir a compreensão que os referidos professores tinham sobre estes assuntos e também qual o grau de aceitação deles. Já o questionário 2 foi direcionado aos alunos das turmas do ano 2019 e composto por questões objetivas ao ter, por finalidade, averiguar a aprendizagem, a participação e a qualidade do trabalho desenvolvido. Em 2020, foi elaborado e aplicado o questionário 3 contendo e, ao mesmo tempo, contemplando questões objetivas com o intento de fazer uma diagnose em relação aos conhecimentos prévios dos alunos em relação aos temas, para posteriormente, serem utilizados na aplicação do manual. Frisa-se que os questionários realizados encontram-se em anexo neste trabalho.

Neste percurso, em meados de abril, com a pandemia do coronavírus, foi decidido coletivamente entre a supervisão e a gestão escolar, a continuidade das atividades para outro momento, considerando a suspensão das aulas presenciais e não acesso à *Internet* pela maioria dos alunos. No capítulo 5 são discutidas as análises das respostas obtidas pelos questionários.

A metodologia desenvolvida, em sala de aula, compreende o uso do manual com transposição didática, ou seja, com linguagem acessível para alunos do ensino médio. Essa metodologia focou no desenvolvimento de ações que favorecem a utilização pelos alunos com conhecimentos prévios (subsunçores) de forma organizada e desenvolvem condições (organizadores prévios) que possibilitam a aquisição de novos conhecimentos, ampliando a estrutura cognitiva dos estudantes. Dessa forma, foram realizados debate, roda de conversa, atividades práticas, questões subjetivas, desenhos de caricaturas, construção e exposição de mural.

Os temas abordados, por sua vez, apresentam grande potencial para elaboração de atividades, além das sugeridas neste material, capazes de motivar os alunos. Por ser uma área pouca explorada (praticamente não é explorada), na sala de aula, os docentes devem apresentar modelos metodológicos com leves variações quanto à operacionalidade didática, tendo o cuidado em não descambar para a tecnicidade exacerbada e matematização exagerada, uma vez que estes temas podem comportar isso.

Observa-se que o professor deve acompanhar os alunos durante toda execução das atividades, procurando identificar possíveis dificuldades encontradas e propor ações que gerem soluções na superação dos obstáculos, facilitando o alcance do aprendizado desejado. As atividades propostas estão descritas nos apêndices J a L, em anexo.

Em se tratando da avaliação dos discentes foi realizada como um processo contínuo e ocorrido durante todo processo de desenvolvimento do trabalho realizado, em sala de aula. Além desta avaliação continuada, os métodos avaliativos aconteceram em três dimensões que são a avaliação inicial, a avaliação processual e a avaliação de resultado.

A avaliação inicial buscou a compreensão das ações (debate, roda de conversa, dentre outras) com finalidades diagnósticas. Uma vez que esta avaliação tem a função de visualizar o conhecimento que os alunos têm sobre os temas que serão abordados e criar condições adequadas de entendimento dos conteúdos propostos (organizadores prévios).

Já na avaliação processual foi apresentado aos alunos oportunidade de proporcionar-lhes os novos conhecimentos adquiridos, gradativamente, a partir do trabalho desenvolvido e ao professor o momento ideal para perceber se os objetivos propostos estão sendo alcançados. Neste trabalho, as questões da atividade 2 propõem que os alunos socializem o entendimento que fundamenta a elaboração de suas respostas, com esta finalidade.

A atividade 3 consiste em construir e expor murais, com finalidade de apresentar para a escola os conhecimentos adquiridos sobre os temas abordados no manual, compreendendo, portanto, a avaliação final (avaliação de resultado) sobre o aprendizado dos alunos sobre os conceitos e teorias do manual com transposição didática sobre a Teoria do Big-Bang e Expansão do Universo, propostos neste trabalho.

Por outro lado, os questionários 2 e 3 com questões objetivas, possibilitam a avaliação do aluno focando nos resultados alcançados, em termos de aprendizagem, participação, qualidade do material e da forma que o trabalho foi desenvolvido.

Os conteúdos inseridos no manual com transposição didática, de forma a garantir uma evolução gradativa do entendimento pelo aprendiz, gerando neste, uma constante modificação de sua estrutura cognitiva. O referido manual foi desenvolvido tendo a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel, como base para sua elaboração.

É importante avultar que houve participação dos alunos na elaboração do manual. Um exemplo foi a sugestão da aluna Arielly da Silva, da turma 100 vespertino (2019), da inserção das figuras 3, 4 e 6. Estas figuras representam caricaturas feitas pela aluna durante as aulas. Esta participação foi uma surpresa muito gratificante, uma vez que a referida aluna não participava das aulas e era muito indiferente às aulas de física. Isso evidenciou que um material bem elaborado, com uma boa transposição didática associada a uma metodologia de ensino pode ser capaz de trazer resultados muito bons.

Destarte, durante a utilização do manual com transposição didática verificou-se que algumas melhorias deveriam ser implementadas no mesmo. Na verdade, estas foram poucas, uma vez que, conforme pode-se constatar durante a aplicação da metodologia, em sala de aula, associada ao manual, este estava basicamente pronto.

As modificações nos conteúdos ocorrem em dois pontos específicos. Primeiro ao perceber a necessidade de uma melhor adequação para a abordagem da Teoria do Big-Bang. Dessa forma, foi inserido uma pequena introdução sobre a cosmologia enquanto ciência.

Segundo, quando a opção de apontar, um ponto inicial para o percurso que conduzisse ao entendimento do termo Universo, partindo da saída do planeta Terra do centro do sistema solar – aceitação do sistema heliocêntrico – várias estrelas formam uma galáxia – várias galáxias formam os aglomerados e vários destes supostamente formam o Universo e na sequência abordarmos a Expansão do Universo.

No capítulo 5, porquanto, serão realizadas discussões a respeito dos resultados obtidos a partir dos questionários aplicados.

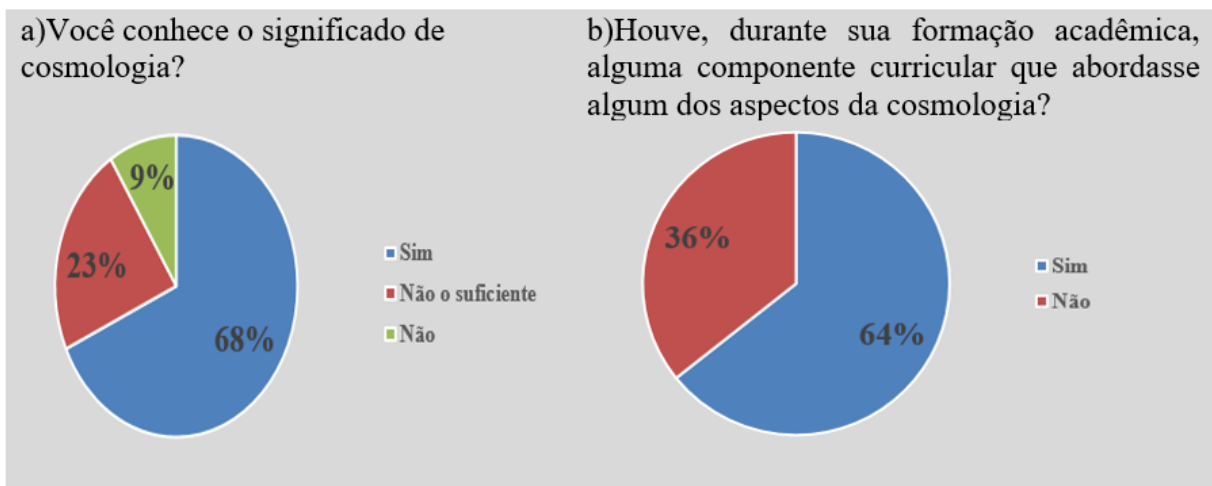


## 5 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os resultados e discussões, apresentados neste capítulo, através da aplicação dos questionários, evidenciam a receptividade expressiva pela comunidade escolar e que, os temas abordados não são totalmente desconhecidos dos estudantes. Estes souberam responder a maioria das perguntas, demonstrando bastante interesse em assuntos relacionados aos temas “Teoria do Big Bang” e “Expansão do Universo”, abordados neste trabalho. Os gráficos que compõem as figuras a seguir demonstram estes resultados.

Na figura 14.a pode-se evidenciar que um número significativo de docentes ainda não teve contato significativo com temas de cosmologia. Isso fica corroborado a partir da observação da figura 14.b, onde pode se verificar que mesmo na graduação a maioria dos professores (73%) não teve nenhum aprendizado sobre o Universo. Isso evidentemente gera dificuldades para este docente na abordagem de tais temas na sala de aula. Nesse sentido, as Universidades precisam repensar a composição da grade curricular dos cursos de licenciatura, se desejam uma atualização.

**Figura 14a) Respostas dos professores ao conhecimento dos conceitos que envolvem a Cosmologia. b) Componente curricular sobre Cosmologia nos cursos de licenciaturas.**



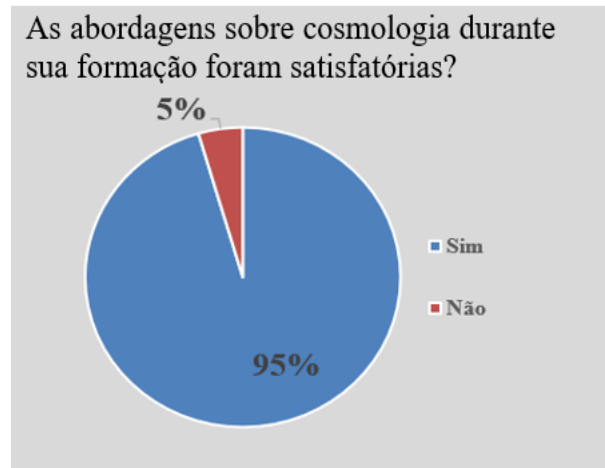
Fonte: Autor

A figura 15 mostra que quase 100% dos professores consideram insatisfatória, o que, é bastante sintomático. Talvez seja uma configuração regional.

Um outro dado que merece atenção é a forma como esse tema é abordado pelas instituições em que oferecem os cursos de licenciatura. Uma rápida consulta nos programas de Física de tais universidades, demonstrará que em sua grande maioria, essa abordagem

ocorrerá de forma superficial. Dessa forma, muitos professores têm dificuldade em trabalhar estes temas, uma vez que tiveram formação acadêmica insuficiente.

**Figura 15 -Cosmologia durante a formação dos professores.**

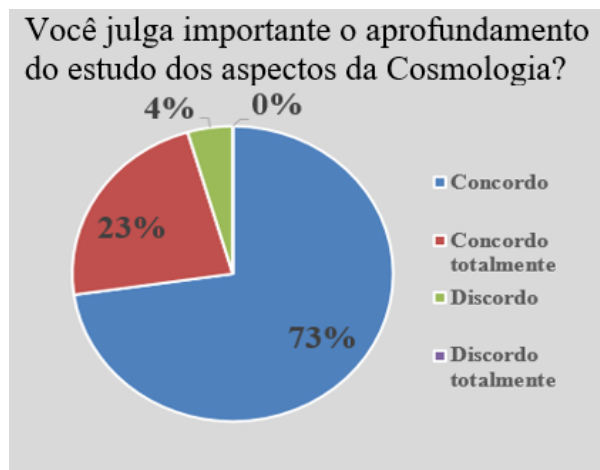


Fonte: Autor

A figura 16 mostra que a maioria dos professores considera que é importante ter conhecimentos mais aprofundados em cosmologia.

Dessa forma, espera-se que este manual favoreça tais docentes em sua aprendizagem de como inserir este tema relacionado à Cosmologia nas aulas para os alunos do ensino médio.

**Figura 16- Grau de relevância dos estudos sobre o Universo.**

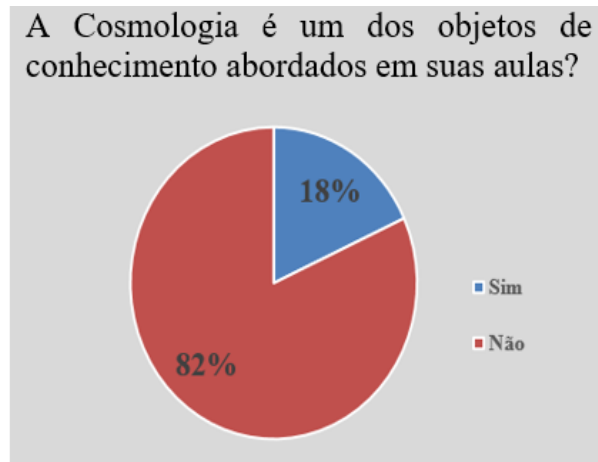


Fonte: Autor

Os professores, ao serem perguntados se abordavam temas da cosmologia (fig. 17), responderam, em sua grande maioria (82%), que não. Isso, conforme já destacado, mostra que a escola tem dificuldade em acompanhar o desenvolvimento da ciência. Os conceitos modernos que tratam do Big bang, apresentados neste trabalho são do século passado, os

quais foram desenvolvidos a partir da teoria da relatividade geral de Albert Einstein. A escola no Brasil, no Ensino Médio resolveu parar na gravitação universal, de Sir Isaak Newton, do século 17.

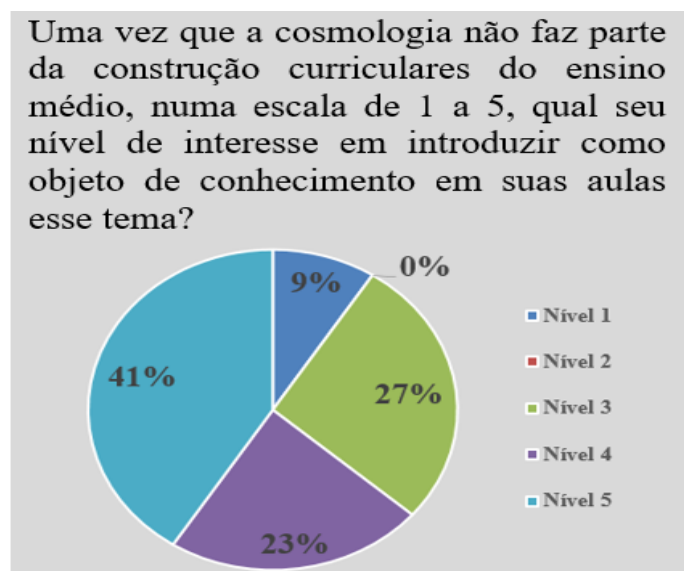
**Figura 17 - Discussões sobre cosmologia em sala de aula.**



Fonte: Autor

Na figura 18, observa-se que 91% dos docentes tem interesse significativo em trabalhar com temas de cosmologia em suas aulas. Destes, 41% tem grande interesse. Evidentemente, como isso na prática não ocorre, certamente se dá devidos a dificuldades relacionadas ao fato de que tais docentes não dominam este conteúdo, conforme já discutido nesta análise. Assim, esta constatação, só corrobora a importância de trabalhos desenvolvidos nesta da Física.

**Figura 18 - O nível de interesse em inserir temas relacionados à cosmologia nas aulas.**



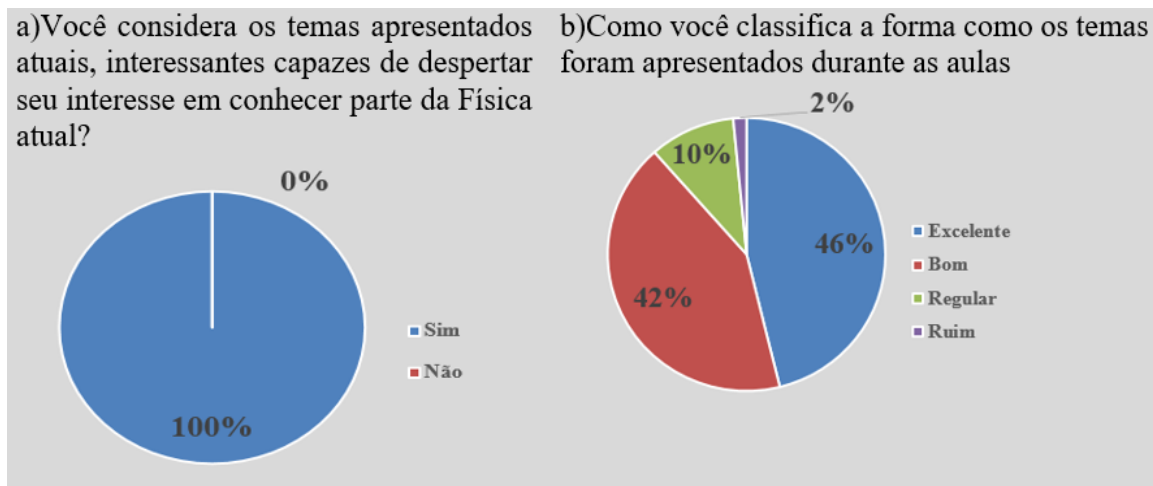
Fonte: Autor

Em síntese, a análise das respostas obtidas evidencia que os professores que atuam na educação básica, de um modo geral, não tiveram, em sua maioria, uma formação acadêmica que os habilitasse de modo suficiente a poderem tratar com segurança e total domínio, sobre temas de cosmologia em suas aulas no ensino médio.

As figuras apresentadas a seguir estão relacionadas à discussão sobre as respostas dos alunos (no ano 2019) a respeito das questões relacionadas ao ensino sobre os temas “Teoria do Big Bang” e “Expansão do Universo” e, também sobre o seu aprendizado.

A figura 19.a mostra as respostas dos alunos à questão relacionada a atualidade dos conteúdos sobre o Big Bang e Expansão do Universo e se tais temas eram interessantes e atrativos. A totalidade dos discentes (100%) respondeu de modo afirmativo. Isso mostra que eles ficam fascinados com tais temas. O resultado apresentado na figura 19.b corrobora isto, que 88% deles consideram esses assuntos bom ou excelente. Essa figura ainda evidencia que a forma de apresentação dos conteúdos teve grande aceitação pelos discentes.

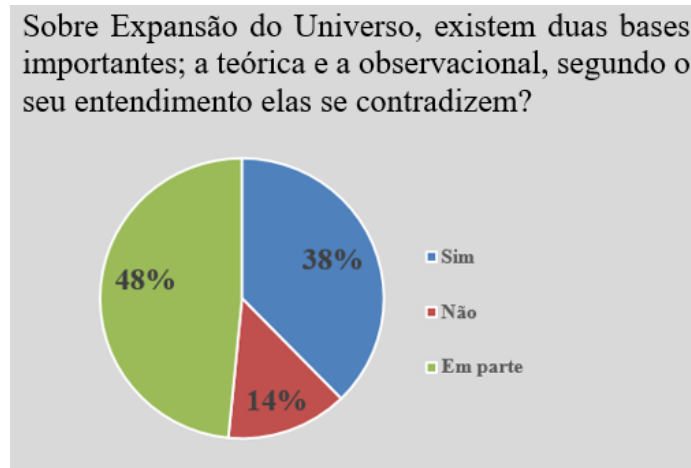
**Figura 19.a - Opinião dos alunos quanto aos temas. b) - A forma de apresentação.**



Fonte: Autor

A figura 20 mostra a resposta sobre as bases teórica e observacional a respeito da expansão do Universo. Um número expressivo de alunos (38%) acredita que elas se contradizem. 58% acham que a contradição ocorre apenas em parte.

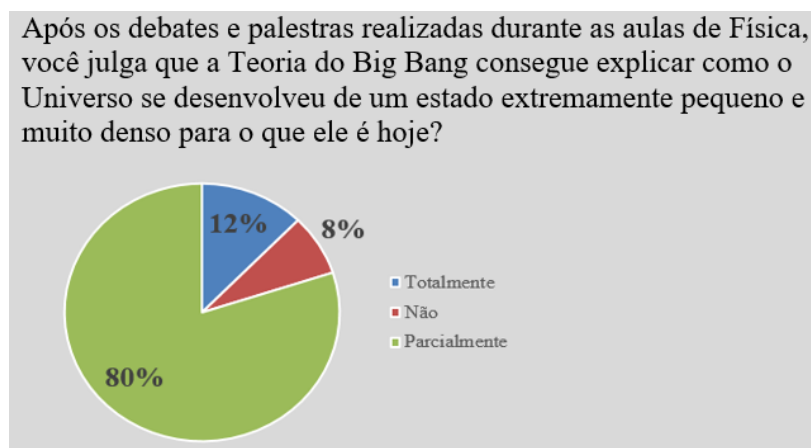
**Figura 20 -Teorias e observações sobre a Expansão do Universo.**



Fonte: autor

A figura 21 mostra o resultado para o questionamento sobre o êxito da teoria do Big Bang sobre sua capacidade em explicar a origem do universo. Como visto, 80% ainda se mantém um pouco céticos. 8% simplesmente não acreditam. Isso se dá em decorrência do conflito existente com outras visões sobre a origem do universo (a visão criacionista bíblica, por exemplo). É importante destacar que também esse foi o primeiro contato dos alunos com a teoria do Big Bang e representa para muitos deles uma mudança radical no paradigma. Esse processo de assimilação dos novos conteúdos deve ocorrer de forma gradativa à medida que os alunos tiverem novos contatos com esse tema.

**Figura 21–Alunos que acreditam (ou não) na Teoria do Big-Bang.**

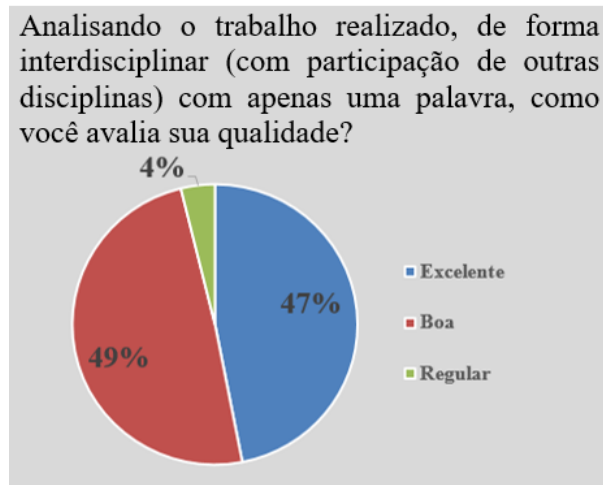


Fonte: autor

A figura 22 mostra a avaliação dos alunos sobre o trabalho realizado com eles em sala de aula da forma interdisciplinar. Os dados mostram que a abordagem no geral foi boa (49%) e excelente (47%). Considerando que atualmente é difícil realizar esse tipo de atividade

interdisciplinar nas escolas, devido à falta de diálogo entre os professores e conseqüentemente a ausência de um planejamento coletivo, esses resultados podem ser considerados muito bons.

**Figura 22 - Avaliação dos alunos sobre a realização das aulas de forma interdisciplinar.**



Fonte: Autor

As questões a seguir, foram aplicadas aos alunos (140) de quatro turmas da 1ª série do ensino médio, duas turmas do turno matutino e duas turmas do turno vespertino, no ano de 2020, do Centro de Ensino Prof. Antônio Carlos Beckman, no município de Açailândia – MA. De certa forma esse questionário é um pouco diferente do anterior, pois novos questionamentos se tornaram relevantes a partir das observações do questionário 2. Assim, eles foram inseridos neste questionário para a turma do ano de 2020.

Os alunos, quando perguntados sobre seu conhecimento sobre Cosmologia (figura 23) responderam, indicando, que de um modo geral, não conheciam sobre o tema em questão. Assim, 52% afirmaram que não conhecem o suficiente e 19% afirmaram que conhecem.

**Figura 23–Conhecimento sobre o termo Cosmologia.**

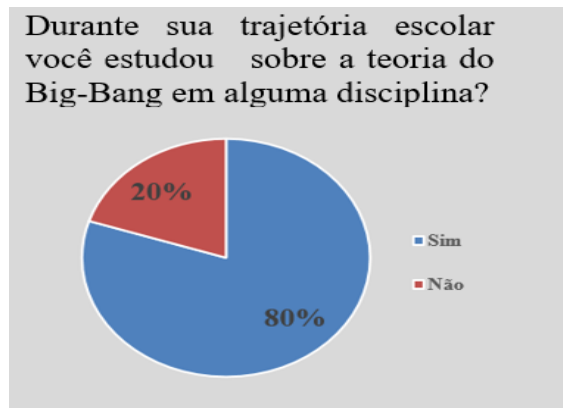


Fonte: autor

Entende-se que uma das possíveis causas é que a linguagem utilizada não é adequada ao nível de conhecimento dos estudantes.

Para a maioria dos alunos a teoria do Big-Bang já foi apresentada. A partir da observação da figura 24 pode-se perceber que as discussões sobre esta teoria são pontuais, uma vez que, os mesmos estudantes afirmam não conhecer o termo Cosmologia, a ciência na qual, a teoria do Big-Bang está inserida.

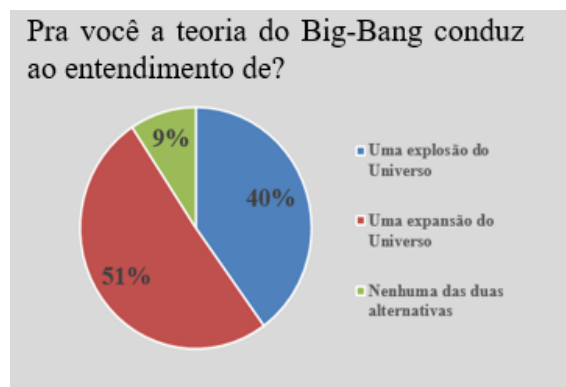
**Figura24–Abordagem da teoria do Big-Bang em sala de aula.**



Fonte: autor

A figura 25 trata dos possíveis entendimentos dos alunos sobre a Teoria do Big Bang. Pode-se verificar que basicamente metade dos alunos entendeu errado a descrição apresentada pela teoria do Big-Bang. Isto pode estar relacionado com a forma errada de abordagem ou com o formato de divulgação que também condiciona ao entendimento errado. Uma das finalidades da construção e utilização do manual é apresentar e debater os possíveis equívocos quanto à descrição desta teoria.

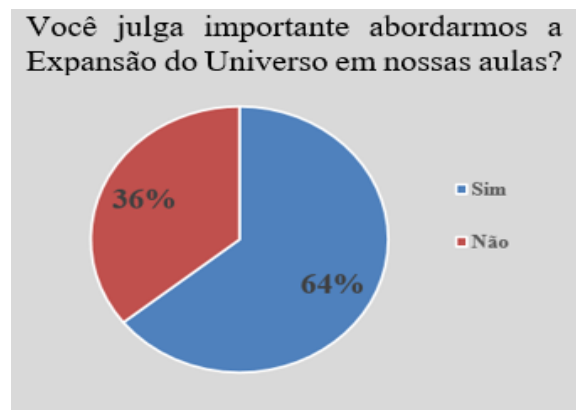
**Figura 25 - Possíveis entendimentos da teoria do Big-Bang.**



Fonte: Autor

A partir da figura 26 pode-se verificar que a maioria dos estudantes julga importante a abordagem da Expansão do Universo nas aulas de Física. No entanto, para os 36% que apresentam julgamento contrário, provavelmente deve ser devido ao fato do tema não estar presente na grade curricular e conseqüentemente ausente nos exames como o Enem, o que pode configurar para estes alunos uma perda de tempo ou, como algo desnecessário no momento, principalmente para aqueles que almejam futuramente ingressar em uma universidade.

**Figura 26 - Importância de abordagem da Expansão do Universo em sala de aula**

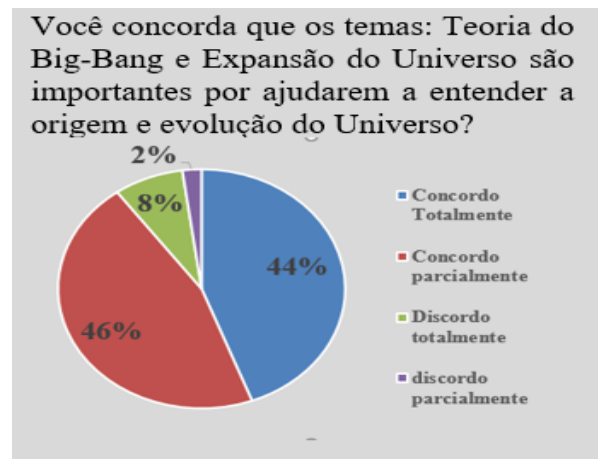


Fonte: Autor

A figura 27 mostra o resultado das respostas dos alunos quando perguntados se achavam que a Teoria do Big Bang e a Expansão do Universo eram relevantes na compreensão da origem e evolução do universo. Houve um empate técnico entre duas categorias próximas em percepções. De certa forma, isto, pode ser favorável aos debates e discussões em sala de aula. Tais procedimentos constituem oportunidades de identificarmos os subsunçores, bem como os organizadores prévios, ambos essenciais para o desenvolvimento de uma aprendizagem significativa.



**Figura 27 -Teoria do Big-Bang e Expansão ajudam entender a origem e evolução do Universo**



Fonte: Autor

Observando a figura 28, sobre a qualidade da abordagem com relação a teoria do Big Bang, 51% que entendem que a Teoria do Big-Bang descreve uma expansão do Universo. Esse resultado indica que deve haver melhores explicações sobre este assunto, ou seja, deve se dedicar mais tempo para essa abordagem, associado a metodologia escolhida.

**Figura 28 -Qualidade da abordagem sobre a Teoria do Big-Bang**



Fonte: Autor

Os resultados apresentados na figura 29 mostram que os alunos têm interesse em aprender mais os temas abordados, acima da média do intervalo apresentado. Isto está em concordância com FRÓES (2014) em que afirma “estes assuntos são fascinantes capazes de despertar o interesse dos alunos para a ciência”.

**Figura 29 - Interesse dos estudantes em aprender mais sobre os temas Teoria do Big-Bang e Expansão do Universo.**



Fonte: Autor

O trabalho da forma que foi desenvolvido, alcançou os objetivos pretendidos e configura as evidências de uma aprendizagem significativa. Vale, destacar que esses resultados não apresentam um caráter estatístico, por não apresentar uma amostragem representativa.

## 6 CONCLUSÃO

O objetivo deste trabalho foi o desenvolvimento de um manual com transposição didática sobre a “Teoria do Big Bang” e “Expansão do Universo”, com uma linguagem apropriada para alunos de Física do ensino médio. A abordagem destes temas naturalmente gera grandes curiosidades e interesse nos alunos, o que de fato é algo de grande relevância. No entanto, esses temas estão ausentes nos livros didáticos da educação básica e, conseqüentemente, são poucos abordados em sala de aula. Daí a relevância desta dissertação!

Buscou-se viabilizar possibilidades destes temas chegarem à educação básica por meio do desenvolvimento do referido manual com transposição didática adequada ao nível médio de ensino de Física, usando como sustentação metodológica a Teoria Aprendizagem Significativa de Ausubel. Assim, utilizando um manual com linguagem apropriada, buscou-se responder a questão sobre se a abordagem destes temas seria capaz de provocar o interesse, e o mais esperado, fomentar uma aprendizagem significativa.

Para tanto, o material produzido tem a função de auxiliar o professor a inserir tais temas em suas aulas, com elementos necessários a construção significativa dos conhecimentos para seus alunos, em uma aula diferenciada!

Desenvolver o presente trabalho não foi tarefa simples, haja vista algumas dificuldades encontradas durante o percurso como a escassez destes temas na literatura direcionada ao ensino médio. De um modo geral, pode-se destacar a ausência do conteúdo na grade curricular do ensino médio o que por si já é um argumento suficiente que justifique a sua inserção na carga horária, a qual é toda comprometida com os conteúdos programáticos. Outra dificuldade foi ajustar os temas abordados com as regras e propriedades necessárias ao processo de transposição didática, foi tenso e exigiu muito tempo de dedicação, mas, enriquecedor.

É oportuno destacar que o desenvolvimento das atividades, considerou em sua formulação o fato de que há uma constante modificação na estrutura cognitiva do aluno, o qual, na verdade, representa um dos fatores estruturantes da Aprendizagem Significativa. Isto apontou os caminhos a seguir em direção ao aprendizado desejado e, que conseqüentemente serviram de ancoradores para os novos conhecimentos.

Em relação aos resultados alcançados, pode-se verificar que houve um resultado expressivo do ponto de vista do ensino e aprendizagem. Como destacado, esses resultados não apresentam um caráter estatístico, mas evidenciam mais um relato de experiências.

A Teoria da Aprendizagem Significativa de David Paul Ausubel, além de sua importância para construção deste trabalho, serviu para a reflexão pedagógica. Nesse sentido, o desenvolvimento do trabalho possibilitou uma autoanálise de minha prática pedagógica, de modo que esta tornou-se mais elaborada. A partir de então, as minhas aulas passaram a ser planejadas considerando o conhecimento prévio dos alunos, o material que será utilizado e a pré-disposição deles em aprender.

O manual desenvolvido no trabalho mostrou ser de grande valia, de modo que se recomenda sua utilização por professores e alunos no processo de ensino aprendizagem destes temas da Cosmologia. Desse modo, pode ser utilizado no debate sobre a inserção de temas de cosmologia no currículo da educação básica. Por fim, recomenda-se o material desenvolvido, nesta pesquisa, para sua utilização por professores e alunos de Física e Ciências, no contexto da educação básica.

Almejo que este material possa estimular professores a tratarem de temas mais atuais da Física, no ambiente da sala de aula, bem como, que tal ensino possa estimular os estudantes a adquirirem prazer pela Física, incentivando a participação mais ativa nas aulas e uma aprendizagem realmente significativa.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES FILHO, J. P.; PIETROCOLA, M., e PINHEIRO, T. de F. (2005). **A eletrostática como exemplo de transposição didática.** In **Maurício Pietrocola.** (Org.). Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia em uma concepção integradora. Florianópolis: UFSC.

ALVES, José F. Pinho. **Atividades Experimentais: Do método à Prática Construtiva.** Tese de Doutorado, UFSC, Florianópolis, 2001.

AMARANTE, Ricardo Orsini de Castro. O Universo. **Eternosaprendizes.** [S.l], 22 de abr de 2009. Disponível em <http://eternosaprendizes.com> Acesso em: 12 set. 2019

ASTOLFI, J. P.; et al. Mots-clés de la **Didactique des sciences. Pratique Pédagogies,** De Boeck&Larcier S. A. Bruxelas, 1997.

BORGES, E. L.; MOREIRA, M. A. **(Re)situando a Teoria de Aprendizagem Significativa na prática docente, na formação de professores e nas investigações educativas.** Atas do IV Encontro Internacional Sobre Aprendizagem Significativa. Alagoas: Ufal, 2003.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais + (PCN+) – Ciências da Natureza e suas Tecnologias.** Brasília: MEC, 2002.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio.** Brasília: MEC, 1999.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Terceiro e quarto ciclos do ensino fundamental – ciências naturais.** Brasília: MEC, 1998.

BROCKINGTON, G.; PIETROCOLA, Maurício. **Serão as regras da Transposição Didática aplicáveis aos conceitos de Física Moderna? Investigações em Ensino de Ciências.** Porto Alegre, v. 10, n. 3, 2006.

BROUSSEAU, G. **Fundamentos e Métodos da Didática da Matemática.** In: Didática das Matemáticas. In: BRUN, J. (org.). **Didática da Matemática.** Lisboa: Instituto Piaget, 1999.

CHEVALLARD, Yves. **La Transposicion Didactia: Del saber sábio al saber enseñado.** Argentina: La Pensée Sauvage, 1991.

FRÓES, André Luís Delvas. **Astronomia, Astrofísica e Cosmologia para o Ensino Médio.** **Revista Brasileira de Ensino de Física,** v. 36, n. 3, 2014.

GLEISER, Marcelo. **A dança do universo: dos mitos de Criação ao Big Bang.** São Paulo: Companhia das Letras, 1997.

GOOGLE MAPS. **Centro de Ensino Professor Antônio Carlos Beckman.** 2019. Disponível em: <https://www.google.com/search?q=imagem+do+centro+de+ensino+professor+antonio+carlos+beckman&tbm=isch&chips=q:imagem+do+centro+de+ensino+professor+antonio+carlos>

+beckman,online\_chips:escola:1KsoF1uo0dY%3D&rlz=1C1OKWM\_ptBRBR933BR933&hl=ptBR&sa=X&ved=2ahUKEwii1J\_Myr7yAhVJuZUCHeMPA4wQ4lYoA3oECAEQFw&biw=1349&bih=625#imgrc=xvxujCMEJjmsTM. Acesso em:19 dez. 2020.

GOUW, A. M. S., **As Opiniões, Interesse e Atitudes dos Jovens Brasileiro Frente à Ciência: Uma Avaliação em Âmbito Nacional**. Tese de Doutorado, USP, 2014.

LEITE, M. L. **Contribuições de Brasil Bernstein e Yves Chevallard para a discussão do Conhecimento escolar**. Dissertação (Mestrado em Ensino de Matemática). Curso de Pós-Graduação em Ensino de Matemática – PUC, Rio de Janeiro, 2004.

LEMOS, Evelyse dos Santos. **A Aprendizagem Significativa: estratégias facilitadoras e avaliação**. Série-Estudos – Periódico do Programa de Pós-Graduação em Educação da UCDB, junho, 2013.

LEMOS, E. S.; MOREIRA, M. A. **(Re)situando a Teoria de Aprendizagem Significativa na prática docente, na formação de professores e nas investigações educativas**. Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa, 4. Atas... Alagoas: UFAL, 2003.

LIMA, J. A. S. e SANTOS, R. C. **100 Anos da Cosmologia Relativista (1917- 2017)**. Parte I: Das Origens à Descoberta da Expansão Universal (1929). Rev. Bras. Ensino de Física, 2018, vol.40, no. 1.

MÁXIMO, A.; ALVARENGA, B. **Curso de Física**. Livro do Professor. São Paulo: Scipione, 2011.

MELZER, Ehrick Eduardo Martins; SIMÕES NETO, José Euzébio; SILVA, Flávia Cristiane Vieira da. **Analisando as pesquisas Envolvendo Transposição Didática de Conteúdos Químicos publicadas no Brasil**. Revista ENCITEC, [S.I.], v.6, n. 1, p. 100-114, junho 2016.ISSN2237-4450.Disponível em: <http://srvapp2s.santoangelo.uri.br/seer/index.php/encitec/article/view/1536>.

MOREIRA, M. A. **Teoria de Aprendizagem**. 2ª Ed. São Paulo: E. P. U., 2016.

\_\_\_\_\_. **Aprendizagem Significativa: a teoria e textos complementares**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2011.

NOVELLO, Mário. **Do Big Bang ao Universo eterno**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, Ed.,2010.

\_\_\_\_\_. **O que é cosmologia? A revolução do pensamento cosmológico**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Ed. Versão Digital, 2006.

NEVES, K. C. R.; BARROS, R. M. O. **Diferentes olhares acerca da transposição didática**. Investigações em Ensino de Ciências, v.16, n. 1, p. 103-115, 2011.

OLIVEIRA FILHO, Kleper de Souza; SARAIVA, Maria de Fátima Oliveira. **Astronomia e astrofísica**. Departamento de Astronomia – Instituto de Física Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 11 de fevereiro de 2014.

OSTERMANN, F.; MOREIRA, M.A. **Uma revisão bibliográfica sobre a área de Pesquisa física moderna e contemporânea no ensino médio.** Investigações em Ensino de Ciências, v. 5, n. 1, 2000.

PRÄSS, Alberto Ricardo. **Teorias de Aprendizagem.** ScriniaLibris.com, 2012

PELIZZARI, A; KRIEGK, M. L; BARON, M. P; FINCK, N. T. L; DOROCINSKI, S. I. **Teoria da Aprendizagem Significativa Segundo Ausubel.** ver. PEC, Curitiba, 2002.

ROCHA, V. R. Peçanha. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Física, Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, 2019.

SANTOS, Wuallison Firmino dos, MENEZES, Marcus Bessa de. **A Transposição Didática interna em uma sala de aula inclusiva:** O caso do ensino para surdos sobre o conjunto dos números naturais. v. 21, n. 5 (2019).

SIQUEIRA, M.; PIETROCOLA, M. – **A transposição didática aplicada a teoria Contemporânea: A Física de Partículas elementares no Ensino Médio.** In: X Encontro de Pesquisa em Ensino de Física – EPEF, Londrina, 2006. Anais do X Encontro de Pesquisa em Ensino de Física – EPEF. v. 1.

SOARES, Domingos S. L. **A tradução de Big Bang,** UFMG, 2002. Disponível em: <http://www.fisica.ufmg.br/~dsoares/aap/bgbg.htm>. Acessado em: 08 de janeiro de 2021.

SOUZA, Ronaldo Eustáquio de. **Introdução à cosmologia.** Departamento Astronomia IAG/USP. Editora EDUSUP (ISBN 13: 9788531417450), 2ª edição, SP, 2019. Disponível em <https://www.edusp.com.br/livros/introducao-a-cosmologia>. Acessado em: 08 de janeiro de 2021.

STEINER, J. E. **Origem do Universo e do Homem.** Estud. Av. vol. 20 nº. 58. São Paulo Sept/Dec.2006.

TIBERGHIE, A; VINCE, J; GAIDIOZ, P. **Design-base d Research:** Case of a teaching sequence on mechanics. International Journal of Science Education. London, vol. 31, n. 17, 2009.

**APÊNDICE A**

**PRODUTO EDUCACIONAL**





**SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL**  
**UNIVERSIDADE FEDERAL DO SUL E SUDESTE DO PARÁ**  
**INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS – ICE**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FÍSICA**  
**MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

**RAIMUNDO NASCIMENTO DOS SANTOS MEDRADO**

Orientador: Luiz Moreira Gomes

**TEORIA DO BIG BANG E EXPANSÃO DO UNIVERSO: DESENVOLVIMENTO DE  
UM MANUAL COM TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA VOLTADO PARA O ENSINO DE  
ALUNOS DO ENSINO MÉDIO**

O presente Produto Educacional proposto é o resultado de um trabalho científico e pedagógico associado a dissertação de Mestrado de Raimundo Nascimento dos Santos Medrado apresentada ao programa de Pós-graduação em Ensino de Física, pela Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará – UNIFESSPA.

Marabá, PA

2021

## APRESENTAÇÃO

Em todo percurso da história vivenciamos uma das inquietações inerentes ao ser humano ao longo do tempo, a qual é a dedicação em compreender o Universo. Por isso se observam diversas relações entre as descrições da origem do cosmo construídas por diferentes civilizações desde a antiguidade.

Naturalmente, todos os aspectos relacionados a cosmologia em sua totalidade se enquadravam, no campo das especulações filosóficas. Por outro lado, os processos de observações evoluíram e foram sendo acumulados dados astronômicos. Assim, o conhecimento cosmológico foi se transformando das especulações apenas filosóficas para especulações científicas.

Ao abordar os temas de Cosmologia, a teoria do Big Bang e Expansão do Universo, como foco deste manual, pretende-se provocar o espírito científico dos discentes e estimular os docentes à uma possibilidade de inovar seu fazer pedagógico utilizando essa temática da atualidade. Além disso, o desejo aqui pretendido é fazer a inserção deste conhecimento científico no ambiente da sala de aula, levando os professores e alunos a compreenderem que tais conhecimentos são indispensáveis em sua componente curricular.

Graças ao avanço tecnológico das últimas cinco décadas, foi possível aos cientistas elaborar e averiguar os princípios das teorias relacionados ao nascimento do universo e sua expansão. Evidente, ao ser abordado pela primeira vez para esse público, implica em dedicação e muito trabalho da parte do professor, para motivá-los, mas, sem dúvida o esforço será recompensado, pois as descobertas que nos reservam esta área do conhecimento são fascinantes! Certamente, os temas aqui abordados são partes de uma ciência que está sempre em constante evolução.

Boa Leitura!  
Raimundo N. dos S. Medrado

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	5
<b>CAPÍTULO 1: COSMOLOGIA</b> .....	11
<b>1.1 CONCEITOS INICIAIS</b> .....	11
<b>1.1.1 Civilizações Antigas</b> .....	13
<b>1.1.2 Cosmologia Moderna</b> .....	16
<b>CAPÍTULO 2: BIG BANG</b> .....	20
<b>2.1 A teoria do BIG BANG</b> .....	20
<b>2.2 Quando Surgiu a Teoria do Big Bang?</b> .....	22
<b>2.3 Teorias Alternativas</b> .....	24
<b>CAPÍTULO 3: O UNIVERSO EM EXPANSÃO</b> .....	28
<b>ATIVIDADES PROPOSTAS</b> .....	31
<b>ATIVIDADE 1</b> .....	32
<b>ATIVIDADE 2</b> .....	34
<b>ATIVIDADE 3</b> .....	37
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	38

## INTRODUÇÃO

Neste livreto os temas são apresentados através de textos utilizando uma linguagem apropriada aos alunos do nível médio. Ele trata de uma pequena parte da Física desenvolvida no século XX, a cosmologia do Big Bang e da Expansão do Universo. Com essa abordagem, busca-se aproximar a escola da ciência contemporânea.

Sugere-se que o professor ao utilizar esse manual, utilize recursos pedagógicos para trabalhar com ele, como, debates, palestras, murais e roda de conversa, dentre outros. Com isso, o docente estará destacando a relevância destes assuntos, os quais são capazes de estimular o interesse e a participação dos alunos, evitando assim, uma exposição tediosa e cansativa.

As atividades propostas visam estimular o processo de transformação do saber, ao estabelecer uma forma da sondagem de aquisição do conhecimento por parte do estudante.

Com o objetivo de estimular o professor e auxiliá-lo no uso e otimização de atividades práticas, este manual visa subsidiar o planejamento didático, o preparo e a inserção da temática da Cosmologia como meio de contemplar a construção do conhecimento de forma significativa. Em sua elaboração e nas metodologias sugeridas, utilizou-se como referencial teórico a Teoria da Aprendizagem Significativa de David Paul Ausubel.

## UTILIZAÇÃO DO MANUAL

Estas ações que podem ser desenvolvidas junto com a utilização deste livreto. Sugere-se sua utilização em duas etapas:

### **1 Etapa:** O professor deverá:

- utilizar o manual de forma interdisciplinar, uma vez que, os temas apresentados sobre cosmologia ampliarão de fato o repertório dos professores e conseqüentemente dos estudantes. Este passo é essencial para evitar uma apresentação tediosa e cansativa;
- ajustar a proposta didática e seus objetivos de forma adequada. Caso haja alguma lacuna em vazio, fazer alterações, sem prejuízo aos objetivos do trabalho;
- avaliar se as atividades sugeridas neste material são exequíveis dentro da realidade da instituição (da escola).

### **2ª Etapa:** Ações a serem realizadas em sala de aula:

- apresentar o manual, como uma das formas de abordagem dos temas que compõem a Física contemporânea, visto que não há publicações nos livros didáticos do ensino médio;
- estimular os estudantes de forma a conduzi-los a uma reflexão sobre Cosmologia visando a sua aplicabilidade, por se tratar de uma ciência ainda recente. Este passo merece uma atenção especial, visto que, os estudantes consideram estranho a abordagem de temas que não estejam presentes na grade curricular. E quando tais temas fazem parte de uma ciência que além de recente ainda apresenta questionamentos, essa resistência ganha maior intensidade;
- promover um debate entre alunos sobre, “como a Cosmologia conseguiu se desvencilhar da filosofia, da religião e ganhar autonomia como um ramo da ciência”? Com o objetivo de perceber a evolução gradual da cosmologia como ciência, a partir do momento que ela se afasta das especulações filosóficas e religiosas e adquire caráter científico. Para esse momento a participação do professor das ciências humanas como intermediador e provocador é de um enriquecimento substancial;

- propor aos alunos por meio do texto presente, uma descrição quanto à descoberta da Expansão do Universo e as conclusões que chegaram a partir desta;

- realizar uma roda de conversa formada por alunos, por professores das áreas das ciências da natureza e das ciências humanas, com a finalidade de argumentarem sobre os seguintes temas:

1. O Big Bang explica tudo?

2. Afinal, seria o Big Bang uma teoria definitiva?

3. Suas sustentações e seus equívocos, revelam aprendizados?

Apesar da roda de conversa formada por professores de diferentes disciplinas, ser um recurso metodológico pouco utilizado à nível de ensino médio, apresenta alguns fatores que diferem de uma abordagem tradicional como: oportunidade de perceber as diferentes formas com que várias disciplinas abordam os temas, favorece a participação mais intensa dos alunos e apresenta o entendimento de forma ampla, sem fragmentos;

- concluir as atividades propostas neste manual. Acredita-se que os temas abordados apresentam grande potencial para elaboração de outras atividades além das sugeridas neste material, capazes de motivar os alunos. E ainda, por ser uma área pouco explorada na sala de aula, podem apresentar novos modelos diferentes das atuais quanto a operacionalidade didática;

- produzir e expor murais sobre os temas abordados. Os murais são instrumentos pedagógicos importantes, sua principal função é divulgar os temas estudados sintetizando o que foi aprendido. Sua construção exige alguns procedimentos como: adquirir conhecimento dos temas que serão expostos e selecionar do todo as partes que irão compor os murais. Esses demonstram se o aprendizado adquirido foi significativo.

A exposição dos murais é a finalização de todo projeto realizado, sobre os temas de Cosmologia; Teoria do Big Bang e a Expansão do Universo.

## **METODOLOGIA**

A abordagem metodológica proposta neste material, além de favorecer a interdisciplinaridade, apresentará aos estudantes de forma ampla os assuntos, com o intuito de facilitar o entendimento dos textos elaborados a partir de vários livros, dissertações de mestrado e artigos científicos elencados nas referências. É necessário o acompanhamento pelo professor durante toda execução, procurando apontar e solucionar possíveis dificuldades encontradas pelos alunos facilitando o alcance do aprendizado desejado.

Compreender como o Universo começou e evoluiu, fornece aos estudantes um instrumento para a compreensão e entendimento do cosmo capaz de gerar indagações especulativas, além das de caráter criacionista. Tais indagações a respeito dos mistérios do Universo naturalmente despertaram a curiosidade humana ao longo do tempo nas civilizações.

A Cosmologia, como ciência que tem como finalidades explicar algumas destas descobertas, vem promovendo nas últimas décadas um crescimento significativo em sua abordagem nos níveis fundamental e médio de ensino, conforme também tem aumentado a quantidade de trabalhos nesta área (AGUIAR, 2010).

Assuntos verdadeiramente fascinantes como: a Teoria do Big Bang e a Expansão do Universo, são capazes de motivar jovens e até os adultos a buscarem compreender o Universo, provocam questionamentos, e assim, são induzidos pelo imaginário popular a elaborar seus próprios pontos de vista sobre estes temas (FRÓES, 2014).

Portanto, a escola como local em que a construção científica pelos estudantes primeiramente é realizada, compete a ela ofertar a eles a convivência com diversos temas capazes de estimulá-los à aprender e continuar aprendendo de forma abrangente o Universo.

Para a maior parte dos professores é normal, a percepção da tendência da maioria dos estudantes de não associar o que aprenderam durante os estudos de uma disciplina, com as informações obtidas em outra. As aprendizagens na disciplina de Física não são exceções, geralmente não promovem uma ligação através do que é aprendido entre as disciplinas, principalmente, as disciplinas que compõem a área da ciência da natureza e, por isso, as quais são tratadas como compartimento estanques, isoladas, não conseguem estabelecer uma relação entre elas. É responsabilidade do docente, articular a conexão entre conceitos, favorável e necessário para construção do entendimento amplo e sem fronteiras entre as disciplinas.

Ao ensinar a Teoria do Big Bang e a Expansão do Universo, o professor tem a possibilidade de contribuir de forma que os estudantes disponham de oportunidade de estar em contato com assuntos atuais, de relevância segundo pesquisas científicas, mas, ainda ausente no cotidiano escolar, pode contribuir também na formatação de uma abordagem interdisciplinar, potencialmente unificadora em temas como estes relacionados à Cosmologia.

Outro fator perceptível pelos professores são os cursos de graduação não agregam o devido valor, aos conteúdos referentes à Cosmologia, quando vistos, na maioria dos cursos, de forma superficial nas estruturas curriculares dos programas direcionados ao ensino, especialmente nas licenciaturas.

Diante destas questões, temos que tentar encontrar como a inserção nas aulas à nível médio, de atividades que apontem a abordagem destes temas, devem ser efetivadas, frentes às dificuldades atuais.

Ao adotar como referencial teórico a Teoria da Aprendizagem Significativa de David Paul Ausubel, uma das propriedades fundamentais para a presente abordagem é a presença do professor como o facilitador, administrando o tempo e auxiliando na estruturação do aprendizado de forma significativa. Dessa maneira, exige-se, por parte do professor, vasta porção de criatividade, incentivada a partir do que o aluno já sabe a respeito do tema, da motivação e disposição em enfrentar o desafio na busca de descobrir seu novo potencial cognitivo. Apenas a partir daí o professor terá condições de dimensionar como os conteúdos deverão ser abordados.

Ao realizar as adequações necessárias ao processo da transposição didática dos temas propostos nesta obra, é recomendável que tenhamos maturidade pedagógica para escolher, tanto o que ensinar quanto como ensinar para os alunos do ensino médio. Procurar não utilizar de forma excessiva a matematização dos conteúdos e a utilização exagerada de definições puramente científicas que podem gerar dificuldades de entendimento para os alunos. Afastando-se das finalidades fundamentais do processo da transposição didática.

Para tanto, considerando a Física, um arranjo de conhecimentos conexos e mutuamente dependentes de outros precisa ser ensinada tendo-se por objetivo o desejo de totalidade e de convergências das informações adquiridas, uma vez que, permitirá aos alunos do ensino médio, maior entendimento e condições de relacionar temas atuais de grande abrangência.

O estudo das concepções da evolução de mundo e do Universo ao longo do tempo até os dias atuais, de forma semelhante deve ser capaz ao levar os estudantes a uma configuração



do passado construída por antigas civilizações, dos conhecimentos produzidos pela a ciência no momento atual e da inserção de definições essenciais possibilitando a Física do último século transformassem nossos conhecimentos científicos, tornando-o espaço ideal para a adequações, produções e divulgações de novas descobertas gerando novos conhecimentos.

Há uma necessidade, porém, frisar aos estudantes que tais concepções e teorias apresentam constantes evoluções e constituem elementos de pesquisas em percurso desde o início século XX, como resultado da contribuição de pesquisadores e cientistas de diversos países.

Ao finalizar a abordagem dos temas: Teoria do Big Bang e Expansão do Universo, pretendemos alcançar respostas aos seguintes questionamentos:

- Os temas foram importantes e provocaram interesse nos alunos?
- A forma como os temas foram abordados possibilitaram os objetivos previstos?
- Os conhecimentos adquiridos pelos alunos favorecem uma construção no entendimento capaz relacionar com os conhecimentos de outras áreas?
- A compreensão dos alunos sobre o Universo foi alterada e dilatada?

A cartilha foi desenvolvida para ser utilizada em doze horas/aulas, podendo ser realizadas adequações necessárias, mas, sem prejuízo aos objetivos.

Portanto é importante que tenhamos maturidade didática e conhecimento dos conceitos importantes dos temas, a saber: origem e evolução do Universo Físico, com a finalidade de melhorar o ensino e o aprendizado dos conteúdos de Física. Por representar um saber que está distante do alcance dos alunos e muito presente na sociedade moderna. (OSTERMANN; MOREIRA, 2000).

# CAPÍTULO 1

## COSMOLOGIA

Alguns objetivos:

- i. Fornecer aos estudantes do ensino médio fundamentos necessários à compreensão da origem e evolução do Universo, além da concepção criacionista.
- ii. Elaborar um breve histórico das concepções cosmológicas da humanidade em que a cosmologia gradualmente se liberta das especulações filosóficas e religiosas e se torna uma ciência.
- iii. levar os alunos a conhecer o objeto de estudo desta ciência.

### 1.1 Conceitos iniciais

Cosmologia tem sua origem na palavra grega κοσμολογία, κόσμος="cosmos"/"ordem"/"mundo" + -λογία="discurso"/"estudo". Assim, cosmologia é Ciência que estuda a origem, a estrutura e a evolução do Universo a partir da aplicação de métodos científicos.

O esforço em entender o cosmo representa uma das buscas incessantes inerentes ao ser humano em todos os tempos. O que justifica várias analogias entre as definições sobre a origem do Universo elaboradas por diferentes civilizações desde a antiguidade. Embora, não se tem conhecimento de quando o homem deu início as indagações sobre sua origem. Entretanto, todas culturas têm diversas explicações para início do Universo, formando o que chamamos de cosmogonias (figura 1) e em várias delas ele é criado por entidades sobre humanas ou seres divinos. Praticamente, todas são prováveis respostas, ao mais inquietantes dos questionamentos filosóficos que o homem já fez sobre ele mesmo: “De onde Viemos? ”

**Figura 1 - Todas as culturas têm diversas explicações para início do Universo...  
(Cosmogonias)**



Fonte: <https://br.pinterest.com/pin/863002347320393026/>

Embora a procura por respostas sobre o cosmo ter permanecido durante praticamente todo percurso da história da humanidade até o homem contemporâneo, a cosmologia só conseguiu ser definida como estudo da origem, da evolução, da composição e da estrutura do Universo, recentemente. Até o penúltimo século, ela se apresentava normalmente de forma indissociável, com a filosofia, a metafísica e a religião. Somente em 1917, conseguiu se separar dessas áreas e adquirir autonomia como um ramo da ciência, à proporção que evoluíram os recursos de observação e junção das informações astronômicas, transformando-se em conhecimento puramente científicos.

Para Gleiser (1997), a cosmologia é única disciplina de física que lida com questões que podem também ser legitimamente formulada fora do discurso científico. Essa característica faz com que a cosmologia, assim como os cosmólogos, seja percebida de um modo pouco diferente do resto das disciplinas científicas ou mesmo dos outros cientistas. Percebe-se uma disciplina que surge como exceção dos padrões científicos e este provavelmente tenha sido o maior obstáculo, para que, está transformasse-se em uma ciência sólida estruturada sobre os trilhos das teorias e observações.

Existe outra construção humana para a cosmologia, que é a científica. De acordo com (GLEISER, 1997) a cosmologia é a ciência responsável pelo o esboço da evolução e das características físicas do Universo. Esta construção sofreu várias modificações a partir dos

povos primitivos como gregos, egípcios, assírios e vem sofrendo constantes alterações por ser uma ciência não acabada.

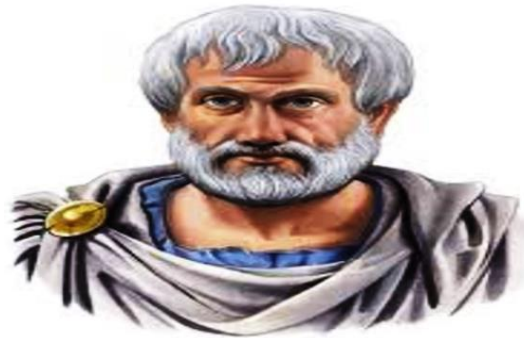
De acordo com Novello (2006) a cosmologia física se estabeleceu, somente, por volta de 1960, quando passou a ser considerada ciência por parte do estabelecimento científico. E a partir de então, as observações e descobertas nesta área como as do século passado realizadas por Albert Einstein, Alexander Friedmann, Edwin Hubble, Stephen Hawking, dentre outros, os quais fizeram descobertas importantíssimas nesta área.

### *1.1.1 Civilizações Antigas*

Para as civilizações antigas, as interpretações religiosas e as observações dos astros tiveram intensa relação entre si. Os símbolos e corpos celestes já eram apresentados pelo homem primitivo nas imagens rupestres. Em diversas civilizações antigas como Egito faraônico entre outras, julgavam-se que a Terra tivesse a forma plana e acreditava-se que as estrelas fossem lâmpadas firmes em uma encurvadura giratória.

Também era muito intensa a fé em que o nosso Sol expirava a cada anoitecer para renascer a toda manhã, mitologia que se transformou em um dos fundamentos principais do culto religioso a esta estrela. No início os filósofos gregos, acreditavam que os percursos dos astros celestiais eram regidos através de encadeamento harmônicos de princípios apropriados. É necessário apontar que, nesse cenário, a iniciação da definição de esfericidade do planeta Terra, defendida por uma parte dos pensadores gregos, os pitagóricos, conseguiu até supor que, era uma ilusão a rotatividade realizada durante o dia pela encurvadura celeste, era na realidade, a rotação da Terra era sobre ela mesma. Entretanto, essas considerações foram rejeitadas e adotou-se a ideia do sistema geocêntrico, segundo o qual a Terra ficava localizada no centro do Universo. A qual, tinha como principal defensor o filósofo Aristóteles (Figura 2) e vista como válida por aproximadamente 14 séculos. Habitualmente as explicações cosmológicas eram fundamentadas somente em ideias filosóficas, ou em fundamentos religiosos, semelhante ao entendimento de que o homem devia estar no centro do Universo.

**Figura 2- O filósofo Aristóteles**



Fonte: <https://www.slideshare.net/FrancieleFernandes4>

Cláudio Ptolomeu de Alexandria (fig. 3), no século II d.C, propôs em sua obra *Almagesto*, na qual elaborou um sistema que apresentava interpretações, com fundamentos no formato geocêntrico. A concepção da qual a Terra se encontrava fixa e cercada de esferas translúcidas que rodeavam em seu entorno da qual se o Sol e os outros planetas estavam subordinados, estes movimentos, denominados de epiciclos. Essa teoria foi aceita no século XIII pelo santo Tomás de Aquino, este entendimento para o Universo foi aceito por um período de 300 anos

**Figura 3 - Cláudio Ptolomeu de Alexandria**



Fonte: Arielly da Silva (Turma 100 vespertino-2019)

O astrônomo polonês Nicolau Copérnico, no século XVI, apresentou a teoria heliocêntrica, totalmente contrária aos princípios do período, em que sustenta que o Sol era o centro do sistema solar e a Terra passava ser um de seus planetas, que apresentava um movimento circular em órbita definida. Os ajustes feitos por Copérnico no sistema heliocêntrico conduziram interpretação de maior importância a respeito da esfericidade da Terra e sobre os movimentos. Esse período, denominado de Renascimento, trouxe ainda a expansão dos limites do mundo até então desconhecido. Mas, apesar de revolucionário, igreja

Católica reprovou a teoria apresentada Copérnico, pois se contrapunha à ideia de que o ser humano, como obra-prima de Deus, ocupava o centro do Universo.

Essas ideias na época apontavam uma infinidade de contestação que, até dois séculos depois (século XVIII), em Sorbonne, em Paris, se ensinava que o movimento da Terra ao redor do Sol era um entendimento útil, mas falso. Esse modelo só foi aceito bem depois, após consistente defesa do sistema heliocêntrico feita por Galileu, quem contribuiu decisivamente para que a teoria de Copérnico se firmasse se desenvolvessem.

Outra contribuição importante foi a ajuda do telescópio, um instrumento revolucionário para época e através do qual Galileu percebeu que a nossa galáxia (Via Láctea) é composta por uma quantidade incalculável de estrelas. Igualmente descobriu grandes buracos na superfície da Lua (as crateras), as manchas do Sol e a presença de satélites entorno do planeta Júpiter. Tais descobertas foram ampliadas após vários trabalhos como os de Johannes Kepler e de Isaac Newton. Autor da lei da gravitação universal, que transformou o entendimento “de que tudo que estivesse no céu era perfeito e imutável”. A junção dos conhecimentos adquiridos durante século XVII constituiu uma base científica favorável, através da qual a cosmologia adquiriu novos princípios e definitivamente passou do campo da filosofia para o da ciência experimental. A partir de então se estabelece o marco que divide a Cosmologia Antiga da Cosmologia Moderna. (Figura 4- Copérnico 4a, Galileu 4b e Kepler 4c)

**Figura 4 - Nicolau Copérnico 4a, Galileu 4b e Kepler 4c**



Fonte: Arielly da Silva (Turma 100 vespertino-2019)

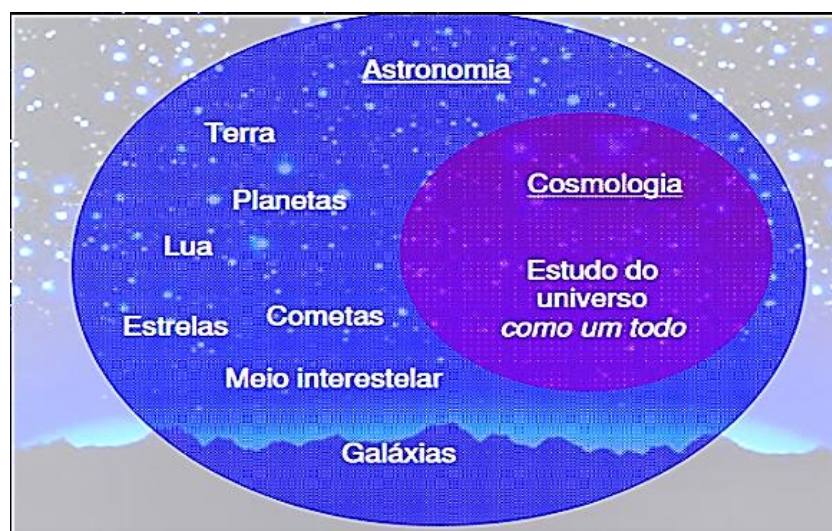
### 1.1.2 Cosmologia Moderna

O desenvolvimento da cosmologia científica efetivou-se com fundamento na dinâmica Newtoniana, com a recente presença da teoria da relatividade no começo do século passado e os avanços tecnológicos que conduziram os processos de observações, nas quais, os pesquisadores adotaram diversos parâmetros e critérios variáveis perante os quais se elaborou um conjunto de métodos destinados a definição da composição do Universo e das leis que o regem.

Criada no início na década de 1920, a teoria da relatividade aponta evidências de que o Universo está em expansão. Essas evidências compõem o princípio da cosmologia moderna. Propondo que, a expansão do Universo começou depois de uma grande explosão ou Big Bang de uma massa muito densa de gás cósmico. O que gerou inovações significativas para a cosmologia, como ciência que estuda a origem e evolução do Universo.

Após este momento, segundo Lima (2017), o termo Cosmologia adquiriu uma ampliação e se estabelece como um ramo da astronomia, como a disciplina que investiga a formação e evolução da estrutura em maior para o Universo, como: galáxias, aglomerados e superaglomerados de galáxias. Seu objetivo é estabelecer um modelo cosmológico que antevêja e aclare os resultados das observações astronômicas. Sua maior busca é elaborar um cenário que possibilite reconstruir o passado do Universo, entender o presente e pressupor sobre o futuro do Cosmo (fig. 5)

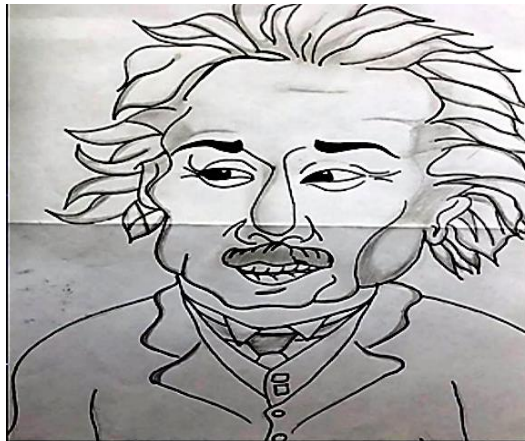
**Figura 5-Diferença entre astronomia e cosmologia**



Em sínteses, a sustentação teórica da Cosmologia Moderna deve-se a teoria da relatividade geral elaborada por Albert Einstein (Figura 6), que apresentou uma definição agregada a gravidade por uma conveniência geométrica do espaço-tempo. Há princípio, Einstein aceitava como verdadeiro que o Universo seria estático, mas depois percebeu que em sua definição inicial da teoria não consentia visto que as massas distribuídas por todo Universo se atraíam gravitacionalmente, aproximando uma das outras ao longo do tempo. Entretanto, ele percebeu em suas equações permitia a inclusão de uma constante que deveria paralisar a ação da força gravitacional atuante em escala cósmica.

O primeiro artigo de Albert Einstein (fig. 6) publicado sobre Cosmologia relativista, foi em 1917, neste ele inseriu uma constante cosmológica em suas equações, na intenção de estabelecer um modelo para o Universo estático.

**Figura 6 – Albert Einstein**



Apesar de todo empenho de Einstein, seu modelo para o Universo estático era incerto para perturbações de baixas intensidades que poderiam provavelmente dá início a expansão ou contração, o modelo por ele descrito como Universo estático. Somente depois foi descoberto que ele representava um conjunto de variedades possíveis e todas adequadas conforme descrita na relatividade geral.

Outra contribuição teórica importante foi proposta pelo o padre católico belga Georges Lemaître em 1927, com a descrição do recuo de nebulosas espirais, apontava que Universo “iniciou” a partir de uma explosão de um átomo primordial – que mais tarde foi denominado de Big Bang.



Já a base observacional do desenvolvimento da Cosmologia Moderna, coube ao astrônomo americano Edwin Powell Hubble, em 1929, do Observatório de Monte Wilson (fig. 7), interpretar a expansão do Universo, concluindo que as galáxias espirais (teoria de Lemaître) eram galáxias movimentadas através de velocidade capaz de distanciar-se da Terra. Por meio de cálculo de seu percurso usando como parâmetro de medições o brilho variável das estrelas contidas nestas galáxias e deduziu que o afastamento das galáxias da Terra em todas as direções tem velocidades proporcionais às suas distâncias. Esta descrição atualmente é conhecida: como a lei de Hubble e, a relação entre a velocidade das galáxias e sua distância da Terra constitui o parâmetro da constante de Hubble (H).

$$v = H \cdot r \rightarrow H = \frac{v}{r} \quad (1)$$

onde H é a constante de proporcionalidade, é chamada de constante de Hubble. O valor de H é geralmente medido em quilômetros por segundo-megaparsec ( km/s.Mpc), em que o parsec é uma unidade de comprimento muito usada na astronomia; v velocidade aparente de recessão de uma galáxia medida em km/s.Mpc. ano-luz; r a distância a que se encontra da Terra medida em ano-luz.

**Figura 7- Hubble no telescópio Hooker (Observatório do Monte Wilson - Califórnia)**



Fonte:[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1806](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806)

A interação para a constante de Hubble encontra-se entre 10 e 20 bilhões de anos, segundo a escala de tempo cósmica utilizada como medida, que mais, se aproxima da idade estimada para o Universo.

A lei de Hubble propõem que o Universo está em expansão. São propostas principalmente duas hipóteses para modelos do Universo:

i. desenvolvido e defendido por George Gamow - a teoria do Big Bang (de Lemaître), denominado de “Universo aberto”, exagerado e permanecendo infinitamente em expansão;

ii. proposto por Fred Hoyle, o modelo do estado estacionário propõe que toda matéria nova produzida, preenche os espaços vazios gerados pelo o distanciamento das galáxias. Para este modelo, o Universo continua basicamente igual sem alterações em todo e qualquer tempo.

Esses dois modelos para expansão do Universo gerou uma divisão, entre os cientistas, em defender uma das teorias, mas, as evidências observacionais sustentam o entendimento, de evolução do Universo, a partir de um estado infinitamente quente quanto denso.

Outra base observacional para o desenvolvimento e sustentação da cosmologia moderna, está fundamentada na radiação cósmica de fundo, descoberta em 1965, com fundamental contribuição para a teoria do Big Bang, vários cosmólogos apresentaram duramente diversas concepções sobre o “início” e evolução do Universo. Uma das consequências é que, a partir desta descoberta, todas as teorias convergem ao entendimento de que, o Universo começou com singularidade, como proposto por Stephen Hawking e Roger Penrose (fig.8) em 1960. De acordo com está teoria um universo é formado através de big bang, depois começa a expandir-se, possivelmente superlotando de estrelas e astros e, que, fortuitamente, começaram a entrar em exaustão gravitacional, produzindo modificações na estrutura da malha do espaço-tempo. Ao envelhecer esse universo eventualmente apresentará uma infinidade de buracos negros, transformando-o em uma imensurável viscosidade com ausência de massa, que evaporasse na forma de elétrons. Finalmente, o aglomerado livre de peso entrará em colapso em si mesmo, gerando um big bang que dará origem a um novo universo. O que aconteceria em intervalos de tempo infinitamente longos, para sempre.

**Figura 8-- Stephen Hawking e Roger Penrose.**



Fonte:<https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.tnpscthergupettagam.com%2Farticles-detail%2Fstephen-william->

## CAPÍTULO 2

### O BIG BANG

Alguns objetivos:

- i. Conduzir os alunos a uma compreensão do início da expansão do Universo.
- ii. Perceber como era o Universo nos momentos iniciais da expansão.
- iii. Conhecer os fundamentos das descobertas que formam os pilares a favor desta teoria.
- iv. Analisar os princípios das teorias alternativas.

#### 2.1 A teoria do BIG BANG

A teoria do Big Bang, embora seja bem conhecida - uma das mais divulgada, ela também tem gerado muita incompreensão. Entre as confusões mais frequentes a respeito da teoria, certamente seja o entendimento de descrição do início do Universo. O que, não é absolutamente correto. O Big-Bang descreve uma interpretação que tenta explicar a evolução do Universo de um nível minúsculo, superaquecido e infinitamente denso para estrutura atual. Ela não busca descrever o início da criação do Universo, ou seja, o existia antes da grande expansão ou além dele.

Outro engano está presente na afirmação de que o Big Bang represente um tipo de explosão. Na verdade, a teoria é uma tentativa de explicar a expansão do Universo. Apesar de diversas interpretações sobre a teoria retratarem uma expansão incredivelmente rápida (provavelmente superior à velocidade da luz), nem por isso, configuraria no sentido original do termo, uma explosão.

Elaborar uma síntese da teoria do Big Bang constitui um enorme desafio, por abranger definições além da qual compreendemos o Universo. Os primeiros instantes do Big Bang se convergem em um período em que as forças existentes no Universo pertencem a uma única força. As leis que sustentam a ciência iniciam sua estrutura, na proporção em que voltamos aos momentos iniciais à concepção de “criação” do Universo. Dessa forma, aproxima-se de uma fase da qual as possíveis condições científicas de construções teóricas deixam de existir, pelo o fato de não existir explicação para o que acontece, a partir deste estágio.

Para entendermos melhor a teoria do Big Bang, torna-se necessário a percepção dos dois conceitos possíveis para a teoria:

- i. Sustenta que o Universo está em expansão e atravessou um período assustadoramente quente no passado. Aprovado pela grande maioria dos cosmólogos e apoiado em sólidas fundamentações observacionais. Este entendimento tem fundamentos na relatividade geral;
- ii. Aponta que o Universo teve um início bem definido no tempo e, que houve uma singularidade (convergência incalculável de matéria), em que a Física não apresenta sentido, nesta concepção: o Universo, o espaço e o tempo, surgiram simultaneamente. Como extrapola o fundamento conhecido para quantidades de energia totalmente inalcançáveis atualmente, segundo os conhecimentos Físicos e, por isso ele não apresenta fundamentos sólidos, sendo tema de fortes debates.

A teoria do Big Bang busca representar a evolução do Universo do momento logo após ao seu nascimento até o presente momento. Refere-se a um dos vários modelos científicos que buscam explicações para a forma do Universo. Tal teoria propõe várias possibilidades, diversas já foram confirmadas através de observações. Portanto, entre as teorias, esta é a mais conhecida, divulgada e aprovada, quanto ao desenvolvimento do Universo.

O entendimento desejado ao expor a teoria do Big Bang, é o de expansão. O qual descreve o aumento realizado pelo o próprio espaço sobre si, isto nos aponta que os elementos que fazem parte de sua composição, comprimidos em seu interior está se distanciando uns dos outros. Apesar de muitos acreditarem que a teoria do Big Bang nos propõe uma compreensão de explosão, Na verdade ela aborda a expansão do Universo. Atualmente, quando olhamos para o céu durante à noite, percebemos um espaço vazio enorme entre as galáxias, aparentando ter grandes extensões. No Entanto, toda matéria, energia e espaço que conseguimos observar, nos momentos iniciais do Universo, encontravam-se aglomerados em um único ponto de volume infinitamente próximo de “zero” e com densidade infinita.

Existia uma quantidade tão grande de energia nos momentos iniciais do Universo, que a matéria, não poderia existir, na forma que a conhecemos. Mais o Universo se expandiu rapidamente e conseqüentemente a alta temperatura diminuiu e a densidade também. À medida que se expandia, a matéria foi se transformando em radiação e perdendo energia. Em

pouquíssimo tempo, o Universo se estruturou e se espalhou pelo espaço sideral, a partir de uma singularidade.

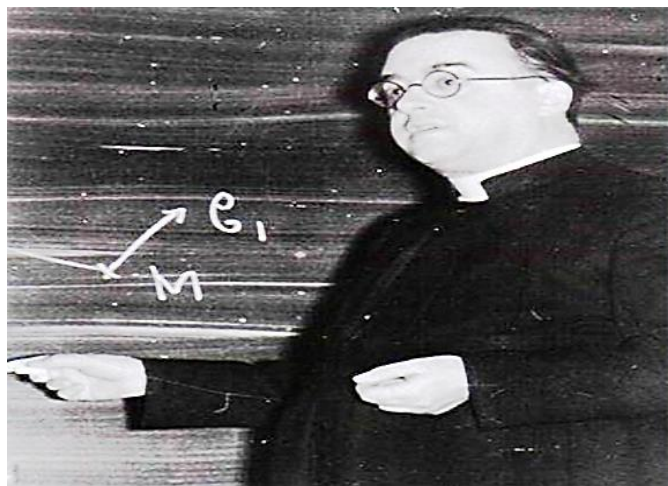
## 2.2. Quando surgiu a teoria do Big Bang?

No final da década de 1920, o astrônomo Edwin Hubble (fig. 9) concluiu que: uma galáxia apresentava velocidade de afastamento diretamente proporcional à sua distância da Terra. Ou seja, quanto maior for a distância de uma galáxia à Terra, maior será a velocidade com que ela se afasta de nós. Entretanto, de fato as galáxias não se afastam e, sim, o Universo inteiro que se dilata com as galáxias dentro dele.

Hubble elaborou a teoria em que afirma: com passar do o Universo se expande. Isto aponta que, há bilhões de anos atrás, o Universo era bem menor e infinitamente denso. E deduziu, se retrocedermos o bastante, presenciariamos uma possível quebra do Universo formando área incrivelmente menor e com densidade infinita, por conter toda a energia, matéria, espaço e tempo do Universo.

Em 1927, foi o ano em que o astrônomo belga Georges Lemaître (figura 9) alcançou resultados teóricos que apontavam que o Universo que se expandia. Mas foi além, justificou que, o afastamento das galáxias hoje, indica que elas estiveram mais próximas no passado. Ele também pressupôs que em um único ponto já esteve junta toda a massa do Universo. E seis anos depois, Lemaître atribuiu a este princípio o título de átomo primordial, o qual, teria se dividido em incontáveis pedaços para formar o Universo.

**Figura 9-Georges Lemaître**



A ideia a princípio de um Universo que evoluiu de um estado impressionavelmente comprimido e superaquecido da matéria não foi aceito por todos. Insultuosamente, em 1949, chamado de Big Bang - grande estrondo, por Fred Hoyle (fig. 10) cosmólogo britânico, um dos opositores mais ferrenhos, numa rádio. Risivelmente, o nome ganhou popularidade, passando, a partir de então, a se referir ao modelo de expansão do Universo.

**Figura 10-Fred Hoyle**



Fonte:<https://www.google.com/imgres?imgurl=https%3A%2F%2Fhachete.imgix.net%2Faut>

Diversos cientistas tinham sérias rejeições a esse modelo. Entre eles estava o Albert Einstein, físico de peso na comunidade científica. O qual, no início apoiava a concepção, que sustentava o modelo de que o Universo era estático – em que não havia alteração, permanecendo o mesmo para sempre. Naquele momento desejava que teoria da relatividade geral, formulada por ele, lhe favorecesse uma interpretação mais sólida sobre o desenvolvimento do Universo.

Ao finalizar a fundamentação da relatividade geral, Einstein ficou impressionado ao perceber que, segundo os cálculos por ele efetuados, o Universo deveria estar em expansão ou em contração. O que contrapunha totalmente seus conceitos em um Universo estático, o que gerou uma busca por uma explicação aceitável. A saída encontrada por ele, foi uma constante cosmológica – um valor numérico que, ao ser inserido em sua teoria da relatividade geral, apresentaria a função de neutralizar a possibilidade de expansão ou contração do Universo.

No entanto, quando Hubble apresenta as constatações, de que a inserção da constante cosmológica criada por ele, de fato, não exercia a função desejada. Einstein forçadamente aceitou seu segundo erro. Que o Universo provavelmente estaria em expansão e, o pior, esta

confirmação estava fundamentada na teoria formulada por ele. Esta teoria e as observações realizadas Hubble produziram algumas previsões, entre elas estão:

- i. A possibilidade do Universo ser simultaneamente homogêneo e isotrópico. Fundamentalmente, assegura que o Universo seja igual em todas as direções. Independentemente de onde você esteja, suas percepções sobre a estrutura do Universo seriam as mesmas obtidas aqui na Terra;
- ii. Provavelmente o Universo tenha apresentado nos estágios iniciais do Big Bang temperaturas de altíssima intensidade e, conseqüentemente, após a expansão deve haver indícios que comprove radiação inicial. Como provas do Universo ser homogêneo e isotrópico, precisaria aparentar distribuição uniforme em qualquer ponto no Universo. Os cientistas obtiveram evidências radiação na década 1940, apesar de na época não saberem precisamente o havia encontrado.

Somente vinte anos depois em 1960 dois grupos de pesquisadores distintos descobriram o que atualmente designamos com radiação cósmica de fundo em micro ondas. A RCFM é constituída por resíduos da intensa energia liberada pela “esfera de fogo primordial” durante o bang. Pois, era incrivelmente abrasadora e esfriou absurdamente para os atuais 2,725 kelvins apenas.

A descoberta da radiação cósmica de fundo provocou intenso furor científico as expectativas à teoria do Big Bang, que adicionava aos dois pilares a seu favor: sustentava tanto o fundamento da expansão do Universo quanto a atual abundância dos elementos químicos de pouca massa (hidrogênio, deutério, hélio e lítio). Entretanto, mesmo assim sustentado por estes três pilares robustos, o modelo não estava livre de questionamentos.

### **2.3 Teorias alternativas**

Foram propostas diversas teorias alternativas ao modelo do Big Bang, entre elas, a teoria do estado estacionário teve maior repercussão, conforme esta, o Universo não teve início ou fim, mas ao longo do tempo sempre existiu, o que justifica o nome do modelo. Para justificar o fato da expansão do Universo, seus principais defensores – Hoyle e os austríacos Thomas Gold e Herman Bondi – argumentavam que existia permanente criação de matéria no Universo. Existe atualmente diversos modelos apontados e investigados por pesquisadores

desta área e são classificados basicamente em dois grupos: os que propõem um começo bem estruturado para o Universo e os que não apresentam início, ou seja, o Universo é eterno.

O maior embaraço que desafiava a concepção do modelo do Big Bang era justificar por que a radiação cósmica de fundo apresentava sempre essencialmente a mesma temperatura em todas as direções do espaço. A explicação apresentada foi supor que essa homogeneidade seja devido o Universo, embora muito quente e denso, possa ter expandido bruscamente durante um pequeníssimo tempo após o Big-Bang. Basicamente essa é a particularidade que sustenta a teoria inflacionária. Os acontecimentos sucessivos após o Big-Bang, segundo os estudiosos, em uma sequência cronológica (fig. 11):

$t \approx 10^{-43} s$ . Esse é o primeiro instante no qual conseguimos dizer alguma coisa que faça sentido a respeito da evolução do Universo. É nesse momento que os conceitos de espaço e tempo ganham o significado atual, e as leis da Física como as concebemos podem ser aplicadas. Nesse instante, o Universo inteiro é muito menor que um próton, e a temperatura é da ordem de  $10^{32} k$ . Flutuações quânticas de estrutura do espaço- tempo são semente que mais tarde constituem à formação de galáxias, aglomerados de galáxias e superaglomerados de galáxias.

$t \approx 10^{-35} s$ . O Universo se expande violentamente (era da inflação);

$t \approx 10^{-34} s$ . Nesse momento, o Universo passa por uma inflação assustadoramente rápida, em que seu tamanho é multiplicado por um fator da ordem de  $10^{30}$  provocando a formação de matéria com uma acomodação definidas pelas flutuações quânticas iniciais. O Universo se transforma em uma composição formada de fótons, quarks e léptons a uma temperatura da ordem de  $10^{27} K$ , elevada demais para a formação de prótons e nêutrons;

$t \approx 10^{-32} s$  Fim da inflação;

$t \approx 10^{-10} s$ . O Universo se torna uma sopa quentíssima de radiação e partículas elementares (quarks, glúons, elétrons, fótons, neutrinos etc.);

$t \approx 10^{-4} s$ . O Universo bem mais frio por causa da expansão. Os quarks se juntam para formar prótons, nêutrons e as antipartículas correspondentes. Os fótons, neste momento ainda não têm energia bastante para se libertarem das partículas recém-formadas. Partículas de matéria e antimatéria chocam e se anulam mutuamente. Um pequeno excesso de matéria que sobrevive dar origem ao mundo de matéria que conhecemos atualmente;



$t \approx 1\text{min}$ : O Universo frio o bastante para que os prótons e nêutrons, ao chocarem, consigam formar os nuclídeos leves  $^2\text{H}$ ,  $^3\text{H}$ ,  $^4\text{H}$  e  $^7\text{Li}$ . As abundâncias relativas previstas para esses nuclídeos continuam as mesmas observadas atualmente. Existe uma quantidade enorme de radiação presente, mais os fótons não podem percorrer distâncias razoáveis sem interagir com o plasma formado por íons positivos e elétrons livres; motivo pelo qual, neste momento o Universo é opaco;

$t \approx 10^2\text{s}$  : prótons e nêutrons, ambos bárions, formam núcleos de átomos leves;

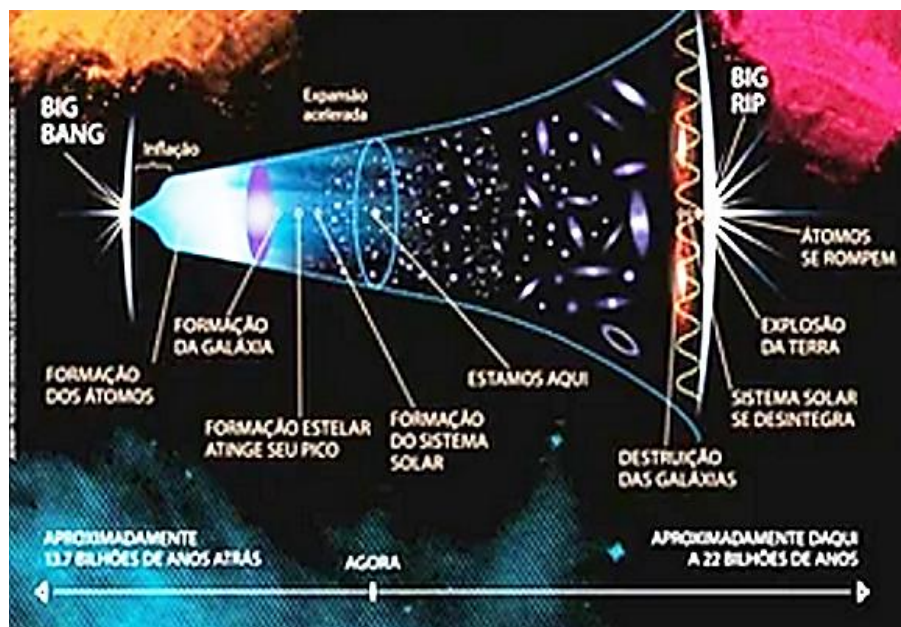
380 mil anos: Formam-se os primeiros átomos (núcleos mais elétrons) e os fótons da radiação cósmica de fundo passam a caminhar livremente, tornando o Universo transparente;

200 milhões de anos: formam-se as primeiras estrelas e galáxias;

9 bilhões de anos : formação do sistema solar;

10 bilhões de anos depois do Big Bang: início da vida na Terra.

**Figura 11 - Do Big Bang ao Big Rip**



Fonte: <https://www.google.com/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=images&cd=&ved=2ahU>

Não muito distante, em 1992, medidas realizadas por um satélite da NASA (COBE) mostraram que a radiação cósmica de fundo verdadeiramente, não é, perfeitamente uniforme.

Em 2003, medidas feitas por outro satélite também da NASA, o Wilkinson Microwave Anisotropy Probe (WMAP), possibilitaram medir a falta de uniformidade com uma resolução bem maior. Indicam que a teoria do Big-Bang, com uma inflação em  $t \approx 10^{-34}s$ , está correta. Há hoje vários modelos para o que ocorreu nos primórdios do universo. Porém, o modelo do Big Bang acoplado ao cenário inflacionário, tem obtido excelente respaldo observacional.

De acordo com Novello (2010) “no modelo de criação Big Bang, não é possível desenvolver racionalmente uma ciência completa do Universo. Isso se deve ao fato de que o modelo do átomo primordial exige a identificação de um ponto singular com o momento de criação do Universo: o volume total do espaço tridimensional seria, naquele momento, naquele ponto, estritamente zero”.

## CAPÍTULO 3

### O UNIVERSO EM EXPANSÃO

Alguns objetivos:

- i. Apresentar aos alunos do ensino médio as teorias, as observações e as descobertas que apontam evidências da expansão do Universo;
- ii. Conhecer melhor o percurso que possibilitou o ser humano ampliar seus conhecimentos sobre o Universo.

#### **3.1 O Universo em expansão**

Embora houvesse intensas limitações interiores, aos poucos o conhecimento conduziu o homem a desprezar a noção de que tinha qualquer posição de destaque no Universo e no começo do último século percebeu que vivemos num planeta nada espetacular, em torno de uma estrela em nada diferente das demais, o Sol, localizada próxima a uma das extremidades da Via Láctea, uma galáxia comum.

As galáxias apresentam três formatos: elípticas, espirais e irregulares.

As galáxias elípticas, por lhes conferir semelhança elíptica em todos os ângulos de visão. Aparentemente revelam estrutura e matéria interestrelar insuficientes.

Já, as galáxias em formas de espirais, formam discos que realizam movimentos circulares. Sua composição é basicamente formada por estrelas mais velhas e poeira interestelar; apresentando braços relativamente brilhantes. A maioria deste formato de galáxias apresenta forma de barra que se estende além do núcleo e depois se une novamente à composição do braço brilhante.

As galáxias irregulares apresentam formas que ainda não são definidas, o que justifica o termo “irregulares”.

Formada por mais de 100 bilhões de estrelas e uma infinidade de nebulosas (nuvem de poeira de gás), a Via Láctea, apresenta uma faixa esbranquiçada que aparenta um caminho leitoso, quando observada da Terra. Na verdade, sua forma é de uma espiral em barras, devido ao nosso ângulo de visão da galáxia. Nós a enxergamos de lado.

Nosso sistema solar, está situado no interior da Via Láctea e se estrutura em volta de uma estrela que nasceu provavelmente à cinco bilhões de anos, o Sol. Para nós ele é mais importante, porém não é o único sistema planetário da Via Láctea.

Nossa galáxia faz parte de um conjunto de galáxias, situado na extremidade de um grande supergrupo de galáxias. O supergrupo de Virgem composto por aproximadamente de 1300 a 2000 galáxias fixas considerado pequeno em comparação com os outros supergrupos de galáxias que conseguimos ver em outros pontos do Universo. Deste modo, confirma nossa insignificante localização no Universo.

Através das imagens enviadas pelo telescópio espacial Hubble, pressupõe que o Universo tenha aproximadamente 125 bilhões de galáxias. Sendo assim, é incalculável a quantidade de planetas e estrelas no Universo. Todo esse entendimento é resultado da procura incessante por explicações sobre a origem e evolução do Universo.

Para Rosenfeld (2005) Uma das maiores descobertas do século passado certamente foi, o fato de que o Universo está em expansão e, que, durante muito tempo, imaginou-se que, desprezando o movimento aparente das estrelas por causa da órbita da Terra ao redor do sol, o Universo seria estático, imutável.

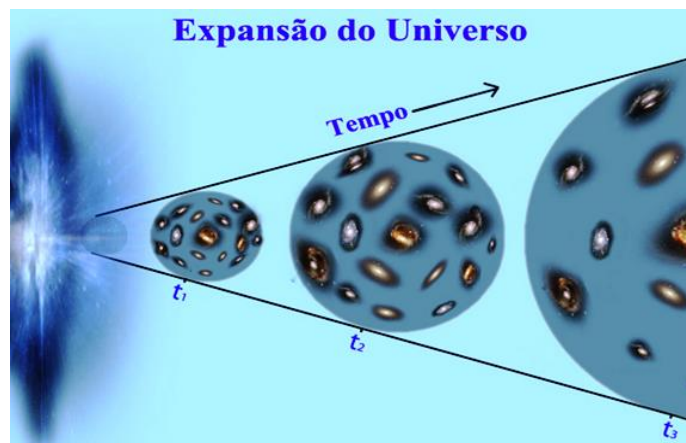
Einstein a princípio também aceitava como verdadeiro, que o Universo era imutável, estático e eterno, pois na época ainda não existiam conhecimentos práticos que provassem o contrário. Apesar de a sua teoria propor início para o Universo, o que, somente depois de ser verificada e contestada pelo Willem de Sitter e pelo belga Georges Lemaître que propôs o entendimento do átomo primordial.

A esta teoria, no final da década de 1940, foi dado pejorativamente o nome de Big Bang, durante um programa de rádio na BBC, pelo inglês Sir Fred Hoyle, para reforçar o que julgava ser um resultado grotesco apontado pela relatividade geral de Einstein, a partir do nada surgir quantidades enormes de matéria e energia.

Uma constatação observacional fundamental ocorreu, em 1929, quando o astrônomo americano Edwin Hubble (1889 – 1953), através de observações percebeu o um afastamento das galáxias em relação à Terra, Isto é, o Universo está em expansão, retrocedendo-se ao passado, ou seja, no tempo elas estariam bem mais próximas, e, a cerca de 13,7 bilhões de anos atrás, elas poderiam estar juntas, todas em um único ponto, provavelmente onde estava aglomerada integralmente a massa e a energia do Universo e, que certamente deveria ser muito quente. Este ponto é chamado pelos físicos de singularidade espaço- tempo.

Uma analogia bastante ilustrativa para a expansão homogênea e isotrópica do Universo é a de galáxias representadas por pequenos pedaços de papel pregados na superfície de um balão de festas que está sendo inflado. Suponha que vivemos na superfície do balão, à medida que está sendo inflado está se expandindo. Os pontos da superfície do balão se afastam homogeneamente uns dos outros (fig. 12), o que impede todos nós, que estamos em uma das galáxias desenhadas na superfície do balão termos percepção deste afastamento.

**Figura 12- fenômeno da expansão do Universo sem centro ampliada**



Fonte: <https://www.google.com/url?sa=i&url=http%3A%2F%2Fwww.ciencias.seed.pr.gov.br>

Estas observações comprovaram a expansão do Universo em todas as direções. Na verdade, o Big Bang não é uma explosão no espaço, mas, uma explosão do próprio espaço, ou seja, no Universo, igualmente a superfície do balão, todas as galáxias se afastam umas das outras, não existindo centro para expansão e, por isso, não temos consciência disto.

O Big Bang sustenta a criação não apenas da matéria e da radiação, mas, assim como, do próprio espaço e do tempo. Provavelmente foi assim o começo do Universo, que temos conhecimento.

Outra teoria, a do Estado Estacionário, na qual, o Universo era semelhante em todas as direções e imutável no tempo, com geração permanente de matéria para equilibrar a expansão adquirida e conseqüentemente mantendo constante densidade média. Tal teoria foi apresentada por Herman (1919- 2005), Thomas Gold (1920-2004) e Fred Hoyle (1915-2001).

Atualmente a Teoria do Big Bang apresenta maior aceitação pela maioria dos cientistas. Porém, existe uma parte que afirma existir nela alguns pontos passíveis de contestações:

i. Sustenta que uma das violações da Teoria do Big Bang é referente à primeira lei da termodinâmica, ao propor que o Universo começou do nada, enquanto a primeira lei da termodinâmica afirma que a matéria e a energia não podem ser criadas e nem destruída.

Em defesa da teoria, existem provas de que o Big Bang não discute a criação do Universo, mas sim de sua expansão e de forma que, as leis da ciência fogem a validade à medida que chegarmos próximos ao momento da criação do Universo e, as leis da termodinâmica estão inclusas;

ii. Alguns afirmam que a forma como as estrelas e galáxias são criadas contrapõe a sustentação da Entropia, ao afirmar que os sistemas perdem estrutura inicial com o passar do tempo. No entanto, se creditamos que no princípio o Universo era uniforme e apresentava as mesmas propriedades físicas, portanto, obedece à este princípio também;

iii. Outra contestação, já afirma, que o período de inflação proposto no início do Big Bang, não com o fato de que não tem algo capaz de movimentar-se com velocidade maior que a da luz, porém, os apoiadores da teoria, argumentam que, de forma semelhante que, o Universo aparenta não negar os princípios da primeira lei da termodinâmica, por não apresentar possibilidades de uso antes do seu início, enquanto, a relatividade sustenta restrições somente a velocidade da matéria e energia como sempre menor que a da luz, o que, não é válido para a velocidade do Universo em sua totalidade. Para tanto, ainda não era possível aplicar integralmente, a Teoria da Relatividade e, que eventualmente para o Universo viajar em velocidade maior que a da luz, não seria um obstáculo.

Acho que, quando morremos, voltamos ao pó. Mas, em certo sentido, continuamos a viver: na influência que deixamos, nos genes que passamos adiante para nossos filhos. Temos apenas esta vida para apreciar o grande plano do Universo, e sou extremamente grato por isso". (HAWKING, 2018, P.34).

## ATIVIDADES PROPOSTAS

### Atividade 1

Esta atividade é composta por um debate e uma roda de conversa. Os quais têm a função de envolver os alunos por meio de uma prática diversificada, além da formação e utilização de organizadores prévios para, de fato, ancorar nova aprendizagem. Conduzindo os alunos ao desenvolvimento de novos conhecimentos a partir de conceitos essenciais (subsunçores), de modo a facilitar a aprendizagem necessária para as realizações das atividades subsequentes (atividades 2 e 3).

**Debate** é uma maneira de tornar as aulas mais dinâmicas, permitindo aos estudantes a oportunidade de desenvolverem a capacidade de coordenarem seus pensamentos e expô-los em grupo, expressam suas ideias prévias a respeito de fenômenos e conceitos científicos num ambiente estimulante e contribuindo inclusive sobre seu modo de agir em sociedade.

Para melhor utilização deste recurso pedagógico proposto neste manual, sugiro a seguinte ordem:

- primeiro momento, apresentar o tema (assunto) com antecedência para os alunos, neste caso “como a cosmologia conseguiu se desvincular da filosofia, da religião e ganhar autonomia como um ramo da ciência?”;
- segundo momento, antes do início do debate organizar o ambiente e estabelecer as regras, para evitar tumultos e confusões dos participantes durante a exposição;
- terceiro momento, início do debate sendo o professor mediador e provocador dos questionamentos e conclusões;
- quarto momento, finalizar o debate convergindo as conclusões e enfatizando que elas serão necessárias para a realização das futuras atividades.

**Roda de conversa** é uma possibilidade metodológica para uma comunicação dinâmica e produtiva entre alunos adolescentes e professores no ensino médio. Esta apresenta um rico instrumento para ser utilizado como recurso de aproximação entre os interlocutores do cotidiano pedagógico.

Provavelmente, quem inventou a roda de conversa foi Sócrates (469-399 a. C.) que desde o início proporcionava frequentemente uma troca de ideias com seus interlocutores, partindo de uma primeira opinião, que, aos poucos submetida à crítica, produzia outros significados até que as novas concepções apresentadas pudessem ser mais aceitáveis. No arranjo pedagógico, a roda de conversa, por meio da conversação e caracterização possa ocorrer, uma aprendizagem significativa como uma nova compreensão de significados, que interligue às experiências anteriores e as vivências dos aprendizes, permitindo a formulação de situações desafiantes que estimulem o aprender mais. Desencadeando modificações de comportamentos e contribuindo para à utilização do que é aprendido em diferentes contextos.

Com a finalidade de oferecer uma melhor estrutura que permita a realização da roda de conversa proposta neste manual, apresento a seguinte ordem:

- primeiro momento, como a roda de conversa sugerida neste material é formada por alunos e professores das áreas das ciências humanas e das ciências da natureza. É necessário que cada professor tenha conhecimento, de como sua disciplina tangencia o tema em questão;
- segundo momento, durante a realização do evento os alunos não necessitam obrigatoriamente usar uma linguagem científica sobre os temas em evidência;
- terceiro momento, ao finalizar as discursões, apresentar, a forma como a abordagem de cada disciplina, se convergem constituindo o conhecimento amplo e adequado – função principal de uma abordagem interdisciplinar.



## Atividade 2

Após a leitura dos textos, dos debates e da roda de conversa, sob a sua condução, é proposto que os mesmos grupos de alunos formados durante os debates e a roda de conversa se reúnam, para favorecer as discussões, a troca de ideias e de entendimento entre eles e os demais grupos (grupo de no máximo 3 componentes).

Solicite que respondam as questões a seguir e as entregue ao final do horário de aula para correção e discussões na próxima aula caso o tempo não seja suficiente. Caso não seja possível, é necessário que as discussões aconteçam antes da produção e exposição dos murais, que constituem a atividade 3.

**Questão 1.** Para (GLEISER, 1997, P. 396), a cosmologia é única disciplina de física que lida com questões que podem também ser legitimamente formulada fora do discurso científico. Essa característica faz com que a cosmologia, assim como os cosmólogos, seja percebida de um modo pouco diferente do resto das disciplinas científicas ou mesmo dos outros cientistas. Percebe-se uma disciplina que surge como exceção dos padrões científicos e este provavelmente tenha sido o maior obstáculo, para que, está se transformasse em uma ciência sólida estruturada sobre os trilhos das **teorias e observações**. (**Fragmento do texto sobre cosmologia**) Peça para os grupos apresentarem uma descrição bem resumida da:

- a) Contribuição teórica proposta pelo o padre católico belga Georges Lemaître em 1927;
- b) Base observacional do desenvolvimento da Cosmologia Moderna, feita pelo astrônomo americano Edwin Powell Hubble, em 1929.

**Questão 2.** Sobre a expansão do Universo, é bastante frequente os estudiosos sobre este tema, exemplificarem este fenômeno fazendo uma analogia para a expansão homogênea e isotrópica do Universo; é a de galáxias desenhadas em papel e coladas na superfície de um balão de festas de aniversário que está sendo inflado.

Agora suponha que vivemos na superfície do balão (fig. 13), e que este, está se expandindo a medida que está sendo inflado.

**Figura 13 - Ilustração da Expansão do Universo**



Fonte: <<https://www.google.com/url?sa=i&rct=i&q=&esrc=s&source=images&cd=&cad=uact>>

Você consegue explicar porque nesta comparação as galáxias não foram desenhadas diretamente na superfície do balão? Argumente com os outros grupos o porquê disto, e transcreva sua explicação. (Sugestão - que cada grupo leve para este momento dois balões e façam a experiência em sala).

**Questão 3.** São comuns as expressões “*registro fóssil do Big Bang*” ou “*eco do Big Bang*” ou “*resquício do Big Bang*”; todas elas referem-se à radiação cósmica de fundo em micro ondas, descoberta em 1960, pelos os cientistas Arno Penzias e Robert Wilson, correspondendo a uma temperatura de 3k aproximadamente e constituía maior evidência observada em favor à Teoria do Big Bang. Para alguns estudiosos desta área, entre eles, Roberto de Andrade Martins, professor do Departamento de Raios Cósmicos do Instituto de Física da Unicamp: “A radiação não é mais como era antigamente, ela seria um vestígio residual da era primitiva” [disponível em: <http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnica.html?id=36496>].

Faça uma análise das informações descritas nos trechos acima e elabore uma justificativa, que explique porque esta radiação presente em todo Universo ainda hoje é evidência da ocorrência do Big Bang.

**Questão 4.** Atualmente a Teoria do Big Bang é mais aceita pelos os cientistas. Porém como toda teoria existem: contradições, defesas e equívocos. Nesta questão, os grupos já formados serão reorganizados em três grandes grupos, onde cada grupo tem a função de preencher umas das colunas da seguinte tabela:

<b>Teoria do Big Bang</b>		
<b>Contradições</b>	<b>Defesas</b>	<b>Equívocos</b>

É interessante que cada grupo tenha oportunidade de apresentar sua parte e para isso seria aconselhável que reserve um horário de aula e que não deixe parte para outra aula. Aproveitar o envolvimento dos alunos pode ser mais produtivo.

### **Atividade 3**

Esta atividade consiste em produzir e expor murais sobre os temas abordados neste manual, com finalidade de divulgar para a escola os temas estudados sintetizando o que foi aprendido e, dessa forma constituir um produto final sobre os temas de cosmologia propostos neste material.

Sugere-se, que os alunos sejam divididos em três grupos e cada grupo fique responsável pela construção e exposição de um mural da seguinte forma:

#### **Grupo 1**

Construir um mural sobre Cosmologia apresentando:

- i. Sua definição;
- ii. Seu objeto de estudo e sua maior procura;
- iii. Como era sua percepção na antiguidade;
- iv. Sua evolução gradativa como ciência, a partir do momento que ela conseguiu se afastar das especulações filosóficas e religiosas e adquirir caráter puramente científico;
- v. Cosmologia moderna.

#### **Grupo 2**

Construir um mural sobre Expansão do Universo apresentando:

- i. As teorias e seus idealizadores;
- ii. As observações(descobertas) e seus autores.

#### **Grupo 3**

Construir um mural sobre a Teoria do Big Bang apresentando:

- i. Uma breve descrição da teoria;
- ii. Quando surge a Teoria do Big Bang;
- iii. As descobertas que formam os três pilares a favor desta teoria;
- iv. Breve descrição das teorias alternativas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AGUIAR, R. R., **Tópicos de astronomia e cosmologia**: Uma aplicação de física moderna e contemporânea no ensino médio. 2010. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – USP, Programa de Mestrado em ensino de Ciências. Modalidade Física e Química, São Paulo.
2. BORGES, E. L.; MOREIRA, M. A. **(Re) situando a Teoria de Aprendizagem Significativa na prática docente, na formação de professores e nas investigações educativas**. Atas do IV Encontro Internacional Sobre Aprendizagem Significativa. Alagoas: Ufal, 2003.
3. BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais + (PCN+) – Ciências da Natureza e suas Tecnologias**, Brasília: MEC, 2002.
4. \_\_\_\_\_. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio**, Brasília: MEC, 1999
5. \_\_\_\_\_. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Terceiro e quarto ciclos do ensino fundamental – ciências naturais**. Brasília: MEC, 1998.
6. BROCKINGTON, G.; PIETROCOLA, Maurício. **Serão as regras da Transposição Didática aplicáveis aos conceitos de Física Moderna? Investigações em Ensino de Ciências**. Porto Alegre, v. 10, n. 3, 2006.
7. CHEVALLARD, Yves. **La TransposicionDidactia**: Del saber sábio al saber enseñado. Argentina: La Pensé e Sauvage, 1991.
8. Editores científicos: Martins Mekler (Centro Brasileiro de Pesquisas Física/MCT) e Thyrso Villela Neto (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais/MCT) **do livro “um olhar para o futuro – desafios da Física para século 21”**, ed. Vieira & Ient casa editorial Ltda, 2008, Rio de Janeiro.
9. FRÓES, André luís Delvas. **Astronomia, Astrofísica e Cosmologia para o Ensino Médio**. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 36, n. 3, 2014.
10. GLEISER, Marcelo. **A dança do universo: dos mitos de Criação ao Big Bang**. São Paulo: Companhia das Letras, 1997.
11. GOUW, A. M. S., **As Opiniões, Interesse e Atitudes dos Jovens Brasileiro Frente à Ciência**: Uma Avaliação em Âmbito Nacional. Tese de Doutorado, USP, 2013.

12. HAWKING, Stephen. **Breves respostas para grandes questões**. Rio de Janeiro: Intrínseca, edição digital, 2018.
13. LEMOS, Evelyse dos Santos. **A Aprendizagem Significativa: estratégias facilitadoras e avaliação**. Série-Estudos – Periódico do Programa de Pós-Graduação em Educação da UCDB, junho, 2013.
14. LEMOS, E. S.; MOREIRA, M. A. **(Re)situando a Teoria de Aprendizagem Significativa na prática docente, na formação de professores e nas investigações educativas**. Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa, 4. Atas... Alagoas: UFAL, 2003.
15. LIMA, J. A. S. e SANTOS, R. C. **100 Anos da Cosmologia Relativista (1917-2017)**. Parte I: Das Origens à Descoberta da Expansão Universal (1929). Rev. Bras. Ensino de Física, 2018, vol.40, no. 1.
16. NOVELLO, Mário. **Do Big Bang ao Universo Eterno**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, Ed.,2010.
17. \_\_\_\_\_, Mário. **O que é cosmologia? A revolução do pensamento cosmológico**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Ed. Versão Digital, 2006.
18. OLIVEIRA, Jorge Henrique Lopes. **Noções de cosmologia no ensino médio: o paradigma criacionista do big bang e a inibição de teorias rivais**. Dissertação (Mestrado) – Curso de Ciências Naturais, Universidade de Estadual de Maringá – São Paulo, 2006.
19. OSTERMANN, F.; MOREIRA, M.A. **Uma revisão bibliográfica sobre a área de Pesquisa física moderna e contemporânea no ensino médio**. Investigações em Ensino de Ciências, v. 5, n. 1, 2000.
20. PELIZZARI, A; KRIEGK, M. L; BARON, M. P; FINCK, N. T. L; DOROCINSKI, S. I. **Teoria da Aprendizagem Significativa Segundo Ausubel**. ver. PEC, Curitiba, 2002.
21. ROCHA, V. R. Peçanha. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Física, Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, 2019.
22. ROSENFELD, Rogério. **A Cosmologia. Física na Escola**, v. 6, n. 1, 2005.
23. SIQUEIRA, M.; PIETROCOLA, M. – **A transposição didática aplicada a teoria Contemporânea: A Física de Partículas elementares no Ensino Médio**. In: X Encontro de Pesquisa em Ensino de Física – EPEF, Londrina, 2006. Anais do X Encontro de Pesquisa em Ensino de Física – EPEF. v. 1.

24. SOARES, Domingos S. L. **A tradução de Big Bang**, UFMG, 2002. Disponível em: <http://www.fisica.ufmg.br/~dsoares/aap/bgbg.htm>.
25. SOUZA, Ronaldo Eustáquio de. **Introdução à cosmologia**. Dept. Astronomia IAG/USP. Editora EDUSUP (ISBN 13: 9788531417450), 2ª edição, SP, 2019. Disponível em <https://www.edusp.com.br/livros/introducao-a-cosmologia/>
26. STEINER, J. E. **Origem do Universo e do Homem**. Estud. Av. vol. 20 n°. 58. São Paulo Sept/Dec.2006.

**APÊNDICE B****QUESTIONÁRIO 1**

Direcionado aos professores da escola (2019)

1ª Qual a sua formação acadêmica?

2ª Qual sua religião?

( ) Não possuo.

( ) Prefiro não dizer.

( ) outros: \_\_\_\_\_

3ª você conhece o significado de cosmologia?

( ) sim.

( ) não o suficiente.

( ) não.

4ª Houve, durante sua formação acadêmica, alguma componente curricular que abordasse algum dos aspectos da cosmologia?

( ) Não ( ) Sim.

5ª Você julga importante o aprofundamento do estudo dos aspectos da Cosmologia?

( ) Não ( ) Sim

6ª As abordagens sobre cosmologia durante sua formação foram satisfatórias?

( ) Concordo.

( ) Concordo totalmente.

( ) Discordo.

( ) Discordo totalmente.

7ª A Cosmologia é um dos objetos de conhecimento abordados em suas aulas?

( ) Não ( ) Sim

8ª Uma vez que a cosmologia não faz parte da construção curriculares do ensino médio, numa escala de 1 a 5, qual seu nível de interesse em introduzir como objeto de conhecimento em suas aulas esse tema?

( ) Nível 1.

( ) Nível 2

( ) Nível 3

( ) Nível 4

( ) Nível 5



## APÊNDICE C

### QUESTIONÁRIO 2

Direcionado aos alunos(2019) após a aplicação do produto

1 - Você considera os temas apresentados atuais, interessantes capazes de despertar seu interesse em conhecer parte da Física atual?

( ) Sim.

( ) Não.

2- Como você classifica a forma como os temas foram apresentados durante as aulas?

( ) Excelente.

( ) Bom.

( ) Regular.

( ) Ruim.

3- Durante as aulas houve momentos de descontinuidade, que tenha dificultado o entendimento?

( ) Não houve.

( ) Às vezes.

( ) Sempre.

4- Sobre Expansão do Universo, existem duas bases importantes; a teórica e a observacional, segundo o seu entendimento elas se contradizem?

( ) Sim.

( ) Não.

( ) Em parte.

5 - Após os debates e palestras realizadas durante as aulas de Física, você julga que a Teoria do Big Bang consegue explicar como o Universo se desenvolveu de um estado extremamente pequeno e muito denso para o que ele é hoje?

( ) Totalmente.

( ) Parcialmente.

( ) Não.

6- Analisando o trabalho realizado, de forma interdisciplinar (com participação de outras disciplinas) com apenas uma palavra, como você avalia sua qualidade?

**APÊNDICE D****QUESTIONÁRIO 3**

Direcionado aos alunos (2020) antes da aplicação do produto.

1ª. Você conhece o significado do termo Cosmologia?

sim.

não o suficiente.

não.

2ª. Durante sua trajetória escolar você estudou sobre a teoria do Big-Bang em alguma disciplina?

Não  Sim

3ª. Pra você a teoria do Big-Bang conduz ao entendimento de?

uma explosão do Universo.

uma expansão do Universo.

nenhuma das duas alternativas

4ª. Você julga importante abordarmos a Expansão do Universo em nossas aulas?

Não  Sim

5ª. Você concorda que os temas: Teoria do Big-Bang e Expansão do Universo são importantes por ajudarem a entender a origem e evolução do Universo?

Concordo totalmente.

Concordo parcialmente.

Discordo totalmente.

Discordo parcialmente.

6ª. Se você teve oportunidade de estudar algo sobre a teoria do Big-Bang, foi satisfatório?

Não

Sim.

Razoável .

Não o suficiente.

7ª Você considera que é importante estudar sobre a Teoria do Big Bang e Expansão do Universo, logo no início da vida acadêmica?

Não  Sim

8ª Uma vez que os temas: Teoria do Big Bang e Expansão do Universo não fazem parte das discussões de sala de aula de forma constante no currículo do ensino médio, numa escala de 1 a 5, qual seu nível de interesse em aprender mais sobre esses temas?

Nível 1.

Nível 2

Nível 3

Nível 4

Nível 5

## APÊNDICE E

### PLANEJAMENTO 1

Em função da carga horária semanal de Física na 1ª série do ensino médio, ser apenas 2(duas) aulas seguidas. Os planejamentos foram feitos para as aulas semanais. Como no manual apresenta uma estimativa para 12 aulas.

1º planejamento

Ações:

- Apresentação do manual, como uma das formas de abordagem dos temas que compõem a Física contemporânea, visto que não há publicações nos livros didáticos do ensino médio. Embora não estejam na grade curricular oficial do ensino médio é importante que aos poucos tenhamos conhecimento, pelo menos em parte da Física do século XXI;
- Um debate sobre, “como a Cosmologia conseguiu se desvencilhar da filosofia, da religião e ganhar autonomia como um ramo da ciência”; Para esse momento a participação do professor de filosofia Harley Cunha.

Objetivos:

- Apresentar a proposta do trabalho com o uso do manual;
- Perceber a evolução gradual da cosmologia como ciência, a partir do momento que ela se afasta das especulações filosóficas e religiosas e adquire caráter científico;
- Sondar através da fala(participação) dos alunos, se é primeiro contato ou se eles conhecem algo sobre o tema (subsúncos);
- Estimular os estudantes à conhecerem os temas que compõem a Física contemporânea, visto que não há publicações nos livros didáticos do ensino médio;

Material:

- O manual;
- Kit multimídia.

## APÊNDICE F

### PLANEJAMENTO 2

#### Ações:

- Realizar uma roda de conversa, após leitura do capítulo 2 (Big-Bang) – sobre: 1 O Big Bang explica tudo? 2 Afinal, seria Big Bang uma teoria definitiva? 3 Suas sustentações e seus equívocos. Durante a realização do evento os alunos não necessitam obrigatoriamente usar uma linguagem científica sobre os temas em evidência;

- Propor aos alunos através do texto presente, uma descrição quanto à descoberta da Expansão do Universo e as conclusões chegaram a partir desta.

#### Objetivos:

- Buscar no manual, nas descrições sobre a teoria do Big-Bang as respostas aos questionamentos apresentados na roda de conversa;

- Perceber se está havendo evolução gradativa no entendimento (organizadores prévios) a partir deste momento;

- Construir um entendimento e estabelecer conclusões através do texto do presente no manual – de que forma a expansão do Universo foi percebida.

#### Material:

- Manual.

## APÊNDICE G

### PLANEJAMENTO 3

Ações:

- Horários reservados para os alunos em grupos de três no máximo resolverem e apresentarem o entendimento do grupo; das questões 1 e 2 da atividade 2;
- Realizar o experimento prático - das galáxias representadas por pequenos pedaços de papel colados na superfície de um balão de festas de aniversário que está sendo inflado;
- Socialização do entendimento apresentado pelos os grupos.

Objetivos:

- Entender que os temas abordados no manual, apresentam dois princípios necessários para sua estrutura científica- contribuições teóricas – base observacional, tais estruturas dão credibilidades aos conhecimentos científicos;
- Perceber através da prática algo semelhante a expansão do Universo e visualizar o afastamento das galáxias.

Material:

- Manual;
- Fita adesiva;
- Balões de festa de aniversário;
- Papel;
- Tesoura;
- Barbante.

## APÊNDICE H

### PLANEJAMENTO 4

Ações:

- Em grupos de três, os alunos após uma leitura cuidadosa sobre o tema a Teoria do Big-Bang – capítulo 2 do manual, deverão produzir um texto proposto na questão 3 da atividade 2, sobre a descoberta da radiação cósmica de fundo em micro ondas, em 1960, pelos os cientistas Arno Penzias e Robert Wilson. Como maior evidência observada à favor desta teoria;
- Ainda sobre a Teoria do Big-Bang, os alunos divididos em três grupos, onde cada grupo após sorteio, tem a função listar – contradições – defesa – equívocos. Definidos na questão 4 da atividade 2.

Objetivos:

- Conhecer as evidências sobre a Teoria do Big-Bang;
- Compreender a fundamentação de tais evidências;
- Constatar a existência de possíveis questionamentos a respeito da teoria.

Material:

- Manual.

## APÊNDICE I

### PLANEJAMENTO 5

#### Ações:

- Construções dos murais pelos alunos (atividade 3 – apêndice D)
- Elaborar o formato dos murais, os detalhes, as informações, as caricaturas, as imagens e os textos que seriam colocados.
- Acompanhar de perto tudo sobre a elaboração dos murais, conduzindo os alunos, durante todo processo de construção e oferecendo sugestões quando era solicitado.

#### Objetivos:

- Acompanhar as produções dos alunos – evitando que algo ficasse diferente do proposto;
- Ter certeza do que seria exposto.

#### Material:

- Diversos.

#### Observação:

As duas últimas aulas – o momento para a exposição e apresentação, por cada grupo de alunos de seus respectivos murais, no espaço interno da escola. Com finalidade de divulgar para a escola os temas estudados sintetizando o que foi aprendido e, dessa forma constituir um produto final sobre os temas: a Teoria do Big-Bang e Expansão do Universo, propostos no manual.



## APÊNDICE J

### ATIVIDADE 1

Esta atividade é composta por um debate e uma roda de conversa. Os quais têm a função de envolver os alunos por meio de uma prática diversificada, além da formação e utilização de organizadores prévios para, de fato, ancorar nova aprendizagem. Conduzindo os alunos ao desenvolvimento de novos conhecimentos a partir dos conceitos essenciais (subsunçores), de modo a facilitar a aprendizagem necessária para as realizações das atividades subsequentes (atividades 2 e 3).

**Debate** é uma maneira de tornar as aulas mais dinâmicas, permitindo aos estudantes a oportunidade de desenvolverem a capacidade de coordenarem seus pensamentos e expô-los em grupo, expressam suas ideias prévias a respeito de fenômenos e conceitos científicos num ambiente estimulante e contribuindo inclusive sobre seu modo de agir em sociedade.

Para melhor utilização deste recurso pedagógico proposto neste manual, sugiro a seguinte ordem:

- primeiro momento, apresentar o tema (assunto) com antecedência para os alunos, neste caso “como a cosmologia conseguiu se desvencilhar da filosofia, da religião e ganhar autonomia como um ramo da ciência?”;
- segundo momento, antes do início do debate organizar o ambiente e estabelecer as regras, para evitar tumultos e confusões dos participantes durante a exposição;
- terceiro momento, início do debate sendo o professor mediador e provocador dos questionamentos e conclusões;
- quarto momento, finalizar o debate convergindo as conclusões e enfatizando que elas serão necessárias para a realização das futuras atividades.

**Roda de conversa** é uma possibilidade metodológica para uma comunicação dinâmica e produtiva entre alunos adolescentes e professores no ensino médio. Esta apresenta um rico instrumento para ser utilizado como recurso de aproximação entre os interlocutores do cotidiano pedagógico.

Provavelmente, quem inventou a roda de conversa foi Sócrates (469-399 a. C.) que desde o início proporcionava frequentemente uma troca de ideias com seus interlocutores, partindo de uma primeira opinião, que, aos poucos submetida à crítica, produzia outros significados até que as novas concepções apresentadas pudessem ser mais aceitáveis. No arranjo pedagógico, a roda de conversa, por meio da conversação e caracterização possa ocorrer, uma aprendizagem significativa como uma nova compreensão de significados, que

interligue às experiências anteriores e as vivências dos aprendizes, permitindo a formulação de situações desafiantes que estimulem o aprender mais. Desencadeando modificações de comportamentos e contribuindo para a utilização do que é aprendido em diferentes contextos.

Com a finalidade de oferecer uma melhor estrutura que permita a realização da roda de conversa proposta neste manual, apresento a seguinte ordem:

- primeiro momento, como a roda de conversa sugerida neste material é formada por alunos e professores das áreas das ciências humanas e das ciências da natureza. É necessário que cada professor tenha conhecimento, de como sua disciplina tangencia o tema em questão;
- segundo momento, durante a realização do evento os alunos não necessitam obrigatoriamente usar uma linguagem científica sobre os temas em evidência;
- terceiro momento, ao finalizar as discursões, apresentar, a forma como a abordagem de cada disciplina, se convergem constituindo o conhecimento amplo e adequado – função principal de uma abordagem interdisciplinar.

## APÊNDICE K

### ATIVIDADE 2

Após a leitura dos textos, dos debates e da roda de conversa, sob a sua condução, é proposto que os mesmos grupos de alunos formados durante os debates e a roda de conversa se reúnam, para favorecer as discussões, a troca de ideias e de entendimento entre eles e os demais grupos (grupo de no máximo 3 componentes).

Solicite que respondam as questões a seguir e as entregue ao final do horário de aula para correção e discussões na próxima aula caso o tempo não seja suficiente. Caso não seja possível, é necessário que as discussões aconteça antes da produção e exposição dos murais, que constituem a atividade 3.

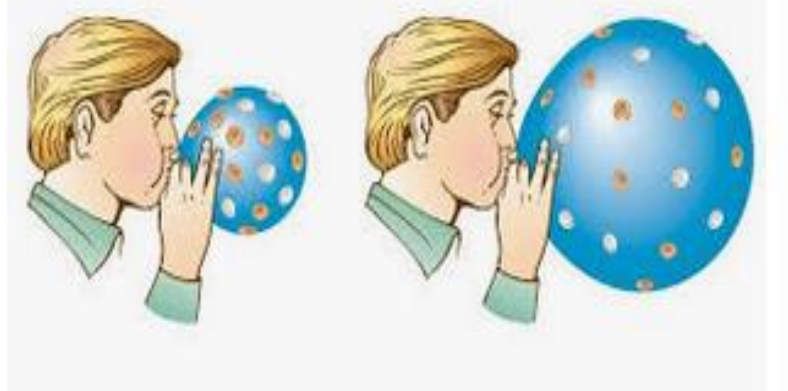
**Questão 1.** Para (GLEISER, 1997, P. 396), a cosmologia é única disciplina de física que lida com questões que podem também ser legitimamente formulada fora do discurso científico. Essa característica faz com que a cosmologia, assim como os cosmólogos, seja percebida de um modo pouco diferente do resto das disciplinas científicas ou mesmo dos outros cientistas. Percebe-se uma disciplina que surge como exceção dos padrões científicos e este provavelmente tenha sido o maior obstáculo, para que, está se transformasse em uma ciência sólida estruturada sobre os trilhos das **teorias e observações**. (**Fragmento do texto sobre cosmologia**) Peça para os grupos apresentarem uma descrição bem resumida da:

- a) Contribuição teórica proposta pelo o padre católico belga Georges Lemaître em 1927;
- b) Base observacional do desenvolvimento da Cosmologia Moderna, feita pelo astrônomo americano Edwin Powell Hubble, em 1929.

**Questão 2.** Sobre a expansão do Universo, é bastante frequente os estudiosos sobre este tema, exemplificarem este fenômeno fazendo uma analogia para a expansão homogênea e isotrópica do Universo; é a de galáxias desenhadas em papel e coladas na superfície de um balão de festas de aniversário que está sendo inflado.

Agora suponha que vivemos na superfície do balão, e que este, está se expandindo a medida que está sendo inflado.

**Figura 30 – ilustração da Expansão do Universo – experiência em sala**



Fonte: <<https://www.google.com/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=images&cd=&>

Você consegue explicar porque nesta comparação as galáxias não foram desenhadas diretamente na superfície do balão? Argumente com os outros grupos o porquê disto, e transcreva sua explicação. (Sugestão - que cada grupo leve para este momento dois balões e façam a experiência em sala).

**Questão 3.** São comuns as expressões “registro fóssil do Big Bang” ou “eco do Big Bang” ou “resquício do Big Bang”; todas elas referem-se à radiação cósmica de fundo em micro ondas, descoberta em 1960, pelos os cientistas Arno Penzias e Robert Wilson, correspondendo a uma temperatura de 3k aproximadamente e constituía maior evidência observada em favor à Teoria do Big Bang. Para alguns estudiosos desta área, entre eles, Roberto de Andrade Martins, professor do Departamento de Raios Cósmicos do Instituto de Física da Unicamp: “A radiação não é mais como era antigamente, ela seria um vestígio residual da era primitiva” [disponível em: <http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnica.html?id=36496>].

Faça uma análise das informações descritas nos trechos acima e elabore uma justificativa, que explique porque esta radiação presente em todo Universo ainda hoje é evidência da ocorrência do Big Bang.

**Questão 4.** Atualmente a Teoria do Big Bang é mais aceita pelos os cientistas. Porém como toda teoria existe: contradições, defesas e equívocos. Nesta questão, os grupos já formados serão reorganizados em três grandes grupos, onde cada grupo tem a função de preencher umas das colunas da seguinte tabela:

Teoria do Big Bang		
Contradições	Defesas	Equívocos

É interessante que cada grupo tenha oportunidade de apresentar sua parte e para isso seria aconselhável que reserve um horário de aula e que não deixe parte para outra aula. Aproveitar o envolvimento dos alunos pode ser mais produtivo.

## APÊNDICE L

### ATIVIDADE 3

Esta atividade consiste em produzir e expor murais sobre os temas abordados neste manual, com finalidade de divulgar para a escola os temas estudados sintetizando o que foi aprendido e, dessa forma constituir um produto final sobre os temas de cosmologia propostos neste material.

Sugere-se, que os alunos sejam divididos em três grupos e cada grupo fique responsável pela construção e exposição de um mural da seguinte forma:

#### **Grupo 1**

Construir um mural sobre Cosmologia apresentando:

- i. Sua definição;
- ii. Seu objeto de estudo e sua maior procura;
- iii. Como era sua percepção na antiguidade;
- iv. Sua evolução gradativa como ciência, a partir do momento que ela conseguiu se afastar das especulações filosóficas e religiosas e adquirir caráter puramente científico;
- v. Cosmologia moderna.

#### **Grupo 2**

Construir um mural sobre Expansão do Universo apresentando:

- i. As teorias e seus idealizadores;
- ii. As observações (descobertas) e seus autores.

#### **Grupo 3**

Construir um mural sobre a Teoria do Big Bang apresentando:

- i. Uma breve descrição da teoria;
- ii. Quando surge a Teoria do Big Bang;
- iii. As descobertas que formam os três pilares a favor desta teoria;
- iv. Breve descrição das teorias alternativas.