

A cosmic background image showing a nebula with blue and white filaments against a dark space filled with stars.

# **PROPOSTA DE CONSTRUÇÃO DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA ABORDANDO TÓPICOS DE COSMOLOGIA NO ENSINO MÉDIO**

MARCOS DE OLIVEIRA MENDONÇA



# 1. Apresentação

Caro professor,

Este Produto Educacional foi desenvolvido com o objetivo de se introduzir tópicos de Cosmologia para estudantes de Ensino Médio. A opção escolhida foi pela construção e aplicação de uma Sequência Didática baseada na teoria da Aprendizagem Significativa proposta por David Ausubel (MOREIRA, 2015) utilizando, também, o modelo de UEPS proposta por Marco Antônio Moreira (2012). Além disso, como será mostrado ao longo da Sequência, o professor/pesquisador utilizou-se, também de TDIC como maneira de diversificar as atividades e com o intuito de tornar as aulas mais atraentes e propor uma aprendizagem significativa.

A motivação para se construir tal Sequência e com o tema Cosmologia se deve ao fato de o assunto ser mencionado pelos veículos de informação acessados pelos estudantes e por estar relacionado à FMC.

Atualmente, a maioria dos professores de Física trabalha a Física Clássica na maior parte do tempo e deixam para abordar tópicos de FMC apenas no final do terceiro ano do Ensino Médio.

As razões para tal prática são várias como: insegurança em trabalhar temas de FMC, o fato de ter tido pouco contato com Física Moderna durante a graduação, a falta de materiais com linguagem apropriada para estudantes e professores de Ensino Médio e a imensa quantidade de matérias disponíveis abordando Física Clássica.

Em face disso, além de propor a Sequência como opção para abordagem de tópicos de Cosmologia, o professor/pesquisador construiu um texto sobre Cosmologia procurando fazer uma Transposição Didática para o Ensino Médio.

Dessa forma esse Produto foi concebido com o intuito de ser uma opção para o professor utilizar em suas aulas.

## 2. INTRODUÇÃO

O Produto Educacional é composto de uma Sequência Didática a ser aplicada, preferencialmente, em turmas de 3º Ano do Ensino Médio.

A Sequência foi concebida para ser aplicada em seis aulas, porém isso pode ser ajustado pelo professor regente de acordo com a carga horária e Currículo adotados em sua instituição educacional. A sequência pode ser resumida pelo cronograma a seguir.

O Produto que está sendo exposto aqui foi aplicado durante as aulas, porém, em caso de haver a possibilidade, pode ser aplicado em contra turno e adaptado como Projeto Educacional.

Os capítulos que se seguirão buscarão mostrar, através do modelo de Plano de Aula, como a Sequência foi aplicada.

O professor/pesquisador sugere a leitura dos artigos, tutoriais e trabalhos relacionados ao tema que se encontram nas Referências Bibliográficas, Lista de Links, Apêndices e Anexos.

Aula	Atividade proposta	Duração da Aula	Recursos Utilizados
01	Aplicação dos Testes diagnósticos 1 e 2 a respeito de Gravitação e Relatividade Restrita	50 min	Quadro Negro, giz.
02	Correção dos Testes; aula expositiva sobre Gravitação e Relatividade; criação do grupo de Whatsapp.	50 min	Quadro negro, giz, Datashow, Notebook.
03	Debate sobre os materiais compartilhados via Whatsapp: Artigo sobre Cosmologia e Episódio 01 da Série Cosmos (Carl Sagan).	50 min	Quadro negro, giz, Datashow, Notebook.
04	Continuação do debate sobre Cosmologia e introdução de tópicos de Relatividade Geral. Orientações sobre o uso do Software Stellarium como atividade extra-classe	50 min	Quadro negro, giz, Datashow, Notebook.
05	Debate sobre Cosmologia e percepções dos estudantes a respeito do uso do Software Stellarium.	50 min	Quadro negro, giz, Datashow, Notebook.
06	Debate com os estudantes sobre o texto autoral sobre Cosmologia construído pelo professor; Aplicação dos questionários a respeito da Sequência Didática e o Texto autoral; Confecção de um texto sobre Origem, Estrutura e Evolução do Universo.	50 min	Quadro negro, giz, Datashow, Notebook





### 3. Sequência Didática |

# Aula 1

Nesse primeiro encontro, o professor lançará uma pergunta aos alunos a respeito da Origem, Estrutura e Evolução do Universo e começará uma discussão com a turma. Após esse momento, serão aplicados dois testes diagnósticos (ver Apêndice 01) sobre Leis de Kepler, Lei da Gravitação Universal de Newton (Teste 1) e Teoria da Relatividade Restrita (Teste 2). Essa atividade tomará todo o restante da aula e ao final o material será recolhido pelo professor;

Pensando nos exames que se aproximavam, os testes diagnósticos foram elaborados com questões de vestibulares tradicionais do país. Dessa forma, o trabalho auxiliará no preparo para tais exames. Essa abordagem poderá ser alterada pelo professor conforme sua intenção no trabalho, como, por exemplo, a mudança nas questões por uma abordagem mais quantitativa e menos qualitativa.

Nessa primeira aula, a pergunta lançada aos alunos terá o papel de uma situação-problema, inspirada no modelo de UEPS, proposta por MOREIRA (2012) que a partir das respostas produzidas auxiliará o professor a avaliar os subsunçores dos estudantes a respeito do tema que será explorado. Os testes, nesse primeiro momento, também servirão para verificar os subsunçores e o professor, diante do resultado dos testes e das respostas obtidas da situação-problema, poderá traçar os próximos passos da Sequência.



# Aula 1

## Objetivos dessa aula:

- Iniciar uma discussão sobre a Origem, Estrutura e Evolução do Universo através de informações trazidas pelos estudantes;
- Verificar subsunçores relacionados à Gravitação e Leis de Kepler;
- Verificar subsunçores relacionados à Relatividade Restrita;

## Conteúdos Abordados:

- Tópicos de Cosmologia;
- Gravitação;
- Leis de Kepler;
- TRR.



## Aula 2

Na segunda aula, o professor corrigirá os testes com os estudantes e deverá tirar as dúvidas restantes a respeito de Gravitação e Relatividade Restrita.

Deve-se enfatizar aqui a importância em se retomar os assuntos que causaram dificuldades aos alunos, pois é importante que o aluno tenha os subsunçores necessários para poder prosseguir na Sequência proposta (MOREIRA, 2015)

Após esse momento o professor informará aos alunos que será criado um grupo no aplicativo WhatsApp (ver Lista de Links) com o intuito de compartilhamento de informações.

A criação do grupo terá como objetivo otimizar o envio de material de suporte para a aplicação da Sequência. Outro fator que motiva a criação do grupo é a facilidade no manuseio do aplicativo por parte dos estudantes e professor e, também a praticidade para se compartilhar imagens, vídeos, textos sem a necessidade de gastos com impressão, além de fornecer material extraclasse de forma mais rápida e eficiente.

O WhatsApp é um aplicativo criado para troca de informações, vídeos, imagens, arquivos de forma rápida e gratuita. Para se utilizar o aplicativo deve-se instalá-lo no Smartphone.



## Aula 2

### Objetivos dessa aula:

- Estudar e discutir conceitos de Gravitação e Leis de Kepler;
- Estudar e discutir conceitos da TRR;
- Criar um grupo de WhatsApp com a finalidade de compartilhamento de materiais de apoio potencialmente significativos.

### Conteúdos Abordados:

- Gravitação e Leis de Kepler;
- Conceitos da TRR.





## Aula 3

Nessa aula será feito um debate a respeito do material compartilhado no grupo de WhatsApp, como tarefa de casa. Os arquivos compartilhados serão compostos de um vídeo com o episódio 1 da Série de TV: “Cosmos”, narrada pelo astrônomo Carl Sagan, além de um artigo do professor Rogério Rosenfeld, IFUnesp-SP, sobre Cosmologia (Ver Lista de Links).

Para enriquecer a discussão, o professor preparará uma apresentação a respeito de Cosmologia e realizará uma aula com Datashow e debate com os alunos.

Nesse momento, é importante frisar que, o ensino de Cosmologia terá uma abordagem mais qualitativa e conceitual. Deve-se salientar, ainda, que durante a aula o professor explicará aos alunos noções da Teoria da Relatividade Geral, como base para a Cosmologia.

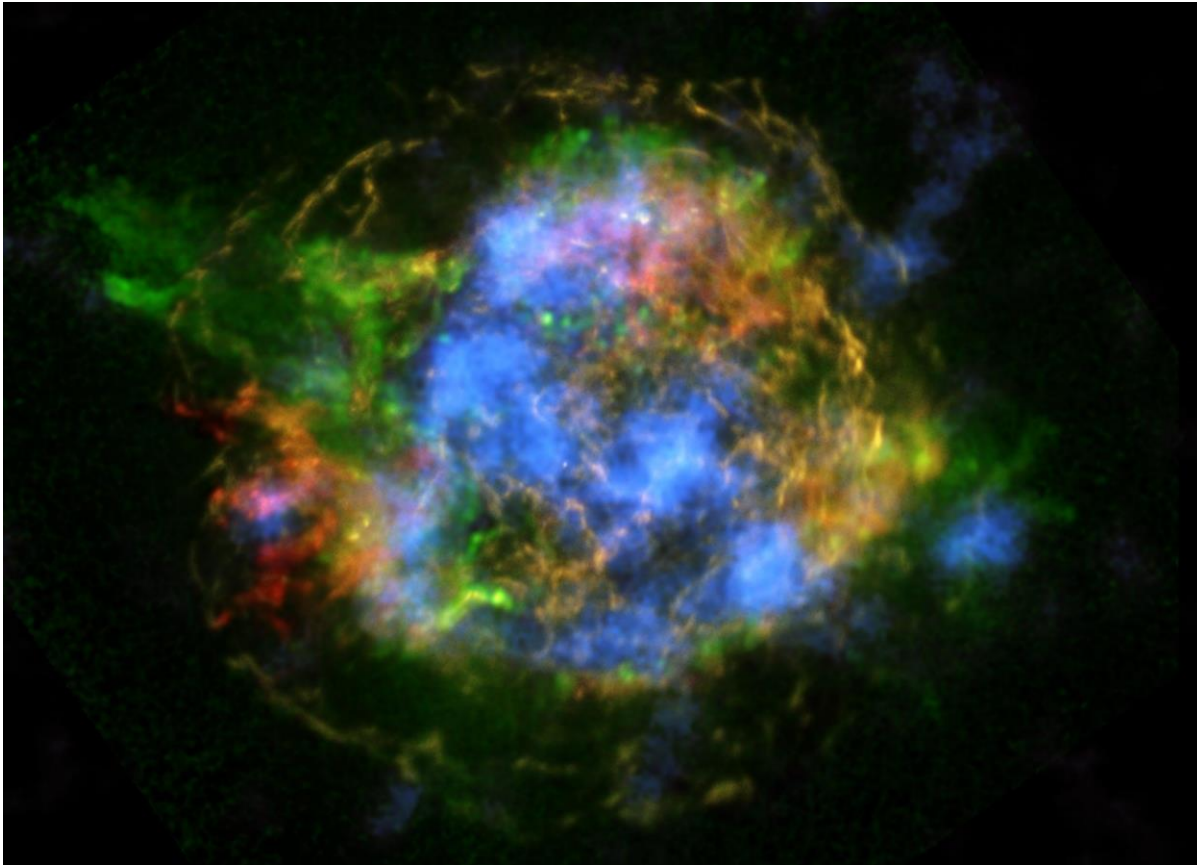
Para preparação dessa aula, o professor poderá usar como referências os livros: O UNIVERSO NUMA CASCA DE NOZ, de Stephen Hawking; O UNIVERSO ESCURO, de Larissa Santos, além de artigos relacionados.

Figura 1 - Episódio 01 da Série “Cosmos”

Disponível no link: <https://www.youtube.com/watch?v=OjMOACMdgp0>

# Sobre os Materiais utilizados e compartilhados para essa aula

- a) O episódio 1 da série Cosmos, narrada pelo astrônomo Carl Sagan, justifica-se pela maestria e riqueza de detalhes e exemplos sobre a origem, estrutura e evolução do Cosmos. Além disso, o episódio descreve um pouco sobre a história da Astronomia da ciência e as incríveis descobertas do início das observações do céu até a data da época. O astrônomo Carl Sagan sempre foi um grande divulgador da ciência através de inúmeros trabalhos científicos e livros sobre Cosmologia e Astronomia voltados para pessoas leigas no assunto. Outro fator que influenciou a utilização do vídeo foi a linguagem adotada por ser adequada a realidade dos estudantes. O episódio aborda, ainda, temas como sistema solar, a Via Láctea, outras galáxias e aglomerados de galáxias, dentre outros assuntos.
- b) O artigo sobre Cosmologia de Rogério Rosenfeld foi escolhido, devido ao fato do autor conseguir descrever temas complexos como inflação cósmica, recombinação, matéria escura e energia escura de uma forma relativamente acessível para os estudantes do ensino médio. O texto foi escolhido, também, por não haverem tantos textos sobre o assunto em uma linguagem mais próxima da realidade da educação básica. Porém, deve-se levar em consideração que a primeira leitura serve de introdução para a discussão a ser mediada pelo professor em sala.
- c) O aplicativo WhatsApp foi utilizado pois faz parte do cotidiano dos estudantes e é uma ferramenta que todos na turma dominam e possuem em seus Smartphones. A escolha pela criação do grupo no WhatsApp se justificou, também, pelo fato de não haverem muitas aulas disponíveis para a aplicação do produto e pela agilidade no envio de arquivos.
- d) O uso do Data show se deve pelo fato da apresentação se tornar mais rica com imagens. Animações como a curvatura do espaço-tempo, por exemplo, podem auxiliar na aprendizagem de conceitos relacionados à TGR, ou a imagem de galáxias, ou a curvatura da luz no fenômeno da lente gravitacional.



## Aula 3

### Objetivos dessa aula:

- Promover um debate a respeito de tópicos de Cosmologia com a utilização de materiais potencialmente significativos.

### Conteúdos Abordados:

- Introdução de forma qualitativa de tópicos da TGR;
- Introdução de forma qualitativa de tópicos de Cosmologia: TRR, TGR, Lente Gravitacional, Buracos Negros, Modelos Cosmológicos, Matéria Escura, Energia Escura, Big Bang, Radiação de fundo, Era da Recombinação, Idade do Universo, Inflação Cósmica, Ondas Gravitacionais.





## Aula 4

Na quarta aula o professor continuará com a discussão da **Aula 03** a respeito de temas sobre Cosmologia.

### **Objetivos dessa aula:**

- Promover um debate a respeito de tópicos de Cosmologia com a utilização de materiais potencialmente significativos.

### **Conteúdos Abordados:**

- Introdução de forma qualitativa de tópicos da TGR.
- Introdução de forma qualitativa de tópicos de Cosmologia: TRR, TGR, Lente Gravitacional, Buracos Negros, Modelos Cosmológicos, Matéria Escura, Energia Escura, Big Bang, Radiação de fundo, Era da Recombinação, Idade do Universo, Inflação Cósmica, Ondas Gravitacionais.

## Aula 5

Para a quinta aula, o professor, poderá solicitar aos alunos, a leitura do tutorial do Software Stellarium (ver Lista de Links) a ser enviado através do grupo de Whatsapp e propor a utilização do Software Stellarium como tarefa de casa.

O objetivo dessa atividade extraclasse será informativo, motivacional e, também, para que o aluno tenha contato com informações a respeito de Astronomia, pois o Stellarium é um planetário virtual e funciona como um simulador 3D no céu. Em sala, o professor fará uma discussão com a turma a respeito do Software e procurará esclarecer dúvidas a respeito de Astronomia e uso do Software.

Outra opção, em caso de disponibilidade na escola, pode ser o professor levar os estudantes para o Laboratório de Informática e promover a atividade com intervenções e esclarecimentos a respeito do Software. Trabalhar dessa forma pode ser mais interessante e enriquecedor.

Figura Aula 2 - Software Stellarium  
Disponível em: <https://stellarium.org/pt/>





## Aula 5

### Objetivos dessa aula:

- Promover a inclusão digital dos alunos a novas ferramentas digitais.
- Esclarecer fenômenos presentes no cotidiano dos estudantes como: fases da Lua, eclipses, movimento celeste visto a olho nu.

### Conteúdos Abordados:

- Sistema solar
- Fases da Lua
- Eclipse
- Mapa celeste
- Estações do Ano.



# Aula 6

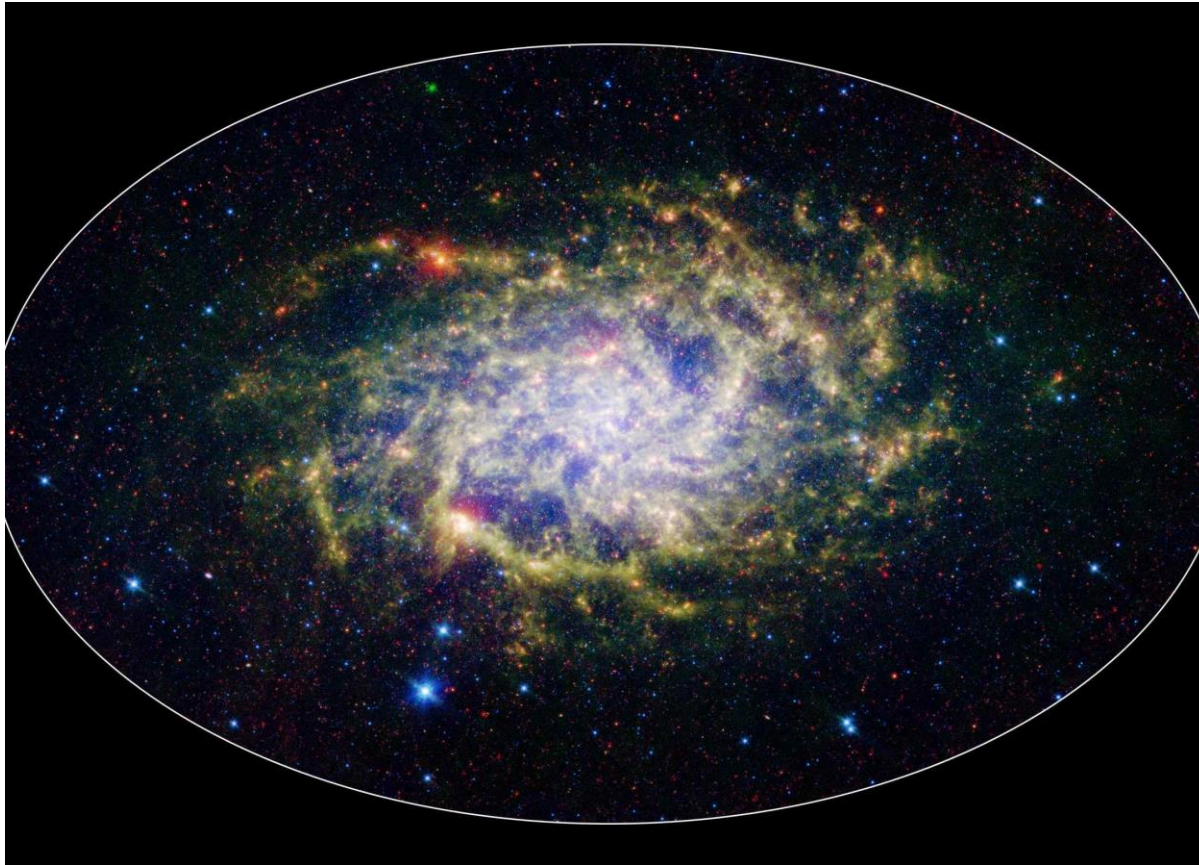
---

Para a sexta e última aula, o professor enviará, previamente, aos alunos pelo aplicativo Whatsapp, um texto, autoral, a respeito de Cosmologia (ver Apêndice 2 ). Esse texto aborda as Teorias da Relatividade Restrita e Geral como base para o estudo de Cosmologia, além de vários temas como Inflação Cósmica, Big Bang, Buracos Negros, Lente Gravitacional, Energia Escura, Matéria Escura, dentre outras coisas.

A aula iniciará com um debate sobre o texto e, em um segundo momento, os estudantes responderão a dois questionários, um a respeito da Sequência e outro relacionado ao texto produzido sobre Cosmologia (ver Apêndice 3). No final da aula o professor ainda pedirá que os estudantes respondam, por escrito, novamente a pergunta inicial a respeito da **Origem e Evolução do Universo** como forma de tentar verificar se houve aprendizagem significativa por parte dos estudantes ou indícios de tal aprendizagem.

Fica como sugestão, em caso de disponibilidade de aulas, a leitura, em sala, do texto com os estudantes. Dessa forma, o debate pode ficar mais rico. Além disso, o uso de Datashow com uma apresentação usando imagens e vídeos pode enriquecer a aula.





## Aula 6

### Objetivos dessa aula:

- Promover um debate a respeito de tópicos de Cosmologia com a utilização de materiais potencialmente significativos.
- Avaliar a Sequência Didática e o texto autoral produzido pelo autor desse trabalho.
- Promover uma produção de texto a respeito dos temas discutidos durante a aplicação da Sequência.

### Conteúdos Abordados:

- Introdução de forma qualitativa de tópicos da TGR.
- Introdução de forma qualitativa de tópicos de Cosmologia: TRR, TGR, Lente Gravitacional, Buracos Negros, Modelos Cosmológicos, Matéria Escura, Energia Escura, Big Bang, Radiação de fundo, Era da Recombinação, Idade do Universo, Inflação Cósmica, Ondas Gravitacionais.



# Aula 6

## **Sobre o texto autoral a respeito de Cosmologia:**

A maior motivação em se construir um texto sobre Cosmologia voltado para estudantes do Ensino Médio justifica-se pelo fato de não haver muitos trabalhos na literatura pesquisada que estejam em uma linguagem acessível para a Educação Básica (BROCKINGTON; PIETROCOLA, 2005).

Dessa forma, a construção de uma Transposição Didática tendo como base Artigos Científicos, livros de Ensino Superior, dentre outras fontes, torna-se necessária para a introdução de temas relacionados à FMC e que são fundamentais para uma melhor compreensão, por parte do aluno, do mundo que o cerca.





# Teste de Física 1

01 - (ITA SP/2002)

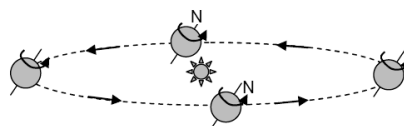
Um dos fenômenos da dinâmica de galáxias, considerado como evidência da existência de matéria escura, é que estrelas giram em torno do centro de uma galáxia com a mesma velocidade angular, independentemente de sua distância ao centro. Sejam  $M_1$  e  $M_2$  as porções de massa (uniformemente distribuída) da galáxia no interior de esferas de raios  $R$  e  $2R$ , respectivamente. Nestas condições, a relação entre essas massas é dada por:

- a)  $M_2 = M_1$ .
- b)  $M_2 = 2M_1$ .
- c)  $M_2 = 4M_1$ .
- d)  $M_2 = 8M_1$ .
- e)  $M_2 = 16M_1$ .

02 - (FCM MG/2014)

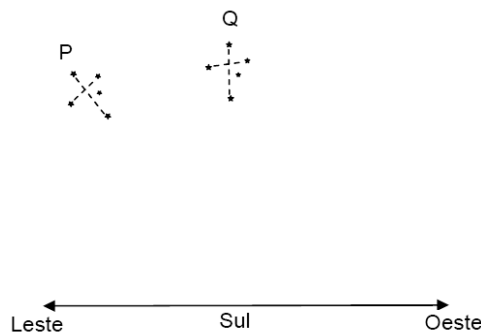
A figura 1 mostra, fora de escala, o sentido de rotação e translação de nosso planeta em torno do Sol, considerando a parte superior da Terra, o polo norte (N).

FIGURA 1



Observando a constelação do Cruzeiro do Sul de uma cidade do hemisfério sul, ao longo das horas, vê-se que ele muda de posição no céu. A figura 2 mostra o Cruzeiro do Sul nas posições P e Q, com relação aos pontos cardeais, visto de uma cidade do hemisfério sul.

FIGURA 2

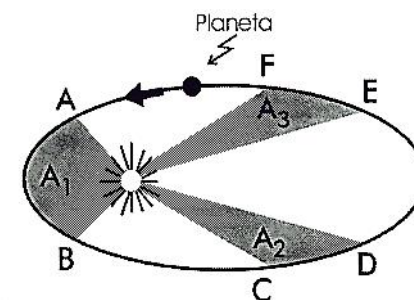


Com base nessas informações, as posições P e Q do Cruzeiro do Sul poderão ter horários diferentes na mesma noite, especificados na alternativa:

- a) P (19 h) e Q (21 h).
- b) P (21 h) e Q (19 h).
- c) P (19 h) e Q (24 h).
- d) P (24 h) e Q (19 h).

03 - (UERJ/2000)

A figura ilustra o movimento de um planeta em torno do sol.



Se os tempos gastos para o planeta se deslocar de A para B, de C para D e de E para F são iguais, então as áreas -  $A_1$ ,  $A_2$  e  $A_3$  - apresentam a seguinte relação:

- a)  $A_1 = A_2 = A_3$
- b)  $A_1 > A_2 = A_3$
- c)  $A_1 < A_2 < A_3$
- d)  $A_1 > A_2 > A_3$

# Teste de Física 1

## 04 - (UEL PR/2001)

Sobre as forças gravitacionais envolvidas no sistema composto pela Terra e pela Lua, é correto afirmar:

- a) São repulsivas e de módulos diferentes.
- b) São atrativas e de módulos diferentes.
- c) São repulsivas e de módulos iguais.
- d) São atrativas e de módulos iguais.
- e) Não dependem das massas desses astros.

## 05 - (PUC RS/2006)

INSTRUÇÃO: Para responder à questão, considerar o texto e as afirmativas que o complementam.

Durante cerca de oito dias, um astronauta brasileiro dividiu com astronautas estrangeiros uma missão a bordo da Estação Espacial Internacional (EEI). Inúmeras fotografias da parte interna da Estação mostraram objetos e os astronautas “flutuando” no seu interior. Este fenômeno ocorre porque

I. a aceleração da gravidade sobre eles é zero.

II. os objetos e os astronautas têm a mesma aceleração da Estação.

III. não há força resultante sobre eles.

Pela análise das afirmativas conclui-se que somente está / estão correta(s)

- a) a I.
- b) a II.
- c) a III.
- d) a I e a III.
- e) a II e a III.

## 06 - (FATEC SP/2000)

A respeito do planeta Júpiter e de um de seus satélites, Io, foram feitas as afirmações:

I. Sobre esses corpos celestes, de grandes massas, predominam as forças gravitacionais.

II. É a força de Júpiter em Io que o mantém em órbita em torno do planeta.

III. A força que Júpiter exerce em Io tem maior intensidade que a força exercida por Io em Júpiter.

Deve-se concluir que somente

- a) I é correta.
- b) II é correta.
- c) III é correta.
- d) I e II são corretas.
- e) II e III são corretas.

## 07 - (FMTM MG/2006)

*... nossos próprios olhos nos mostram quatro estrelas que viajam ao redor de Júpiter como o faz a Lua ao redor da Terra, enquanto todos juntos traçam uma grande revolução ao redor do Sol. (Galileu Galilei)*

O advento do telescópio favoreceu a observação dos corpos celestes, permitindo conclusões como a citada por Galileu, que se refere ao comportamento das quatro maiores luas de Júpiter: Io, Calisto, Europa e Ganimedes. Baseado nos estudos de Galileu e Tycho Brahe, Kepler formulou três leis a respeito dos movimentos planetários.

Analise:

# Teste de Física 1

I. a lei dos períodos refere-se ao tempo de que um planeta necessita para dar a volta em torno do Sol;

II. na lei das áreas, o tema em questão remete à velocidade que o planeta desenvolve em sua translação em torno do Sol;

III. a lei das órbitas trata da heliocentricidade do sistema solar.

Está correto o contido em

- a) III, apenas.
- b) I e II, apenas.
- c) I e III, apenas.
- d) II e III, apenas.
- e) I, II e III.

## 08 - (FMTM MG/2003)

A força de atração gravitacional entre dois corpos sobre a superfície da Terra é muito fraca quando comparada com a ação da própria Terra, podendo ser considerada desprezível. Se um bloco de concreto de massa 8,0 kg está a 2,0 m de um outro de massa 5,0 kg, a intensidade da força de atração gravitacional entre eles será, em newtons, igual a:

Dado:  $G = 6,7 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2$

- a)  $1,3 \cdot 10^{-9}$ .
- b)  $4,2 \cdot 10^{-9}$ .
- c)  $6,7 \cdot 10^{-10}$ .
- d)  $7,8 \cdot 10^{-10}$ .
- e)  $9,3 \cdot 10^{-11}$ .

## 09 - (UNIUBE MG/1997)

A respeito do sistema solar, é correto afirmar que:

- a) a linha imaginária que une os centros do Sol e de um planeta varre uma área proporcional ao tempo de varredura.
- b) os planetas descrevem órbitas circulares ao redor do Sol
- c) o cubo do período de um planeta é proporcional ao quadrado de uma distância ao Sol.
- d) a linha imaginária que une os centros do Sol e de um planeta varre uma área inversamente proporcional ao tempo de varredura.
- e) o quadrado do período de um planeta é inversamente proporcional ao cubo de sua distância ao Sol.

## 10 - (FURG RS/2001)

Sobre um satélite mantido em órbita a uma distância R do centro da Terra (que possui massa M), é correto afirmar que:

- a) a força com que a Terra atrai o satélite é ligeiramente menor do que a força com que o satélite atrai a Terra.
- b) o satélite é colocado em uma órbita em que a força gravitacional é zero.
- c) a velocidade tangencial ao quadrado do satélite é menor ou igual a GM/R.
- d) a velocidade tangencial ao quadrado do satélite é igual a GM/R.
- e) a velocidade tangencial ao quadrado do satélite é maior ou igual a GM/R.



# Teste de Física 2

## 01 - (UDESC/2014)

Com base na teoria da relatividade restrita, proposta por Albert Einstein, é correto afirmar que:

a) as leis da Física não são as mesmas para quaisquer observadores situados em referenciais inerciais.

b) independentemente da velocidade da fonte luminosa ou do referencial, a velocidade de propagação da luz no vácuo é constante e igual a  $c$ . Portanto, conclui-se que a velocidade da luz é constante e igual a  $c$  em qualquer meio de propagação.

c) pelo princípio da simultaneidade conclui-se que dois observadores em movimento relativo farão observações contraditórias sobre um mesmo evento. Isso implica que um deles sempre estará errado e que se deve eleger, inicialmente, um referencial absoluto.

d) a velocidade da luz no vácuo é uma velocidade limite, não podendo ser superada por nenhuma entidade capaz de transportar energia ou informação.

e) para descrever os eventos relativísticos um observador deverá utilizar sempre quatro coordenadas, duas espaciais e duas temporais.

## 02 - (UFG GO/2014)

A teoria da relatividade elaborada por Albert Einstein (1879-1950), no início do século XX, abalou profundamente os alicerces da Física clássica, que já estava bem estabelecida e testada. Por questionar os conceitos canônicos da ciência e do senso comum até então, ela tornou-se uma das teorias científicas mais populares de todos os tempos.

Que situação física, prevista pela relatividade restrita de Einstein, também está em conformidade com a Física clássica?

a) A invariância do tempo em referenciais inerciais.

b) A contração do espaço.

c) A invariância da velocidade da luz.

d) A diferença entre massa inercial e gravitacional.

e) A conservação da quantidade de movimento.

## 03 - (ITA SP/2014)

Considere um capacitor de placas paralelas ao plano  $yz$  tendo um campo elétrico de intensidade  $E$  entre elas, medido por um referencial  $S$  em repouso em relação ao capacitor.

Dois outros referenciais,  $S'$  e  $S''$ , que se movem com velocidade de módulo  $v$  constante em relação a  $S$  nas direções de  $x$  e  $y$ , nesta ordem, medem as respectivas intensidades  $E'$  e  $E''$  dos campos elétricos entre as placas do capacitor. Sendo  $\gamma = 1/\sqrt{1-(v/c)^2}$ , pode-se dizer que  $E'/E$  e  $E''/E$  são, respectivamente, iguais a

a)  $1$  e  $1$ .

b)  $\gamma$  e  $1$ .

c)  $1$  e  $\gamma$ .

d)  $\gamma$  e  $1/\gamma$ .

e)  $1$  e  $1/\gamma$ .

## 04 - (Unievangélica GO/2014)

Um observador fixo visualiza uma barra de comprimento  $L$  (quando medida em repouso) movimentando-se no sentido do seu comprimento com 60% da velocidade da luz.

A porcentagem do comprimento  $L$  visualizada pelo observador será de

a) 80 %

b) 36 %

c) 64 %

d) 94 %

# Teste de Física 2

## 05 - (UNISC RS/2015)

Em uma explosão de uma mina de carvão foram utilizadas 1.000 toneladas de explosivo trinitrotolueno (TNT), o que equivale a 1,0 10<sup>12</sup> calorias. Qual foi, aproximadamente, a quantidade de massa convertida em energia equivalente a essa explosão? (1 caloria = 4,18 J e  $c = 3,0 \cdot 10^8$  m/s)

- a) 4,6 10<sup>-5</sup> kg
- b) 4,6 10<sup>-8</sup> kg
- c) 1,1 10<sup>-5</sup> kg
- d) 1,1 10<sup>-8</sup> kg
- e) 1,1 10<sup>-13</sup> kg

## 06 - (UDESC/2015)

De acordo com o paradoxo dos gêmeos, talvez o mais famoso paradoxo da relatividade restrita, pode-se supor a seguinte situação: um amigo da sua idade viaja a uma velocidade de 0,999c para um planeta de uma estrela situado a 20 anos-luz de distância. Ele passa 5 anos neste planeta e retorna para casa a 0,999c. Considerando que , assinale a alternativa que representa corretamente quanto tempo seu amigo passou fora de casa do seu ponto de vista e do ponto de vista dele, respectivamente.

- a) 20,00 anos e 1,12 anos
- b) 45,04 anos e 1,79 anos
- c) 25,00 anos e 5,00 anos
- d) 45,04 anos e 6,79 anos
- e) 40,04 anos e 5,00 anos

## 07 - (UDESC/2015)

A proposição e a consolidação da Teoria da Relatividade e da Mecânica Quântica, componentes teóricos do que se caracteriza atualmente como Física Moderna, romperam com vários paradigmas da Física Clássica. Baseando-se especificamente em uma das teorias da Física Moderna, a Relatividade Restrita, analise as proposições.

I. A massa de um corpo varia com a velocidade e tenderá ao infinito quando a sua velocidade se aproximar da velocidade da luz no vácuo.

II. A Teoria da Relatividade Restrita é complexa e abrangente, pois, descreve tanto movimentos retilíneos e uniformes quanto movimentos acelerados.

III. A Teoria da Relatividade Restrita superou a visão clássica da ocupação espacial dos corpos, ao provar que dois corpos, com massa pequena e velocidade igual à

velocidade da luz no vácuo, podem ocupar o mesmo espaço ao mesmo tempo.

Assinale a alternativa correta.

- a) Somente a afirmativa I é verdadeira.
- b) Somente as afirmativas I e II são verdadeiras.
- c) Somente a afirmativa II é verdadeira.
- d) Somente as afirmativas I e III são verdadeiras.
- e) Todas as afirmativas são verdadeiras.

## 08 - (UEL PR/2017)

O tempo nada mais é que a forma da nossa intuição interna. Se a condição particular da nossa sensibilidade lhe for suprimida, desaparece também o conceito de tempo, que não adere aos próprios objetos, mas apenas ao sujeito que os intui.

(KANT, I. *Crítica da razão pura*. Trad. Valério Rohden e Udo Baldur Moosburguer. São Paulo: Abril Cultural, 1980. p.47. Coleção Os Pensadores.)

# Teste de Física 2

A questão do tempo sempre foi abordada por filósofos, como Kant. Na física, os resultados obtidos por Einstein sobre a ideia da “dilatação do tempo” explicam situações cotidianas, como, por exemplo, o uso de GPS.

Com base nos conhecimentos sobre a Teoria da Relatividade de Einstein, assinale a alternativa correta.

a) O intervalo de tempo medido em um referencial em que se empregam dois cronômetros e dois observadores é menor do que o intervalo de tempo próprio no referencial em que a medida é feita por um único observador com um único cronômetro.

b) Considerando uma nave que se movimenta próximo à velocidade da luz, o tripulante verifica que, chegando ao seu destino, o seu relógio está adiantado em relação ao relógio da estação espacial da qual ele partiu.

c) As leis da Física são diferentes para dois observadores posicionados em sistemas de referência inerciais, que se deslocam com velocidade média constante.

d) A dilatação do tempo é uma consequência direta do princípio da constância da velocidade da luz e da cinemática elementar.

e) A velocidade da luz no vácuo tem valores diferentes para observadores em referenciais privilegiados.

## TEXTO: 1 - Comum à questão: 09

Use, quando necessário,  $g = 10 \text{ m/s}^2$ ,  $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$ ,  $1 \text{ eV} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ J}$ ,  $m_e = 9,1 \times 10^{-31} \text{ Kg}$ .

## 09 - (UFJF MG/2015)

Na Teoria da Relatividade de Einstein, a energia de uma partícula é calculada pela expressão  $E = mc^2$ , onde  $m$  é a massa. Em um microscópio eletrônico de varredura, elétrons são emitidos com energia de  $8,0 \times 10^5 \text{ eV}$  para colidir com uma amostra de carbono que se encontra parada. Calcule o valor da velocidade dos elétrons emitidos.

a)  $2,31 \times 10^8 \text{ m/s}$

b)  $4,73 \times 10^8 \text{ m/s}$

c)  $1,11 \times 10^6 \text{ m/s}$

d)  $2,31 \times 10^4 \text{ m/s}$

e)  $1,11 \times 10^4 \text{ m/s}$

## TEXTO: 2 - Comum à questão: 10

Quando precisar use os seguintes valores para as constantes: Aceleração da gravidade:  $10 \text{ m/s}^2$ .

$1,0 \text{ cal} = 4,2 \text{ J} = 4,2 \times 10^7 \text{ erg}$ . Calor específico da água:  $1,0 \text{ cal/g.K}$ . Massa específica da água:  $1,0 \text{ g/cm}^3$ .

Massa específica do ar:  $1,2 \text{ kg/m}^3$ . Velocidade do som no ar:  $340 \text{ m/s}$ .

## 10 - (ITA SP/2016)

Enquanto em repouso relativo a uma estrela, um astronauta vê a luz dela como predominantemente vermelha, de comprimento de onda próximo a  $600 \text{ nm}$ . Acelerando sua nave na direção da estrela, a luz será vista como predominantemente violeta, de comprimento de onda próximo a  $400 \text{ nm}$ , ocasião em que a razão da velocidade da nave em relação à da luz será de

a)  $1/3$ .

b)  $2/3$ .

c)  $4/9$ .

d)  $5/9$ .

e)  $5/13$ .



# Texto Autoral sobre Cosmologia

## 1. INTRODUÇÃO

Dentro da Física Contemporânea a Cosmologia é um tema relevante e interessante devido a seu objeto de estudo que é Origem, Estrutura e Evolução do Universo. A abordagem de tópicos relacionados à Física mais recente, no Ensino Médio, pode ser um fator atrativo para o aluno, pois esses temas são divulgados pela mídia todos os dias e tornam-se dessa forma mais significativos na vida do estudante. Ademais, o estudo de temas contemporâneos e que impulsionam a evolução tecnológica podem despertar nos alunos o desejo de estudar Ciências Exatas.

## 2. HISTÓRICO E MOTIVAÇÃO PARA A CONSTRUÇÃO DE UM TEXTO, AUTORAL SOBRE COSMOLOGIA:

O texto que se segue foi construído com o intuito de discutir temas como Buracos Negros, Teoria da Relatividade Geral, Matéria Escura, Energia Escura e Ondas Gravitacionais em uma linguagem que seja mais acessível ao aluno de Ensino Médio. Esse texto, autoral, faz parte do Produto Educacional, composto por uma Sequência Didática que será aplicada em uma turma de 3º Ano de Ensino Médio da Educação Básica do Distrito Federal, em uma Escola Privada localizada na cidade do Guará I (Distrito Federal). A turma, composta de 40 alunos do 3º Ano, estudou ao longo do Ensino Médio temas como Leis de Kepler, Gravitação Universal (Newton) e Relatividade Restrita. Além disso, é importante citar que o texto tem como objetivo principal despertar o interesse pelas Ciências Exatas.



### 3. UM DESPERTAR PARA A COSMOLOGIA

Para iniciar nosso estudo de Cosmologia que é o ramo da Física que estuda a origem e evolução do Universo, iremos, primeiramente, fazer um pequeno resumo sobre a teoria da Relatividade. É importante, para o estudante, revisar os tópicos de Gravitação Universal (de Newton) e Leis de Kepler. Após várias tentativas frustradas para se tentar comprovar a existência do Éter, como, por exemplo, os famosos experimentos (interferômetro ótico) realizados em 1881 por A. A. Michelson e em 1887, novamente por Michelson e E. W. Morley, ficou comprovado que o Éter não existia e que as equações do Eletromagnetismo (Equações de Maxwell) estavam corretas.

Como consequência desses fatos, a relatividade Galileana e Newtoniana não se adequaria para explicar a constância das ondas eletromagnéticas viajando a velocidade  $c$  para qualquer referencial.

De acordo com os estudos da época a ideia seria medir a velocidade da luz para diferentes sistemas inerciais (obtendo diferentes valores) e a obtenção do valor  $c$  para o sistema Éter. Porém, os resultados obtidos mostraram a não existência de tal meio.

$$c = 3.10^8 \text{ m/s (v\u00e1cuo)}$$

J\u00e1 que a velocidade da luz \u00e9 a mesma em todos os sistemas inerciais, independentemente do movimento relativo da fonte e do observador, conclu\u00eda-se que a Mec\u00e2nica Cl\u00e1ssica necessitava de modifica\u00e7\u00f5es.

Coube ao jovem cientista alem\u00e3o, Albert Einstein, em 1905, em seu trabalho *“Sobre a Eletrodin\u00e2mica de Corpos em Movimento”*, a solu\u00e7\u00e3o para a quest\u00e3o em aberto na Mec\u00e2nica Cl\u00e1ssica. Em seu trabalho ele escreveu:

[...] nenhuma propriedade dos fatos observados corresponde ao conceito de repouso absoluto; para todos sistemas de coordenadas para os quais valem as equa\u00e7\u00f5es da Mec\u00e2nica, valem tamb\u00e9m as equa\u00e7\u00f5es equivalentes da Eletrodin\u00e2mica e \u00d3tica ... A seguir n\u00f3s fizemos estas suposi\u00e7\u00f5es (que chamaremos subseq\u00fcentemente de Princ\u00edpio da Relatividade) e introduzimos uma hip\u00f3tese adicional – uma suposi\u00e7\u00e3o que \u00e9, \u00e0 primeira vista, bastante irreconcili\u00e1vel com a anterior – que a luz se propaga no v\u00e1cuo com a velocidade  $c$ , independentemente da natureza do movimento do corpo que a emite. Estas duas hip\u00f3teses s\u00e3o bastante suficientes para nos dar uma teoria simples e consistente da Eletrodin\u00e2mica dos corpos em movimento, baseada na teoria Maxwelliana para os corpos em repouso.

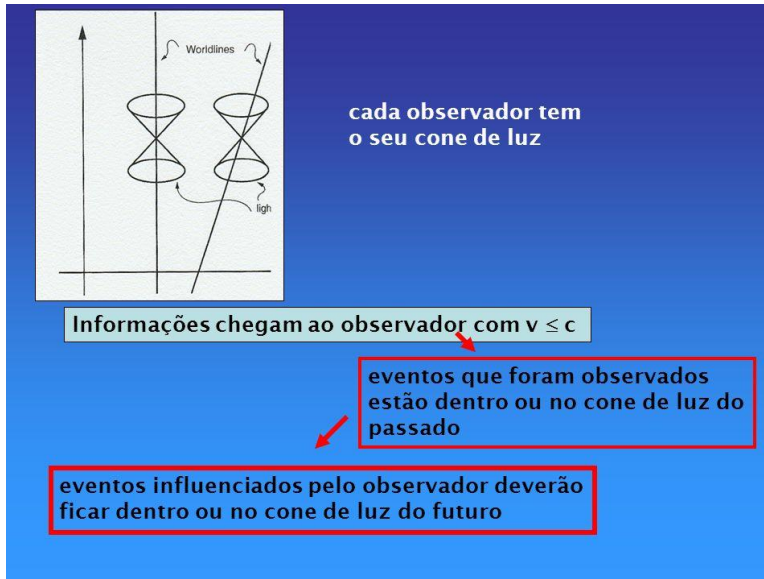
O resumo da teoria da Relatividade Restrita proposta por Einstein pode ser expresso por dois postulados: (RESNICK, 1968, p. 39)

**1\u00b0) As leis da F\u00edsica s\u00e3o as mesmas em todos os sistemas inerciais. N\u00e3o existe nenhum sistema inercial preferencial. (O Princ\u00edpio da Relatividade).**

**2\u00b0) A velocidade da luz no v\u00e1cuo tem o mesmo valor  $c$  em todos os sistemas inerciais. (O Princ\u00edpio da Const\u00e2ncia da Velocidade da Luz).**

Atrav\u00e9s desses postulados, pode-se notar que as equa\u00e7\u00f5es de Galileu e Newton n\u00e3o poderiam explicar a covari\u00e2ncia das leis F\u00edsicas (a invari\u00e2ncia quanto \u00e0 forma). Dessa maneira, Einstein, utilizou-se das transforma\u00e7\u00f5es de Lorentz e a ideia de tempo absoluto foi totalmente descartada. O tempo se torna dependente do sistema de refer\u00eancia, da mesma forma que o espa\u00e7o.

# Cosmologia

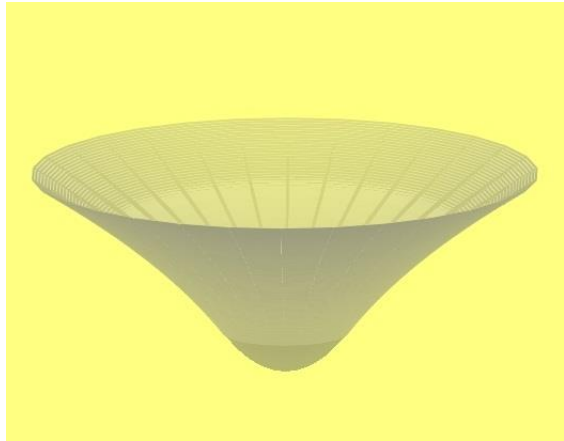


Em sua teoria ele descreve que espaço e tempo dependem do sistema de coordenadas, que pode ser expresso por vetores, escalares e tensores. Esse espaço-tempo é descrito por um quadrivetor ( $x, y, z$  e  $t$ ). Note que  $x, y$  e  $z$  referem-se às coordenadas espaciais e  $t$  ao tempo.

Esse espaço quadridimensional plano, conhecido como espaço de Minkowski, é o espaço onde foi construída a teoria da Relatividade Restrita de Einstein. Na teoria da Relatividade Restrita, como se pode observar o espaço e o espaço-tempo são considerados planos.

Hermann Minkowski (1864-1909), foi um matemático alemão de ascendência judia-lituana, que criou e desenvolveu a geometria dos números e que usou métodos geométricos para resolver problemas difíceis em teoria dos números, física matemática e teoria da relatividade. ([www.jinfo.org](http://www.jinfo.org))





(Representação bidimensional da seção espacial do espaço-tempo de Schwarzschild. Um desafio: tente imaginar o espaço 3D, equivalente ao 2D mostrado aqui, imerso num sistema de coordenadas espaciais 4D)

Na Teoria da Relatividade Geral (TRG) o espaço quadridimensional pode apresentar-se curvo devido à ação da Gravidade. Um corpo de massa  $M$  que se encontra num espaço curvo poderá mover-se devido à curvatura. De forma análoga, pelas leis de Newton, um corpo de massa  $M$  que sofre a ação de um campo de força poderá entrar em movimento também. Se o corpo estiver em um espaço plano ele tenderá a não se mover ou manter seu movimento, de forma análoga à 1ª lei de Newton.

Quando Einstein formulou a TRG, que é uma teoria de campos, ele utilizou a matemática tensorial do matemático alemão Georg Friedrich Bernhard Riemann (1826-1866). Com essa matemática ele podia explicar os efeitos provocados pela gravidade no espaço-tempo em várias dimensões. As equações da TRG, de Einstein podem ser definidas da seguinte forma (qualitativa):

***curvatura do espaço-tempo = constante × matéria-energia.***

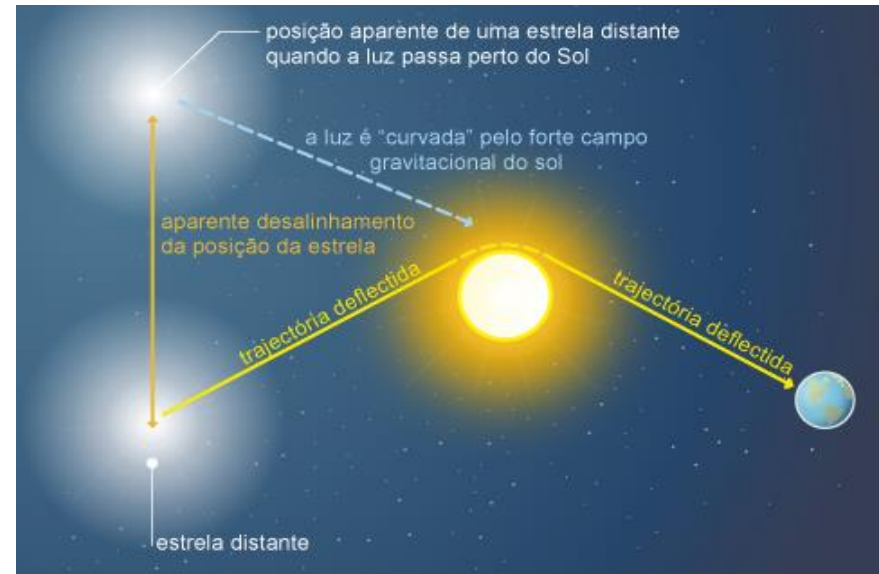
Além da formulação descrita acima, é importante citar que a Teoria da Relatividade Geral (TRG) já foi descrita por vários modelos matemáticos. Como exemplo, podemos citar o modelo proposto pelo astrônomo alemão, Karl Schwarzschild (1873-1916). Nesse modelo ele propõe uma métrica do espaço-tempo em uma região externa a uma superfície esférica e simétrica de massa  $M$ . O modelo de Schwarzschild aplica-se, por exemplo, ao caso da Terra girando em torno do Sol, e pode ser considerado como evolução ao modelo proposto por Newton para a Gravitação Universal.

**Tensores:** Um tensor é uma entidade matemática que possui em cada ponto do espaço  $n^m$  componentes, onde  $n$  é o número de dimensões do espaço e  $m$  é a ordem do tensor. Desta forma, podemos dizer que o *escalar* é um tensor de ordem 0 — portanto, tem 1 componente — e o *vetor* é um tensor de ordem 1 — tem  $n$  componentes. Os tensores utilizados na TRG são tensores de ordem  $m = 0, 1$  e  $2$  e o “espaço” é o espaço-tempo de  $n=4$  dimensões (três coordenadas espaciais e uma coordenada temporal).

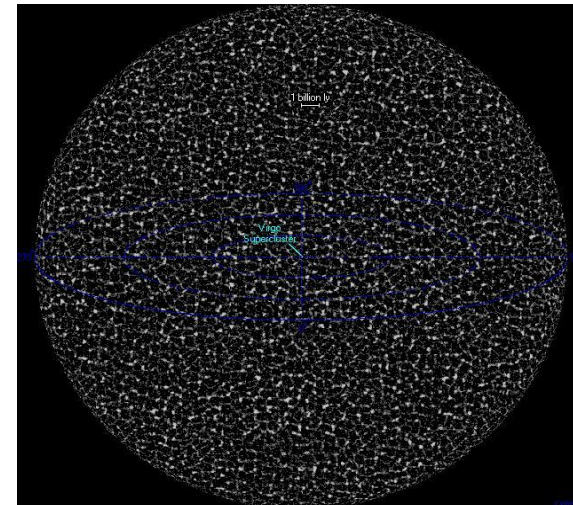
Através da métrica proposta por Schwarzschild, podemos explicar fenômenos como a deflexão da luz ao passar próxima a corpos de massa  $M$  e a lente gravitacional que é também uma consequência da deflexão da luz. O fenômeno da lente gravitacional explica, por exemplo, miragens e amplificação da intensidade luminosa.

A métrica de Schwarzschild é também responsável pela discussão de fenômenos como a radiação gravitacional e os buracos negros. Mas vale ressaltar que a métrica de Schwarzschild é válida para o vácuo e não é utilizada para o modelo Cosmológico Moderno ou completo. Nesse modelo atual (chamado de completo), utilizam-se fontes de matéria e radiação para explicar o modelo de universo. Além disso, é importante citar que esse modelo completo não tem, ainda, comprovação experimental.

Nesse modelo atual de Universo (ou modelo padrão), utilizam os conceitos de matéria escura e energia escura e a concepção de um universo homogêneo e isotrópico.



Fonte: <http://e-escola.tecnico.ulisboa.pt/mgallery/default.asp?obj=6691>



Fonte: <http://astronomia.blog.br/wp-content/uploads/2007/02/200710artigofigura5.jpg>

# Modelos Cosmológicos

Em 1917, logo após a publicação da Teoria Geral da Relatividade (1905), Einstein, escreve um artigo *“Considerações cosmológicas relacionadas à teoria da relatividade geral”* onde ele inicia um caminho de modelos cosmológicos baseados na TGR. Nesse modelo ele introduz uma constante  $\Lambda$ , denominada constante cosmológica, às equações completas em que ele concebe um universo estático. Seu modelo foi bem aceito na época e serviu de motivação para modelos posteriores.

Após isso, o físico, meteorologista e cosmólogo russo Aleksandrovich Friedmann (1888-1925), publica um trabalho em 1922 com o título *“Sobre a curvatura do espaço”*. Nesse trabalho, ele resolve as equações de Einstein, com a hipótese de um universo homogêneo e isotrópico e obtém um modelo de curvatura do espaço positiva (espaço esférico) com fases de expansão e contração. Note que no modelo proposto por Friedmann, o universo isotrópico e homogêneo não está em uma escala próxima ao sistema solar ou a nossa galáxia, mas em uma escala bem maior.

Por meio do modelo Cosmológico de Friedmann, algumas perguntas surgiram:

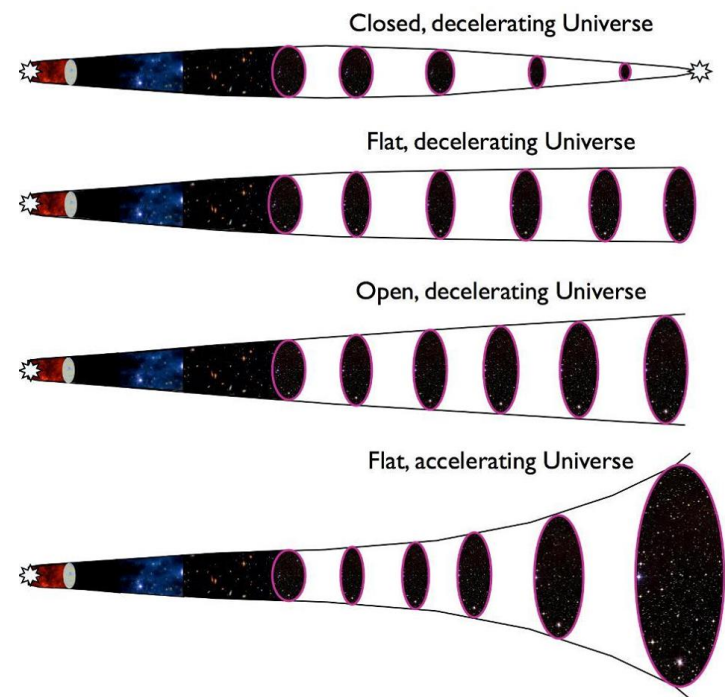
***O universo teve um início?***

***Ele terá um fim?***

***O universo está expandindo, contraindo ou encontra-se estático?***



A resposta para essas questões, de acordo com o modelo de Friedmann, está na quantidade de matéria que compõe o Universo. Se essa quantidade for muito grande, a gravidade será suficiente para desacelerar o universo e contraí-lo, dessa forma aconteceria um momento em que toda essa matéria iria se juntar (Big Crunch). Porém, se essa quantidade de matéria não for suficiente para gerar a desaceleração, a tendência do universo seria a expansão. E, caso a quantidade fosse o valor exato para desacelerar e estabilizar a tendência do universo seria a estabilidade. Nesse modelo Friedmann, concebe o universo dinâmico, com um início. Veja a figura ao lado.

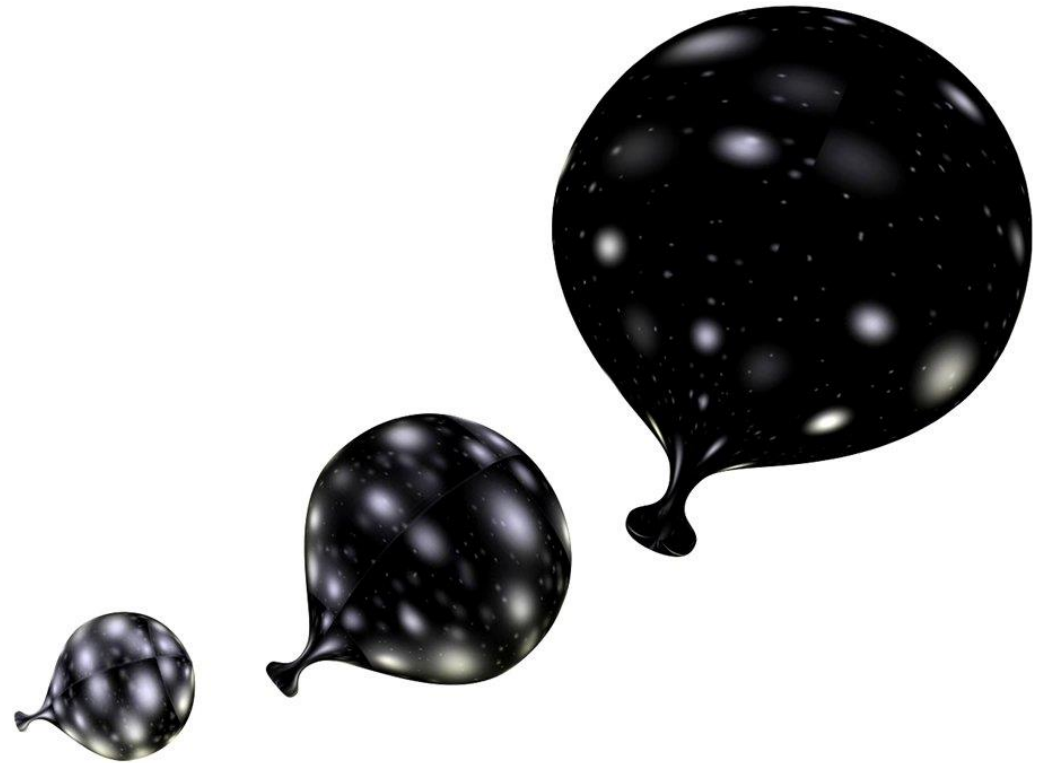


Fonte:

[https://universoracionalista.org/wpcontent/uploads/2017/07/20196743\\_338190049936068\\_1973038151\\_n.png](https://universoracionalista.org/wpcontent/uploads/2017/07/20196743_338190049936068_1973038151_n.png)

A descoberta de Edwin Hubble, em 1929, trouxe novas informações a respeito do modelo de universo. Ele descobriu, por meio de observações astronômicas, que galáxias estavam se afastando da via láctea e que quanto mais distantes elas estavam, mais rápido elas se afastavam de nós. Essa descoberta foi importante para reforçar a ideia de um universo em expansão e desabilitar o modelo de universo estático.

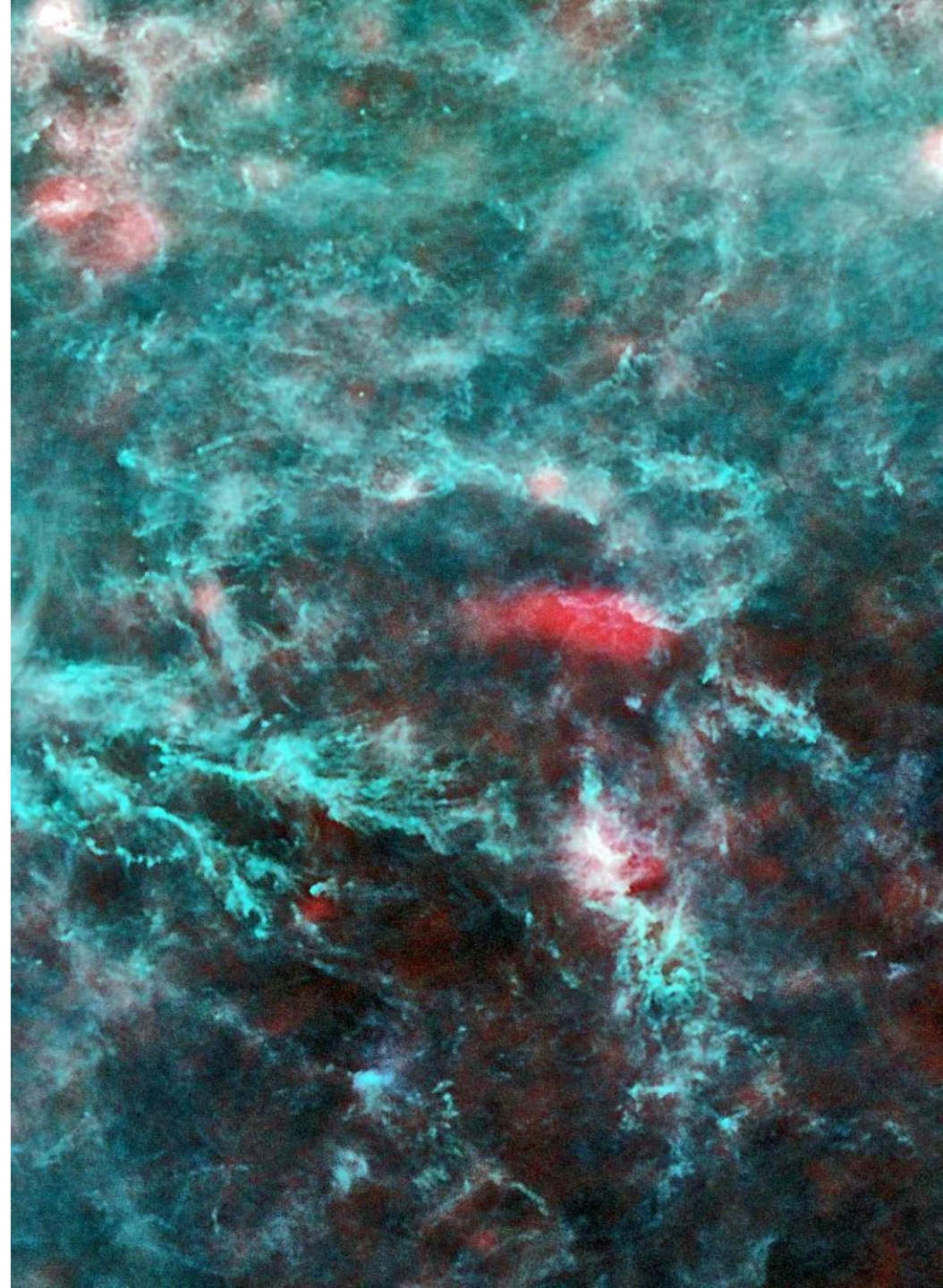
Se o universo está em expansão, então, em um passado bem remoto toda a matéria estava bem próxima, e em um passado mais remoto ainda toda ela estava concentrada em um ponto no espaço. O modelo do Big Bang, aceito atualmente, usa essa ideia, de que no início do universo toda a matéria estava concentrada em uma unidade primordial e que após uma grande explosão começou a expansão.



Fonte: <http://nautilus.fis.uc.pt/astro/hu/viag/images/imagem37.jpg>  
(Modelo de universo em expansão. Imaginemos uma que o universo seja uma bexiga e que todas as galáxias e matéria estão na superfície dessa bexiga. À medida que o universo se expande o espaço entre as galáxias aumenta.)

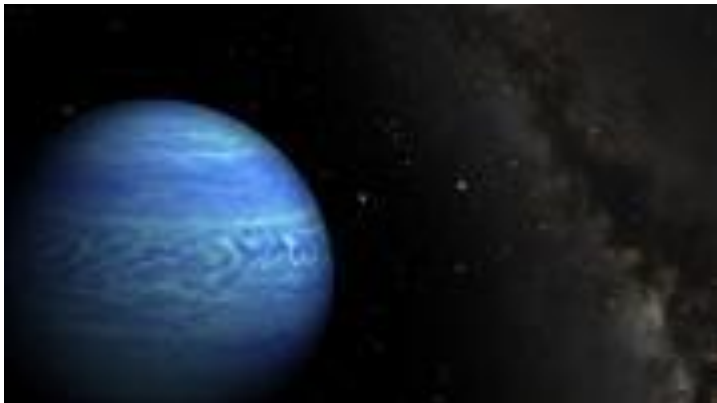
Outra descoberta importante que pode ajudar a explicar a evolução do universo foi feita pelo físico suíço, Fritz Zwicky, em 1933. Ao observar a rotação de galáxias pertencentes ao aglomerado de Coma, ele percebeu que a rotação não correspondia com a massa das estrelas que compunham a galáxia. Sabendo da distância que elas se encontravam e suas massas a velocidade deveria ser menor. Para explicar a velocidade de rotação que era maior que a observada ele supôs que deveria haver uma matéria extra que não poderia ser vista (não emitia radiação em nenhum espectro conhecido). Essa matéria extra foi batizada de **Matéria Escura**.

Pela Teoria da Relatividade Geral, já sabemos que grandes corpos podem provocar deformações no tecido espacial. Quando a luz de estrelas passa próxima a grandes concentrações de massa (como a matéria escura, por exemplo), a luz sofre desvios. Esses desvios já foram detectados por meio de observações astronômicas, porém, a matéria escura ainda não foi detectada. Esse fenômeno de desviar a luz ao passar por grandes concentrações de massa forneceu um forte indício da existência de tal matéria e recebeu o nome de **lente gravitacional**.





# A teoria do Big Bang



A teoria de uma célula primordial foi proposta em 1930, por um padre belga, Georges Lemaître, professor da Universidade Católica de Louvain. Nesse modelo ele propõe, que em um tempo inicial a célula primordial concentrava toda a matéria e energia do universo e, a partir daí iniciou-se o tempo com a grande explosão. Após essa explosão a matéria encontrava-se, após um processo de decaimento, em altíssimas temperaturas e densidade, e era composta de prótons, elétrons e nêutrons imersos em radiação. Após esse estágio inicial do universo, foram se formando, com o resfriamento, os primeiros elementos (Hidrogênio e Hélio). Os elementos mais pesados, como o carbono, por exemplo, foram formados posteriormente, nas primeiras estrelas.

Após a descoberta da radiação cósmica de fundo, pelos físicos Arno Penzias e Robert Wilson, o modelo do Big Bang ganhou força, considerando que a radiação de fundo é uma radiação do início do universo. Essa radiação do universo primordial foi prevista pelo físico ucraniano, George Gamow. Gamow retomou o trabalho de Lemaître, do Big Bang, e fez estudos sobre a “sopa primordial” que era composta por matéria e radiação.

# A teoria de Big Bang



Com a descoberta da radiação cósmica de fundo, que pode ser detectada em qualquer ponto do universo e possui comportamento de radiação de corpo negro de 2,7 K, o modelo do Big Bang passou a ser mais aceito do que o modelo de universo estacionário.

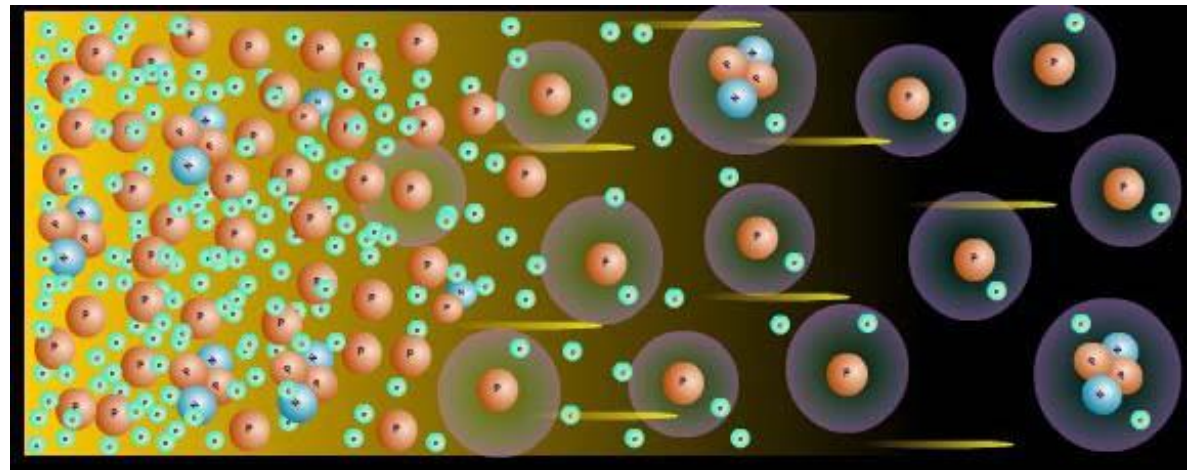
Nesse período inicial, que durou, por volta de 370000 anos, a matéria encontrava-se “misturada” com a radiação em altíssimas temperaturas e densidade. Com o resfriamento começou a ocorrer a chamada **Era de Recombinação** e a separação entre matéria e radiação, pois os fótons já não tinham mais energia suficiente para manter os elementos separados. Na Recombinação a matéria começou a se juntar e formar os primeiros elementos (Hidrogênio e depois o Hélio).

# Teoria de Big Bang

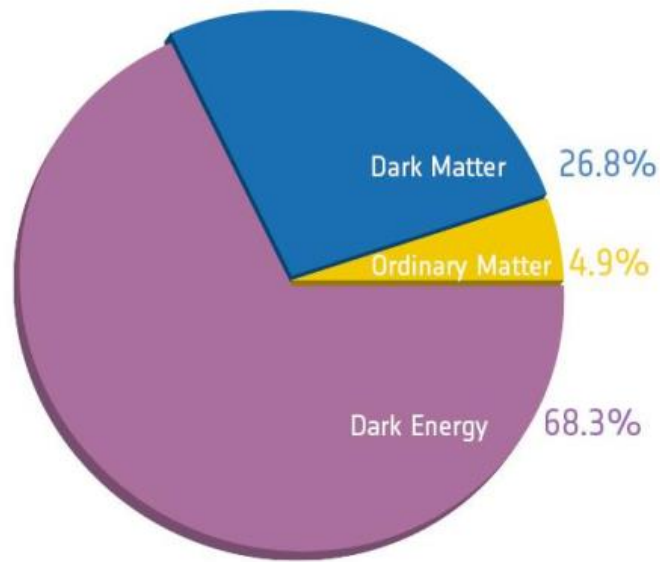
Com a Recombinação (ver figura abaixo), a radiação passou a ser emitida para todo o cosmos. A radiação cósmica de fundo é uma constatação dessa radiação primordial que começou a vagar após a recombinação.

O universo atual possui, aproximadamente, 14 bilhões de anos e essas medidas de radiação dão informações sobre sua formação.

Estudos recentes a respeito das flutuações de temperatura da radiação cósmica de fundo revelam um universo plano, porém, para se explicar a teoria do universo plano, e conseqüentemente, voltar com a constante cosmológica proposta por Einstein, o universo teria duas possibilidades de evolução. Se a constante cosmológica fosse considerada negativa ele iria se contrair e em caso da constante ser positiva, o universo iria se expandir aceleradamente, entretanto, com as medidas cada vez mais precisas a respeito das flutuações de temperatura da radiação cósmica de fundo, foi necessária outra explicação para o universo plano.







Uma teoria que surgiu para explicar o universo plano foi a da **Inflação Cósmica**. Nessa teoria, em um instante  $10^{-38}$  s após o surgimento do universo, houve uma grande expansão do universo em  $10^{26}$  no seu tamanho. Essa expansão exponencial aconteceu, de acordo com a teoria, devido à separação entre as forças fundamentais da natureza, a força forte e a força eletrofraca. Nessa separação houve grande liberação de energia e, com isso, a inflação cósmica. Com a teoria da inflação cósmica, pode-se explicar a planura do universo e a interação entre a radiação emitida após o período de recombinação, pois os modelos que se tinham antes não conseguiam explicar a homogeneidade da temperatura medida do universo (radiação cósmica de fundo). Contudo, essas oscilações de temperatura oriundas das oscilações no plasma primordial geraram perturbações no tecido do espaço-tempo originando **ondas gravitacionais**. Essas ondas gravitacionais que podem ser geradas de outras formas vêm sendo procuradas com o intuito de se comprovar a teoria da inflação cósmica e, também, com o objetivo de explicar a origem e evolução do cosmos.

O Modelo Cosmológico Padrão ( $\Lambda$ CDM,  $\Lambda$  constante cosmológica de Einstein, CDM – matéria escura fria), utiliza a Teoria Geral da Gravidade como base para suas formulações, utiliza a constante cosmológica proposta por Einstein ( $\Lambda$ ), para explicar a expansão acelerada do universo e também a matéria escura (que ainda não foi detectada) e a, recentemente introduzida na teoria, Energia Escura, usada para explicar, também, a expansão acelerada do universo. A Energia Escura, ainda não foi detectada e existem muitos trabalhos na busca de se tentar detectar esses elementos que, segundo os cientistas, compõem a maior parte do universo. A matéria bariônica (formada por átomos), segundo os modelos atuais, é responsável por apenas 4,9% do universo que conhecemos, sendo 68,3% do universo composto por Energia Escura e 26,8% composto de Matéria Escura. Com o advento da Mecânica Quântica, a teoria da Energia Escura ganhou força e um enorme esforço vem sendo feito no intuito de tentar detectá-la.

# Bibliografia

---

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Educação. Ensino a Distância. **Cosmologia**: da origem ao fim do universo. Módulo 01. Brasília: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, Observatório Nacional, 2015.

---

HAWKING, Stephen. **O universo numa casca de noz**. Tradução de Cássio de Arantes Leite. Rio de Janeiro: Intrínseca, 2001.

---

RESNICK, Robert. **Introdução à Relatividade Especial**. Tradução Shigeo Watanabe. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1971.

---

SANTOS, Larissa. **O Universo Escuro**: de Ptolomeu a ondas gravitacionais. Brasília: Kiron, 2016.

---

SCHUTZ, Bernard. **A First Course in General Relativity**. 2<sup>nd</sup> ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2009.

---

SOARES, Domingos. Espaço e espaço-tempo nas teorias relativas. **Texto & Notícias**, UFMG, 2013. Disponível em: <<http://www.fisica.ufmg.br/dsoares/esptmp/esptmp.htm>>. Acesso em 17 nov. 2017.

---

SOARES, Domingos. Os primeiros passos na cosmologia relativista. **Texto & Notícias**, UFMG, 2012. Disponível em: <<http://www.fisica.ufmg.br/dsoares/ensino/cosmrel/ppcosmrel.htm>>. Acesso em: 17 nov. 2017.

---

Site:

[https://midia.atp.usp.br/ensino\\_novo/relatividade/ebooks/escalares\\_vetores\\_tensores\\_lorentz.pdf](https://midia.atp.usp.br/ensino_novo/relatividade/ebooks/escalares_vetores_tensores_lorentz.pdf) (visitado em 15/11/2017).

# Questionário de Opinião 1

Prezado Aluno (a).

Este questionário enquadra-se numa investigação no âmbito de uma dissertação de Mestrado em Ensino de Física, realizada no Instituto de Física na Universidade de Brasília – UnB. Os resultados obtidos serão utilizados apenas para fins académicos (dissertação de Mestrado), sendo realçado que as respostas dadas representam apenas a sua opinião individual.

O questionário é anónimo, sendo assim não coloque sua identificação em nenhuma das folhas e nem assine o questionário.

Não existem respostas certas ou erradas. Por isso solicitamos que responda de forma espontânea e sincera a todas as questões. Na maioria das questões apenas assinale com um X a sua opção de resposta.

Obrigado pela sua colaboração.

1. Idade: \_\_\_\_\_

2. Sexo:

( ) Masculino

( ) Feminino

Responda numa escala de 1 (sim) a 5 (muito pouco), qual o seu grau de concordância com cada uma das perguntas seguintes:

# Questionário de Opinião 1

Pergunta	1 - Sim	2	3	4	5 - Muito pouco
1 – Na sua opinião a utilização de Tópicos de Cosmolgia como instrumento motivador de ensino ajudou você a ampliar seus conhecimentos sobre Gravitação e Relatividade?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2 – Sobre os conteúdos abordados, você os considera relevantes para o dia a dia?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3 – Sobre o texto a respeito de Cosmologia, ele estava em uma linguagem acessível para o estudante do Ensino Médio?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4 – Em relação ao material pedagógico adotado pela escola, o uso de textos, artigos e vídeos podem ajudar na aprendizagem como material de apoio?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5 – Na sua opinião, o ensino de tópicos de Cosmologia pode ser utilizado como material pedagógico por outros professores ou escolas no Ensino Médio?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6 - Comparando a uma aula tradicional, a sequência didática utilizada (Pré – Teste, Leitura do texto, Aula Expositiva com vídeos, imagens, aplicativos e Pós – Teste) facilitou a aprendizagem do tema?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



## Questionário de Opinião 2

Prezado Aluno (a).

Este questionário enquadra-se numa investigação no âmbito de uma dissertação de Mestrado em Ensino de Física, realizada no Instituto de Física na Universidade de Brasília – UnB. Os resultados obtidos serão utilizados apenas para fins académicos (dissertação de Mestrado), sendo realçado que as respostas dadas representam apenas a sua opinião individual.

O questionário é anónimo, sendo assim não coloque sua identificação em nenhuma das folhas e nem assine o questionário.

Não existem respostas certas ou erradas. Por isso solicitamos que responda de forma espontânea e sincera a todas as questões. Na maioria das questões apenas assinale com um X a sua opção de resposta.

Obrigado pela sua colaboração.

1. Idade: \_\_\_\_\_

2. Sexo:

( ) Masculino

( ) Feminino

Responda numa escala de 1 (sim) a 5 (muito pouco), qual o seu grau de concordância com cada uma das perguntas seguintes:

## Questionário de Opinião 2

Pergunta	1 - Sim	2	3	4	5 - Muito pouco
1 – Na sua opinião, o texto produzido a respeito de Cosmologia ficou muito grande?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2 – Na sua opinião, a linguagem utilizada foi adequada para estudantes do Ensino Médio?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3 – Na sua opinião, a utilização de material de apoio (como o texto, por exemplo), pode auxiliar nas aulas?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4 – Na sua opinião, o envio de material de suporte para as aulas através de app's foi proveitoso para melhor aproveitamento das aulas?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

# Lista de links

## 1. Tutorial do Software Stellarium:

Acesse o link: <<http://gruposputnik.com/USP-Escola/Stellarium/TC%201%20-%20Stellarium.pdf>>

## 2. Episódio 01 da Série “Cosmos”, narrada pelo Astrônomo Carl Sagan:

Acesse o link: <<https://www.youtube.com/watch?v=0jMOACMdgpo>>

## 3. Artigo: A Cosmologia, Rogério Rosenfeld.

Acesse o link: <<https://pt.scribd.com/document/349327774/A-Cosmologia-Rogério-Rosenfeld-pdf>>

## 4. Como criar grupo de WhatsApp e convidar participantes:

Acesse o link:  
<[https://faq.whatsapp.com/search?query=criar%20grupos%20&lang=pt\\_br](https://faq.whatsapp.com/search?query=criar%20grupos%20&lang=pt_br)>

## 5. Links para pesquisa acadêmica:

<<https://scholar.google.com.br/>>

<<http://www.periodicos.capes.gov.br/>>

## 6. Imagens do universo

<https://www.jpl.nasa.gov/>

# Referências bibliográficas

ALMOULOUD, Saddo Ag. As transformações do saber científico ao saber ensinado: o caso do logaritmo. **Educar em Revista**, Curitiba, n. esp., v. 1, p. 191-210, 2011.

ANDRADE, Mariel; SILVA, Janaina; ARAÚJO, Alberto. A utilização do *software* Stellarium para o ensino de astronomia. In: JORNADA DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO - JEPEX, 9., 2009, Recife. **Anais...** Recife: UFRPE, 2009. Disponível em: <<http://www.eventosufrpe.com.br/jepepx2009/cd/resumos/r0793-3.pdf>>. Acesso em: 8 jun. 2017.

BROCKINGTON, Guilherme; PIETROCOLA, Maurício. Serão as regras da transposição didática aplicáveis aos conceitos de física moderna? **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 10, n. 3, p. 387-404, 2005. Disponível em: <<https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/512/309>>. Acesso em: 27 jul. 2017.

COSMOS. Produzida pela KCET e Carl Sagan Productions, em associação com a BBC e a Polytel International. Veiculada na PBS em 1980. Narrada por Carl Sagan.

COSTA, Sandra Regina Santana; DUQUEVIZ, Barbara Cristina; PEDROZA, Regina Lúcia Sucupira. Tecnologias digitais como instrumentos mediadores da aprendizagem dos nativos digitais. **Revista Quadrimestral da Associação Brasileira de Psicologia Escolar e Educacional**, São Paulo, v. 19, n. 3, p. 603-610, set./dez. 2015. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pee/v19n3/2175-3539-pee-19-03-00603>>. Acesso em: 2 mar. 2018.

HAWKING, Stephen. **O universo numa casca de noz**. Tradução de Cássio de Arantes Leite. Rio de Janeiro: Intrínseca, 2001.

MOREIRA, Marco Antônio. **Teorias de aprendizagem**. 2. ed., ampl. São Paulo: EPU, 2015.

MOREIRA, Marco Antônio. Unidades de Ensino Potencialmente Significativas – UEPS, Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/~moreira/UEPSport.pdf>>

MOREIRA, Marco Antônio; MASINI, Elcie F. Salzano. **Aprendizagem significativa**: a teoria de David Ausubel. 2. ed. São Paulo: Centauro, 2006.

OSTERMANN, Fernanda; MOREIRA, Marco Antônio. Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa “física moderna e contemporânea no ensino médio”. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 5, n. 1, p. 23-48, 2000. Disponível em: <<https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/600/390>>. Acesso em: 20 jul. 2017.

RABELO DE SÁ, Marcos Ribeiro. **Teoria da relatividade restrita e geral ao longo do 1º ano do ensino médio**: uma proposta de inserção. 2015. 314 f. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física)-Universidade de Brasília, 2015.

ROSENFELD, Rogério. A Cosmologia. **Física na Escola**, São Paulo, v. 6, n. 1, p. 31-37, 2005.

TUTORIAL SOFTWARE STELLARIUM

SANTOS, Larissa. **O Universo Escuro**: de Ptolomeu a ondas gravitacionais. Brasília: Kiron, 2016.

TERRAZZAN, Eduardo Adolfo. A inserção da física moderna e contemporânea no ensino de física na escola de 2º grau. **Cad. Cat. Ens. Fís.**, Florianópolis, v.9, n. 3, p. 209-214, dez. 1992.



## APÊNDICE B – TESTE 1 E TESTE 2

### TESTE DE FÍSICA (1)

**COLÉGIO JK – GUARÁ – BRASÍLIA – DF (DISTRITO FEDERAL)**

**PROFESSOR REGENTE: MARCOS DE OLIVEIRA MENDONÇA.**

**DATA:** \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_

**ALUNO(A):** \_\_\_\_\_

**SERIE:** \_\_\_\_\_ **TURMA:** \_\_\_\_\_

#### 01 - (ITA SP/2002)

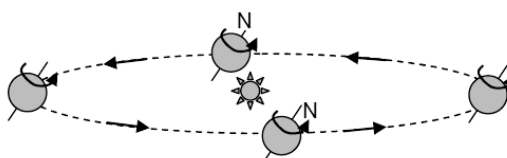
Um dos fenômenos da dinâmica de galáxias, considerado como evidência da existência de matéria escura, é que estrelas giram em torno do centro de uma galáxia com a mesma velocidade angular, independentemente de sua distância ao centro. Sejam  $M_1$  e  $M_2$  as porções de massa (uniformemente distribuída) da galáxia no interior de esferas de raios  $R$  e  $2R$ , respectivamente. Nestas condições, a relação entre essas massas é dada por:

- a)  $M_2 = M_1$ .
- b)  $M_2 = 2M_1$ .
- c)  $M_2 = 4M_1$ .
- d)  $M_2 = 8M_1$ .
- e)  $M_2 = 16M_1$ .

#### 02 - (FCM MG/2014)

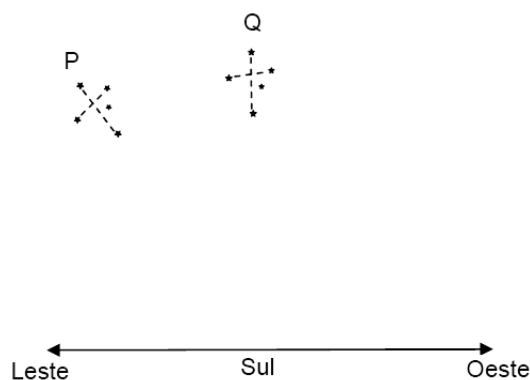
A figura 1 mostra, fora de escala, o sentido de rotação e translação de nosso planeta em torno do Sol, considerando a parte superior da Terra, o polo norte (N).

FIGURA 1



Observando a constelação do Cruzeiro do Sul de uma cidade do hemisfério sul, ao longo das horas, vê-se que ele muda de posição no céu. A figura 2 mostra o Cruzeiro do Sul nas posições P e Q, com relação aos pontos cardeais, visto de uma cidade do hemisfério sul.

FIGURA 2

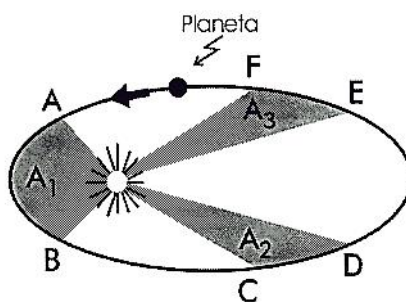


Com base nessas informações, as posições P e Q do Cruzeiro do Sul poderão ter horários diferentes na mesma noite, especificados na alternativa:

- a) P (19 h) e Q (21 h).
- b) P (21 h) e Q (19 h).
- c) P (19 h) e Q (24 h).
- d) P (24 h) e Q (19 h).

**03 - (UERJ/2000)**

A figura ilustra o movimento de um planeta em torno do sol.



Se os tempos gastos para o planeta se deslocar de A para B, de C para D e de E para F são iguais, então as áreas -  $A_1$ ,  $A_2$  e  $A_3$  - apresentam a seguinte relação:

- a)  $A_1 = A_2 = A_3$

b)  $A_1 > A_2 = A_3$

c)  $A_1 < A_2 < A_3$

d)  $A_1 > A_2 > A_3$

**04 - (UEL PR/2001)**

Sobre as forças gravitacionais envolvidas no sistema composto pela Terra e pela Lua, é correto afirmar:

- a) São repulsivas e de módulos diferentes.
- b) São atrativas e de módulos diferentes.
- c) São repulsivas e de módulos iguais.
- d) São atrativas e de módulos iguais.
- e) Não dependem das massas desses astros.

**05 - (PUC RS/2006)**

INSTRUÇÃO: Para responder à questão, considerar o texto e as afirmativas que o complementam.

Durante cerca de oito dias, um astronauta brasileiro dividiu com astronautas estrangeiros uma missão a bordo da Estação Espacial Internacional (EEI). Inúmeras fotografias da parte interna da Estação mostraram objetos e os astronautas “flutuando” no seu interior. Este fenômeno ocorre porque

- I. a aceleração da gravidade sobre eles é zero.
- II. os objetos e os astronautas têm a mesma aceleração da Estação.
- III. não há força resultante sobre eles.

Pela análise das afirmativas conclui-se que somente está / estão correta(s)

- a) a I.
- b) a II.
- c) a III.
- d) a I e a III.

e) a II e a III.

**06 - (FATEC SP/2000)**

A respeito do planeta Júpiter e de um de seus satélites, Io, foram feitas as afirmações:

- I. Sobre esses corpos celestes, de grandes massas, predominam as forças gravitacionais.
- II. É a força de Júpiter em Io que o mantém em órbita em torno do planeta.
- III. A força que Júpiter exerce em Io tem maior intensidade que a força exercida por Io em Júpiter.

Deve-se concluir que somente

- a) I é correta.
- b) II é correta.
- c) III é correta.
- d) I e II são corretas.
- e) II e III são corretas.

**07 - (FMTM MG/2006)**

*... nossos próprios olhos nos mostram quatro estrelas que viajam ao redor de Júpiter como o faz a Lua ao redor da Terra, enquanto todos juntos traçam uma grande revolução ao redor do Sol.*

(Galileu Galilei)

O advento do telescópio favoreceu a observação dos corpos celestes, permitindo conclusões como a citada por Galileu, que se refere ao comportamento das quatro maiores luas de Júpiter: Io, Calisto, Europa e Ganimedes. Baseado nos estudos de Galileu e Tycho Brahe, Kepler formulou três leis a respeito dos movimentos planetários.

Analise:

- I. a lei dos períodos refere-se ao tempo de que um planeta necessita para dar a volta em torno do Sol;
- II. na lei das áreas, o tema em questão remete à velocidade que o planeta desenvolve em sua translação em torno do Sol;
- III. a lei das órbitas trata da heliocentricidade do sistema solar.



Está correto o contido em

- a) III, apenas.
- b) I e II, apenas.
- c) I e III, apenas.
- d) II e III, apenas.
- e) I, II e III.

**08 - (FMTM MG/2003)**

A força de atração gravitacional entre dois corpos sobre a superfície da Terra é muito fraca quando comparada com a ação da própria Terra, podendo ser considerada desprezível. Se um bloco de concreto de massa 8,0 kg está a 2,0 m de um outro de massa 5,0 kg, a intensidade da força de atração gravitacional entre eles será, em newtons, igual a:

**Dado:**  $G = 6,7 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2$

- a)  $1,3 \cdot 10^{-9}$ .
- b)  $4,2 \cdot 10^{-9}$ .
- c)  $6,7 \cdot 10^{-10}$ .
- d)  $7,8 \cdot 10^{-10}$ .
- e)  $9,3 \cdot 10^{-11}$ .

**09 - (UNIUBE MG/1997)**

A respeito do sistema solar, é correto afirmar que:

- a) a linha imaginária que une os centros do Sol e de um planeta varre uma área proporcional ao tempo de varredura.
- b) os planetas descrevem órbitas circulares ao redor do Sol
- c) o cubo do período de um planeta é proporcional ao quadrado de uma distância ao Sol.
- d) a linha imaginária que une os centros do Sol e de um planeta varre uma área inversamente proporcional ao tempo de varredura.
- e) o quadrado do período de um planeta é inversamente proporcional ao cubo de sua distância ao Sol.

**10 - (FURG RS/2001)**

Sobre um satélite mantido em órbita a uma distância  $R$  do centro da Terra (que possui massa  $M$ ), é correto afirmar que:

- a) a força com que a Terra atrai o satélite é ligeiramente menor do que a força com que o satélite atrai a Terra.
- b) o satélite é colocado em uma órbita em que a força gravitacional é zero.
- c) a velocidade tangencial ao quadrado do satélite é menor ou igual a  $GM/R$ .
- d) a velocidade tangencial ao quadrado do satélite é igual a  $GM/R$ .
- e) a velocidade tangencial ao quadrado do satélite é maior ou igual a  $GM/R$ .

**TESTE DE FÍSICA (2)****COLÉGIO JK – GUARÁ – BRASÍLIA – DF (DISTRITO FEDERAL)****PROFESSOR REGENTE: MARCOS DE OLIVEIRA MENDONÇA.****DATA:** \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_**ALUNO(A):** \_\_\_\_\_**SERIE:** \_\_\_\_\_ **TURMA:** \_\_\_\_\_**01 - (UDESC/2014)**

Com base na teoria da relatividade restrita, proposta por Albert Einstein, é **correto** afirmar que:

- a) as leis da Física não são as mesmas para quaisquer observadores situados em referenciais inerciais.
- b) independentemente da velocidade da fonte luminosa ou do referencial, a velocidade de propagação da luz no vácuo é constante e igual a  $c = 3 \times 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ . Portanto, conclui-se que a velocidade da luz é constante e igual a  $c$  em qualquer meio de propagação.
- c) pelo princípio da simultaneidade conclui-se que dois observadores em movimento relativo farão observações contraditórias sobre um mesmo evento. Isso implica que um deles sempre estará errado e que se deve eleger, inicialmente, um referencial absoluto.
- d) a velocidade da luz no vácuo é uma velocidade limite, não podendo ser superada por nenhuma entidade capaz de transportar energia ou informação.
- e) para descrever os eventos relativísticos um observador deverá utilizar sempre quatro coordenadas, duas espaciais e duas temporais.

**02 - (UFG GO/2014)**

A teoria da relatividade elaborada por Albert Einstein (1879-1950), no início do século XX, abalou profundamente os alicerces da Física clássica, que já estava bem estabelecida e testada. Por questionar os conceitos canônicos da ciência e do senso comum até então, ela tornou-se uma das teorias científicas mais populares de todos os tempos.

Que situação física, prevista pela relatividade restrita de Einstein, também está em conformidade com a Física clássica?

- a) A invariância do tempo em referenciais inerciais.
- b) A contração do espaço.
- c) A invariância da velocidade da luz.
- d) A diferença entre massa inercial e gravitacional.
- e) A conservação da quantidade de movimento.

**03 - (ITA SP/2014)**

Considere um capacitor de placas paralelas ao plano  $yz$  tendo um campo elétrico de intensidade  $E$  entre elas, medido por um referencial  $S$  em repouso em relação ao capacitor. Dois outros referenciais,  $S'$  e  $S''$ , que se movem com velocidade de módulo  $v$  constante em relação a  $S$  nas direções de  $x$  e  $y$ , nesta ordem, medem as respectivas intensidades  $E'$  e  $E''$  dos campos elétricos entre as placas do capacitor. Sendo  $\gamma = 1/\sqrt{1-(v/c)^2}$ , pode-se dizer que  $E'/E$  e  $E''/E$  são, respectivamente, iguais a

- a) 1 e 1.
- b)  $\gamma$  e 1.
- c) 1 e  $\gamma$ .
- d)  $\gamma$  e  $1/\gamma$ .
- e) 1 e  $1/\gamma$ .

**04 - (Unievangélica GO/2014)**

Um observador fixo visualiza uma barra de comprimento  $L$  (quando medida em repouso) movimentando-se no sentido do seu comprimento com 60% da velocidade da luz.

A porcentagem do comprimento  $L$  visualizada pelo observador será de

- a) 80 %
- b) 36 %
- c) 64 %
- d) 94 %



**05 - (UNISC RS/2015)**

Em uma explosão de uma mina de carvão foram utilizadas 1.000 toneladas de explosivo trinitrotolueno (TNT), o que equivale a  $1,0 \times 10^{12}$  calorias. Qual foi, aproximadamente, a quantidade de massa convertida em energia equivalente a essa explosão? (1 caloria = 4,18 J e  $c = 3,0 \times 10^8$  m/s)

- a)  $4,6 \times 10^{-5}$  kg
- b)  $4,6 \times 10^{-8}$  kg
- c)  $1,1 \times 10^{-5}$  kg
- d)  $1,1 \times 10^{-8}$  kg
- e)  $1,1 \times 10^{-13}$  kg

**06 - (UDESC/2015)**

De acordo com o paradoxo dos gêmeos, talvez o mais famoso paradoxo da relatividade restrita, pode-se supor a seguinte situação: um amigo da sua idade viaja a uma velocidade de  $0,999c$  para um planeta de uma estrela situado a 20 anos-luz de distância. Ele passa 5 anos neste planeta e retorna para casa a  $0,999c$ . Considerando que  $\gamma = 22,4$ , assinale a alternativa que representa corretamente quanto tempo seu amigo passou fora de casa do seu ponto de vista e do ponto de vista dele, respectivamente.

- a) 20,00 anos e 1,12 anos
- b) 45,04 anos e 1,79 anos
- c) 25,00 anos e 5,00 anos
- d) 45,04 anos e 6,79 anos
- e) 40,04 anos e 5,00 anos

**07 - (UDESC/2015)**

A proposição e a consolidação da Teoria da Relatividade e da Mecânica Quântica, componentes teóricos do que se caracteriza atualmente como Física Moderna, romperam com vários paradigmas da Física Clássica. Baseando-se especificamente em uma das teorias da Física Moderna, a Relatividade Restrita, analise as proposições.

- I. A massa de um corpo varia com a velocidade e tenderá ao infinito quando a sua velocidade se aproximar da velocidade da luz no vácuo.
- II. A Teoria da Relatividade Restrita é complexa e abrangente, pois, descreve tanto movimentos retilíneos e uniformes quanto movimentos acelerados.
- III. A Teoria da Relatividade Restrita superou a visão clássica da ocupação espacial dos corpos, ao provar que dois corpos, com massa pequena e velocidade igual à velocidade da luz no vácuo, podem ocupar o mesmo espaço ao mesmo tempo.

Assinale a alternativa correta.

- a) Somente a afirmativa I é verdadeira.
- b) Somente as afirmativas I e II são verdadeiras.
- c) Somente a afirmativa II é verdadeira.
- d) Somente as afirmativas I e III são verdadeiras.
- e) Todas as afirmativas são verdadeiras.

#### 08 - (UEL PR/2017)

O tempo nada mais é que a forma da nossa intuição interna. Se a condição particular da nossa sensibilidade lhe for suprimida, desaparece também o conceito de tempo, que não adere aos próprios objetos, mas apenas ao sujeito que os intui.

(KANT, I. Crítica da razão pura. Trad. Valério Rohden e Udo Balduur Moosburguer.

São Paulo: Abril Cultural, 1980. p.47. Coleção Os Pensadores.)

A questão do tempo sempre foi abordada por filósofos, como Kant. Na física, os resultados obtidos por Einstein sobre a ideia da “dilatação do tempo” explicam situações cotidianas, como, por exemplo, o uso de GPS.

Com base nos conhecimentos sobre a Teoria da Relatividade de Einstein, assinale a alternativa correta.

- a) O intervalo de tempo medido em um referencial em que se empregam dois cronômetros e dois observadores é menor do que o intervalo de tempo próprio no referencial em que a medida é feita por um único observador com um único cronômetro.

- b) Considerando uma nave que se movimenta próximo à velocidade da luz, o tripulante verifica que, chegando ao seu destino, o seu relógio está adiantado em relação ao relógio da estação espacial da qual ele partiu.
- c) As leis da Física são diferentes para dois observadores posicionados em sistemas de referência inerciais, que se deslocam com velocidade média constante.
- d) A dilatação do tempo é uma consequência direta do princípio da constância da velocidade da luz e da cinemática elementar.
- e) A velocidade da luz no vácuo tem valores diferentes para observadores em referenciais privilegiados.

**TEXTO: 1 - Comum à questão: 09**

Use, quando necessário,  $g = 10 \text{ m/s}^2$ ,  $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$ ,  $1 \text{ eV} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ J}$ ,  $m_e = 9,1 \times 10^{-31} \text{ Kg}$ .

**09 - (UFJF MG/2015)**

Na Teoria da Relatividade de Einstein, a energia de uma partícula é calculada pela expressão  $E = mc^2$ , onde  $m = m_e / \sqrt{1 - (v/c)^2}$ . Em um microscópio eletrônico de varredura, elétrons são emitidos com energia de  $8,0 \times 10^5 \text{ eV}$  para colidir com uma amostra de carbono que se encontra parada. Calcule o valor da velocidade dos elétrons emitidos.

- a)  $2,31 \times 10^8 \text{ m/s}$
- b)  $4,73 \times 10^8 \text{ m/s}$
- c)  $1,11 \times 10^6 \text{ m/s}$
- d)  $2,31 \times 10^4 \text{ m/s}$
- e)  $1,11 \times 10^4 \text{ m/s}$

**TEXTO: 2 - Comum à questão: 10**

Quando precisar use os seguintes valores para as constantes: Aceleração da gravidade:  $10 \text{ m/s}^2$ .

$1,0 \text{ cal} = 4,2 \text{ J} = 4,2 \times 10^7 \text{ erg}$ . Calor específico da água:  $1,0 \text{ cal/g.K}$ . Massa específica da água:  $1,0 \text{ g/cm}^3$ .

Massa específica do ar:  $1,2 \text{ kg/m}^3$ . Velocidade do som no ar:  $340 \text{ m/s}$ .

**10 - (ITA SP/2016)**

Enquanto em repouso relativo a uma estrela, um astronauta vê a luz dela como predominantemente vermelha, de comprimento de onda próximo a  $600 \text{ nm}$ . Acelerando sua nave na direção da estrela, a luz será vista como predominantemente violeta, de comprimento de onda próximo a  $400 \text{ nm}$ , ocasião em que a razão da velocidade da nave em relação à da luz será de

- a)  $1/3$ .
- b)  $2/3$ .

- c)  $4/9$ .
- d)  $5/9$ .
- e)  $5/13$ .



## APÊNDICE C – TEXTO AUTORAL SOBRE COSMOLOGIA:

### COSMOLOGIA

#### 1. INTRODUÇÃO

Dentro da Física Contemporânea a Cosmologia é um tema relevante e interessante devido a seu objeto de estudo que é Origem, Estrutura e Evolução do Universo. A abordagem de tópicos relacionados à Física mais recente, no Ensino Médio, pode ser um fator atrativo para o aluno, pois esses temas são divulgados pela mídia todos os dias e tornam-se dessa forma mais significativos na vida do estudante. Ademais, o estudo de temas contemporâneos e que impulsionam a evolução tecnológica podem despertar nos alunos o desejo de estudar Ciências Exatas.

#### 2. HISTÓRICO E MOTIVAÇÃO PARA A CONSTRUÇÃO DE UM TEXTO, AUTORAL SOBRE COSMOLOGIA:

O texto que se segue foi construído com o intuito de discutir temas como **Buracos Negros, Teoria da Relatividade Geral, Matéria Escura, Energia Escura e Ondas Gravitacionais** em uma linguagem que seja mais acessível ao aluno de Ensino Médio. Esse texto, autoral, faz parte do Produto Educacional, composto por uma Sequência Didática que será aplicada em uma turma de 3º Ano de Ensino Médio da Educação Básica do Distrito Federal, em uma Escola Privada localizada na cidade do Guará I (Distrito Federal). A turma, composta de 40 alunos do 3º Ano, estudou ao longo do Ensino Médio temas como Leis de Kepler, Gravitação Universal (Newton) e Relatividade Restrita. Além disso, é importante citar que o texto tem como objetivo principal despertar o interesse pelas Ciências Exatas.

#### 3. UM DESPERTAR PARA A COSMOLOGIA

Para iniciar nosso estudo de Cosmologia que é o ramo da Física que estuda a origem e evolução do Universo, iremos, primeiramente, fazer um pequeno resumo sobre a teoria da Relatividade. É importante, para o estudante, revisar os tópicos de Gravitação Universal (de Newton) e Leis de Kepler.

Após várias tentativas frustradas para se tentar comprovar a existência do Éter, como, por exemplo, os famosos experimentos (interferômetro ótico) realizados em 1881 por A. A. Michelson e em 1887, novamente por Michelson e E. W. Morley, ficou comprovado que o Éter não existia e que as equações do Eletromagnetismo (Equações de Maxwell) estavam corretas<sup>1</sup>.

Como consequência desses fatos, a relatividade Galieana e Newtoniana não se adequaria para explicar a constância das ondas eletromagnéticas viajando a velocidade  $c$  para qualquer referencial.

$$c = 3.10^8 \text{ m/s (v\u00e1cuo)}$$

J\u00e1 que a velocidade da luz \u00e9 a mesma em todos os sistemas inerciais, independentemente do movimento relativo da fonte e do observador, conclu\u00eda-se que a Mec\u00e2nica Cl\u00e1ssica necessitava de modifica\u00e7\u00f5es.

Coube ao jovem cientista alem\u00e3o, Albert Einstein, em 1905, em seu trabalho “*Sobre a Eletrodin\u00e2mica de Corpos em Movimento*”, a solu\u00e7\u00e3o para a quest\u00e3o em aberto na Mec\u00e2nica Cl\u00e1ssica. Em seu trabalho ele escreveu:

[...] nenhuma propriedade dos fatos observados corresponde ao conceito de repouso absoluto;... para todos sistemas de coordenadas para os quais valem as equa\u00e7\u00f5es da Mec\u00e2nica, valem tamb\u00e9m as equa\u00e7\u00f5es equivalentes da Eletrodin\u00e2mica e \u00d3tica ... A seguir n\u00f3s fizemos estas suposi\u00e7\u00f5es (que chamaremos subsequentemente de Princ\u00edpio da Relatividade) e introduzimos uma hip\u00f3tese adicional – uma suposi\u00e7\u00e3o que \u00e9, \u00e0 primeira vista, bastante irreconcili\u00e1vel com a anterior – que a luz se propaga no v\u00e1cuo com a velocidade  $c$ , independentemente da natureza do movimento do corpo que a emite. Estas duas hip\u00f3teses s\u00e3o bastante suficientes para nos dar uma teoria simples e consistente da Eletrodin\u00e2mica dos corpos em movimento, baseada na teoria Maxwelliana para os corpos em repouso.

O resumo da teoria da Relatividade Restrita proposta por Einstein pode ser expresso por dois postulados<sup>2</sup>:

***1\u00b0) As leis da F\u00edsica s\u00e3o as mesmas em todos os sistemas inerciais. N\u00e3o existe nenhum sistema inercial preferencial. (O Princ\u00edpio da Relatividade).***

***2\u00b0) A velocidade da luz no v\u00e1cuo tem o mesmo valor  $c$  em todos os sistemas inerciais. (O Princ\u00edpio da Const\u00e2ncia da Velocidade da Luz).***

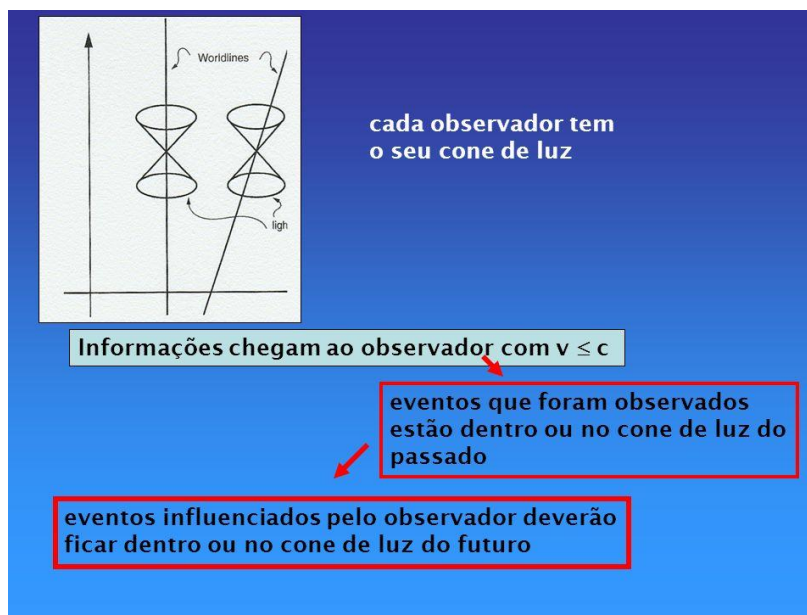
<sup>1</sup> De acordo com os estudos da \u00e9poca a ideia seria medir a velocidade da luz para diferentes sistemas inerciais (obtendo diferentes valores) e a obten\u00e7\u00e3o do valor  $c$  para o sistema \u00c9ter. Por\u00e9m, os resultados obtidos mostraram a n\u00e3o exist\u00eancia de tal meio.

<sup>2</sup> Introdu\u00e7\u00e3o \u00e0 Relatividade Especial, Robert Resnick, p\u00e1g. 39,1968.

Através desses postulados, pode-se notar que as equações de Galileu e Newton não poderiam explicar a covariância das leis Físicas (a invariância quanto à forma). Dessa maneira, Einstein, utilizou-se das transformações de Lorentz e a ideia de tempo absoluto foi totalmente descartada. O tempo se torna dependente do sistema de referência, da mesma forma que o espaço.

Em sua teoria ele descreve que espaço e tempo dependem do sistema de coordenadas, que pode ser expresso por vetores, escalares e tensores. Esse espaço-tempo é descrito por um quadrivetor  $(x, y, z \text{ e } t)$ . Note que  $x, y$  e  $z$  referem-se às coordenadas espaciais e  $t$  ao tempo.

Esse espaço quadridimensional plano, conhecido como espaço de Minkowski<sup>3</sup>, é o espaço onde foi construída a teoria da Relatividade Restrita de Einstein. Na teoria da Relatividade Restrita, como se pode observar o espaço e o espaço-tempo são considerados planos.



Fonte: <http://slideplayer.com.br/369901/2/images/2/cada+observador+tem+o+seu+cone+de+luz.+Informa%C3%A7%C3%B5es+chegam+ao+observador+com+v+%EF%82%A3+c.+eventos+que+foram+observados..jpg>

Na Teoria da Relatividade Geral (TRG) o espaço quadridimensional pode apresentar-se curvo devido à ação da Gravidade. Um corpo de massa  $M$  que se encontra num espaço curvo poderá mover-se devido à curvatura. De forma análoga, pelas leis de Newton, um corpo de massa  $M$  que sofre a ação de um campo de força poderá entrar em movimento também. Se o

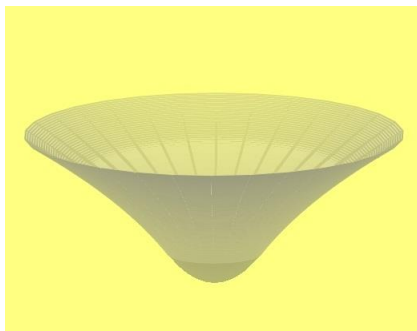
<sup>3</sup> Hermann Minkowski (1864-1909), foi um matemático alemão de ascendência judia-lituana, que criou e desenvolveu a geometria dos números e que usou métodos geométricos para resolver problemas difíceis em teoria dos números, física matemática e teoria da relatividade. ([www.jinfo.org](http://www.jinfo.org))

corpo estiver em um espaço plano ele tenderá a não se mover ou manter seu movimento, de forma análoga à 1ª lei de Newton.

Quando Einstein formulou a TRG, que é uma teoria de campos, ele utilizou a matemática tensorial<sup>4</sup> do matemático alemão Georg Friedrich Bernhard Riemann (1826-1866). Com essa matemática ele podia explicar os efeitos provocados pela gravidade no espaço-tempo em várias dimensões. As equações da TRG, de Einstein podem ser definidas da seguinte forma (qualitativa):

$$\textit{curvatura do espaço-tempo} = \textit{constante} \times \textit{matéria-energia}.$$

Além da formulação descrita acima, é importante citar que a Teoria da Relatividade Geral (TRG) já foi descrita por vários modelos matemáticos. Como exemplo, podemos citar o modelo proposto pelo astrônomo alemão, Karl Schwarzschild (1873-1916). Nesse modelo ele propõe uma métrica do espaço-tempo em uma região externa a uma superfície esférica e simétrica de massa  $M$ . O modelo de Schwarzschild aplica-se, por exemplo, ao caso da Terra girando em torno do Sol, e pode ser considerado como evolução ao modelo proposto por Newton para a Gravitação Universal.



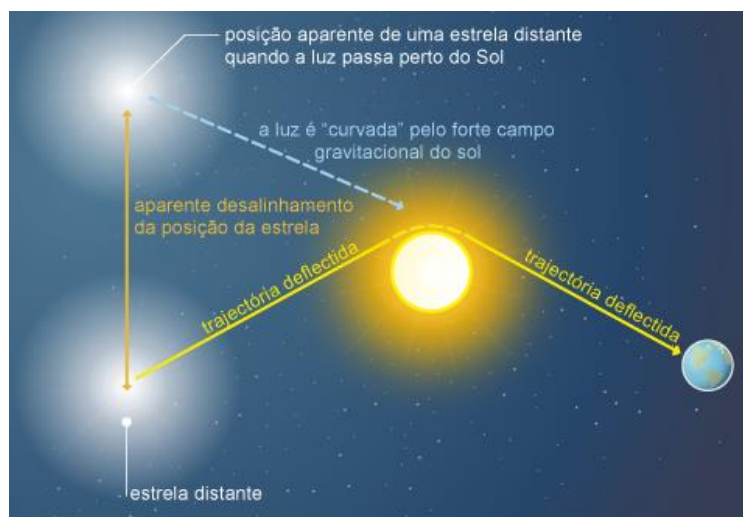
Fonte: <http://www.fisica.ufmg.br/dsoares/esptmp/schwarzschild.jpg>

(Representação bidimensional da seção espacial do espaço-tempo de Schwarzschild. Um desafio: tente imaginar o espaço 3D, equivalente ao 2D mostrado aqui, imerso num sistema de coordenadas espaciais 4D)

Através da métrica proposta por Schwarzschild, podemos explicar fenômenos como a deflexão da luz ao passar próxima a corpos de massa  $M$  e a lente gravitacional que é também

<sup>4</sup> Tensores: Um tensor é uma entidade matemática que possui em cada ponto do espaço  $n^m$  componentes, onde  $n$  é o número de dimensões do espaço e  $m$  é a ordem do tensor. Desta forma, podemos dizer que o *escalar* é um tensor de ordem 0 — portanto, tem 1 componente — e o *vetor* é um tensor de ordem 1 — tem  $n$  componentes. Os tensores utilizados na TRG são tensores de ordem  $m = 0, 1$  e  $2$  e o “espaço” é o espaço-tempo de  $n=4$  dimensões (três coordenadas espaciais e uma coordenada temporal).

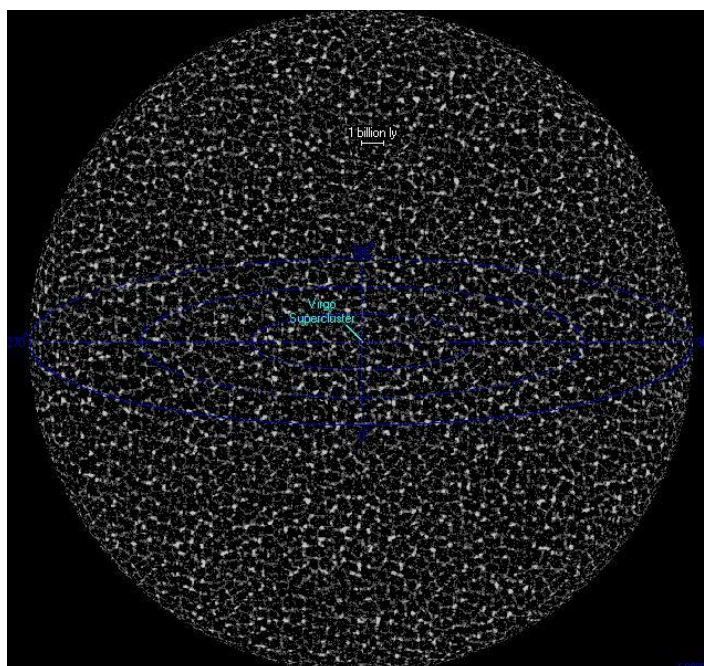
uma consequência da deflexão da luz. O fenômeno da lente gravitacional explica, por exemplo, miragens e amplificação da intensidade luminosa.



Fonte: <http://e-escola.tecnico.ulisboa.pt/mgallery/default.asp?obj=6691>

A métrica de Scharzschild é também responsável pela discussão de fenômenos como a radiação gravitacional e os buracos negros. Mas vale ressaltar que a métrica de Scharzschild é válida para o vácuo e não é utilizada para o modelo Cosmológico Moderno ou completo. Nesse modelo atual (chamado de completo), utilizam-se fontes de matéria e radiação para explicar o modelo de universo. Além disso, é importante citar que esse modelo completo não tem, ainda, comprovação experimental.

Nesse modelo atual de Universo (ou modelo padrão), utilizam os conceitos de matéria escura e energia escura e a concepção de um universo homogêneo e isotrópico.





(Imagem do Universo em grande escala, homogêneo).

Fonte: <http://astronomia.blog.br/wp-content/uploads/2007/02/200710artigofigura5.jpg>

## Modelos Cosmológicos

Em 1917, logo após a publicação da Teoria Geral da Relatividade (1905), Einstein, escreve um artigo “*Considerações cosmológicas relacionadas à teoria da relatividade geral*” onde ele inicia um caminho de modelos cosmológicos baseados na TGR. Nesse modelo ele introduz uma constante  $\Lambda$ , denominada constante cosmológica, às equações completas em que ele concebe um universo estático. Seu modelo foi bem aceito na época e serviu de motivação para modelos posteriores.

Após isso, o físico, meteorologista e cosmólogo russo Aleksandrovich Friedmann (1888-1925), publica um trabalho em 1922 com o título “*Sobre a curvatura do espaço*”. Nesse trabalho, ele resolve as equações de Einstein, com a hipótese de um universo homogêneo e isotrópico<sup>5</sup> e obtém um modelo de curvatura do espaço positiva (espaço esférico) com fases de expansão e contração. Note que no modelo proposto por Friedmann, o universo isotrópico e homogêneo não está em uma escala próxima ao sistema solar ou a nossa galáxia, mas em uma escala bem maior.

Por meio do modelo Cosmológico de Friedmann, algumas perguntas surgiram:

***O universo teve um início?***

***Ele terá um fim?***

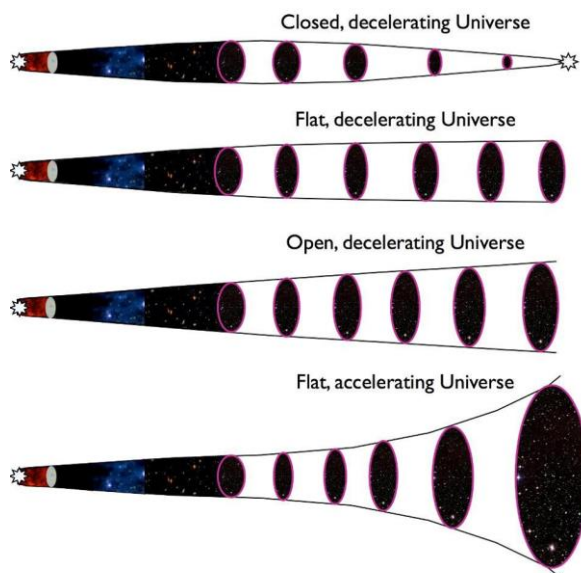
***O universo está expandindo, contraindo ou encontra-se estático?***

A resposta para essas questões, de acordo com o modelo de Friedmann, está na quantidade de matéria que compõe o Universo. Se essa quantidade for muito grande, a gravidade será suficiente para desacelerar o universo e contraí-lo, dessa forma aconteceria um momento em que toda essa matéria iria se juntar (Big Crunch). Porém, se essa quantidade de matéria não for suficiente para gerar a desaceleração, a tendência do universo seria a

---

<sup>5</sup> O modelo de universo homogêneo e isotrópico ficou conhecido como Princípio Cosmológico.

expansão. E, caso a quantidade fosse o valor exato para desacelerar e estabilizar a tendência do universo seria a estabilidade. Nesse modelo Friedmann, concebe o universo dinâmico, com um início. Veja a figura abaixo:

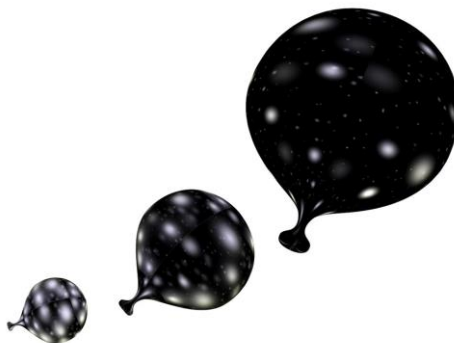


Fonte:

[https://universoracionalista.org/wpcontent/uploads/2017/07/20196743\\_338190049936068\\_1973038151\\_n.png](https://universoracionalista.org/wpcontent/uploads/2017/07/20196743_338190049936068_1973038151_n.png)

A descoberta de Edwin Hubble, em 1929, trouxe novas informações a respeito do modelo de universo. Ele descobriu, por meio de observações astronômicas, que galáxias estavam se afastando da via láctea e que quanto mais distantes elas estavam, mais rápido elas se afastavam de nós. Essa descoberta foi importante para reforçar a ideia de um universo em expansão e desabilitar o modelo de universo estático.

Se o universo está em expansão, então, em um passado bem remoto toda a matéria estava bem próxima, e em um passado mais remoto ainda toda ela estava concentrada em um ponto no espaço. O modelo do Big Bang, aceito atualmente, usa essa ideia, de que no início do universo toda a matéria estava concentrada em uma unidade primordial e que após uma grande explosão começou a expansão.



Fonte: <http://nautilus.fis.uc.pt/astro/hu/viag/images/imagem37.jpg>

(Modelo de universo em expansão. Imaginemos uma que o universo seja uma bexiga e que todas as galáxias e matéria estão na superfície dessa bexiga. À medida que o universo se expande o espaço entre as galáxias aumenta.)

Outra descoberta importante que pode ajudar a explicar a evolução do universo foi feita pelo físico suíço, Fritz Zwicky, em 1933. Ao observar a rotação de galáxias pertencentes ao aglomerado de Coma, ele percebeu que a rotação não correspondia com a massa das estrelas que compunham a galáxia. Sabendo da distância que elas se encontravam e suas massas a velocidade deveria ser menor. Para explicar a velocidade de rotação que era maior que a observada ele supôs que deveria haver uma matéria extra que não poderia ser vista (não emitia radiação em nenhum espectro conhecido). Essa matéria extra foi batizada de **Matéria Escura**.

Pela Teoria da Relatividade Geral, já sabemos que grandes corpos podem provocar deformações no tecido espacial. Quando a luz de estrelas passa próxima a grandes concentrações de massa (como a matéria escura, por exemplo), a luz sofre desvios. Esses desvios já foram detectados por meio de observações astronômicas, porém, a matéria escura ainda não foi detectada. Esse fenômeno de desviar a luz ao passar por grandes concentrações de massa forneceu um forte indício da existência de tal matéria e recebeu o nome de **lente gravitacional**.

## A teoria do Big Bang

A teoria de uma célula primordial foi proposta em 1930, por um padre belga, Georges Lemaître, professor da Universidade Católica de Louvain. Nesse modelo ele propõe, que em um tempo inicial a célula primordial concentrava toda a matéria e energia do universo e, a partir daí iniciou-se o tempo com a grande explosão. Após essa explosão a matéria encontrava-se,

após um processo de decaimento, em altíssimas temperaturas e densidade, e era composta de prótons, elétrons e nêutrons imersos em radiação. Após esse estágio inicial do universo, foram se formando, com o resfriamento, os primeiros elementos (Hidrogênio e Hélio). Os elementos mais pesados, como o carbono, por exemplo, foram formados posteriormente, nas primeiras estrelas.

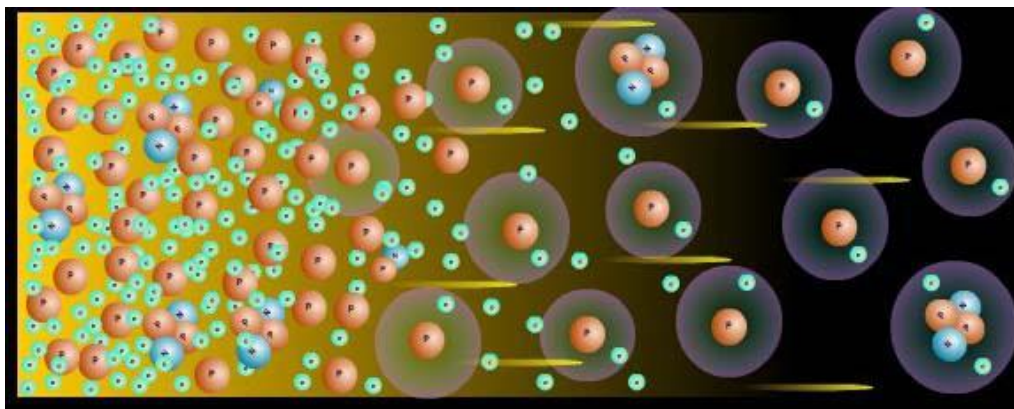
Após a descoberta da radiação cósmica de fundo, pelos físicos Arno Penzias e Robert Wilson, o modelo do Big Bang ganhou força, considerando que a radiação de fundo é uma radiação do início do universo. Essa radiação do universo primordial foi prevista pelo físico ucraniano, George Gamow. Gamow retomou o trabalho de Lemaître, do Big Bang, e fez estudos sobre a “sopa primordial” que era composta por matéria e radiação.

Com a descoberta da radiação cósmica de fundo, que pode ser detectada em qualquer ponto do universo e possui comportamento de radiação de corpo negro de 2,7 K, o modelo do Big Bang passou a ser mais aceito do que o modelo de universo estacionário.

Nesse período inicial, que durou, por volta de 370000 anos, a matéria encontrava-se “misturada” com a radiação em altíssimas temperaturas e densidade. Com o resfriamento começou a ocorrer a chamada **Era de Recombinação** e a separação entre matéria e radiação, pois os fótons já não tinham mais energia suficiente para manter os elementos separados. Na Recombinação a matéria começou a se juntar e formar os primeiros elementos (Hidrogênio e depois o Hélio).

Com a Recombinação (ver figura abaixo), a radiação passou a ser emitida para todo o cosmos. A radiação cósmica de fundo é uma constatação dessa radiação primordial que começou a vagar após a recombinação.

O universo atual possui, aproximadamente, 14 bilhões de anos e essas medidas de radiação dão informações sobre sua formação.



Fonte: [https://i0.wp.com/www.universeadventure.org/big\\_bang/images/cmb-decoupling.jpg](https://i0.wp.com/www.universeadventure.org/big_bang/images/cmb-decoupling.jpg)

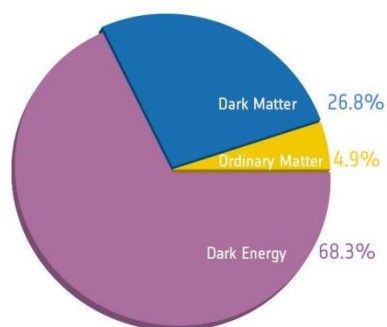
Estudos recentes a respeito das flutuações de temperatura da radiação cósmica de fundo revelam um universo plano, porém, para se explicar a teoria do universo plano, e conseqüentemente, voltar com a constante cosmológica proposta por Einstein, o universo teria duas possibilidades de evolução. Se a constante cosmológica fosse considerada negativa ele iria se contrair e em caso da constante ser positiva, o universo iria se expandir aceleradamente, entretanto, com as medidas cada vez mais precisas a respeito das flutuações de temperatura da radiação cósmica de fundo, foi necessária outra explicação para o universo plano.

Uma teoria que surgiu para explicar o universo plano foi a da **Inflação Cósmica**. Nessa teoria, em um instante  $10^{-38}$  s após o surgimento do universo, houve uma grande expansão do universo em  $10^{26}$  no seu tamanho. Essa expansão exponencial aconteceu, de acordo com a teoria, devido à separação entre as forças fundamentais da natureza, a força forte e a força eletrofraca. Nessa separação houve grande liberação de energia e, com isso, a inflação cósmica. Com a teoria da inflação cósmica, pode se explicar a planura do universo e a interação entre a radiação emitida após o período de recombinação, pois os modelos que se tinham antes não conseguiam explicar homogeneidade da temperatura medida do universo (radiação cósmica de fundo). Contudo, essas oscilações de temperatura oriundas das oscilações no plasma primordial geraram perturbações no tecido do espaço tempo originando **ondas gravitacionais**. Essas ondas gravitacionais que podem ser geradas de outras formas vêm sendo procuradas com o intuito de se comprovar a teoria da inflação cósmica e, também com o objetivo de explicar a origem e evolução do cosmos.

O Modelo Cosmológico Padrão ( $\Lambda$ CDM,  $\Lambda$  constante cosmológica de Einstein, CDM – matéria escura fria), utiliza a Teoria Geral da Gravidade como base para suas formulações e, também, utiliza a constante cosmológica proposta por Einstein ( $\Lambda$ ), para explicar a expansão acelerada do universo e também a matéria escura (que ainda não foi detectada) e a, recentemente introduzida na teoria, Energia Escura, usada para explicar, também a expansão acelerada do universo. A Energia Escura, ainda não foi detectada e existem muitos trabalhos na busca de se tentar detectar esses elementos que, segundo os cientistas, compõem a maior parte do universo. A matéria bariônica (formada por átomos), segundo os modelos atuais, é responsável por apenas 4,9% do universo que conhecemos, sendo 68,3% do universo composto por Energia Escura e 26,8% composto de Matéria Escura. Com o advento da Mecânica Quântica, a teoria da Energia Escura ganhou força e um enorme esforço vem sendo feito no intuito de tentar detectá-la.



### *Composição do Universo*



Fonte: <http://astropt.org/blog/wp-content/uploads/2013/10/planck.png>

## BIBLIOGRAFIA

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Educação. Ensino a Distância. **Cosmologia**: da origem ao fim do universo. Módulo 01. Brasília: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, Observatório Nacional, 2015.

HAWKING, Stephen. **O universo numa casca de noz**. Tradução de Cássio de Arantes Leite. Rio de Janeiro: Intrínseca, 2001.

RESNICK, Robert. **Introdução à Relatividade Especial**. Tradução Shigeo Watanabe. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1971.

SANTOS, Larissa. **O Universo Escuro**: de Ptolomeu a ondas gravitacionais. Brasília: Kiron, 2016.

SCHUTZ, Bernard. **A First Course in General Relativity**. 2<sup>nd</sup> ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2009.

SOARES, Domingos. Espaço e espaço-tempo nas teorias relativas. **Texto & Notícias**, UFMG, 2013. Disponível em: <<http://www.fisica.ufmg.br/dsoares/esptmp/esptmp.htm>>. Acesso em 17 nov. 2017.

SOARES, Domingos. Os primeiros passos na cosmologia relativista. **Texto & Notícias**, UFMG, 2012. Disponível em: <<http://www.fisica.ufmg.br/dsoares/ensino/cosmrel/ppcosmrel.htm>>. Acesso em: 17 nov. 2017.

Site:

[https://midia.atp.usp.br/ensino\\_novo/relatividade/ebooks/escalares\\_vetores\\_tensores\\_lorentz.pdf](https://midia.atp.usp.br/ensino_novo/relatividade/ebooks/escalares_vetores_tensores_lorentz.pdf) (visitado em 15/11/2017).

## APÊNDICE D – QUESTIONÁRIOS DE OPINIÃO 1 E 2

### QUESTIONÁRIO DE OPINIÃO 1

Prezado Aluno (a).

Este questionário enquadra-se numa investigação no âmbito de uma dissertação de Mestrado em Ensino de Física, realizada no Instituto de Física na Universidade de Brasília – UnB. Os resultados obtidos serão utilizados apenas para fins académicos (dissertação de Mestrado), sendo realçado que as respostas dadas representam apenas a sua opinião individual.

O questionário é anónimo, sendo assim não coloque sua identificação em nenhuma das folhas e nem assine o questionário.

Não existem respostas certas ou erradas. Por isso solicitamos que responda de forma espontânea e sincera a todas as questões. Na maioria das questões apenas assinale com um X a sua opção de resposta.

Obrigado pela sua colaboração.

1. Idade: \_\_\_\_\_

2. Sexo:

( ) Masculino

( ) Feminino

Responda numa escala de 1 (sim) a 5 (muito pouco), qual o seu grau de concordância com cada uma das perguntas seguintes:

Pergunta	1 - Sim	2	3	4	5 - Muito pouco
1 – Na sua opinião a utilização de Tópicos de Cosmologia como instrumento motivador de ensino ajudou você a ampliar seus conhecimentos sobre Gravitação e Relatividade?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2 – Sobre os conteúdos abordados, você os considera relevantes para o dia a dia?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3 – Sobre o texto a respeito de Cosmologia, ele estava em uma linguagem acessível para o estudante do Ensino Médio?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4 – Em relação ao material pedagógico adotado pela escola, o uso de textos, artigos e vídeos podem ajudar na aprendizagem como material de apoio?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5 – Na sua opinião, o ensino de tópicos de Cosmologia pode ser utilizado como material pedagógico por outros professores ou escolas no Ensino Médio?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6 - Comparando a uma aula tradicional, a sequência didática utilizada (Pré – Teste, Leitura do texto, Aula Expositiva com vídeos, imagens, aplicativos e Pós – Teste) facilitou a aprendizagem do tema?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

## QUESTIONÁRIO DE OPINIÃO 2

Prezado Aluno (a).

Este questionário enquadra-se numa investigação no âmbito de uma dissertação de Mestrado em Ensino de Física, realizada no Instituto de Física na Universidade de Brasília – UnB. Os resultados obtidos serão utilizados apenas para fins académicos (dissertação de Mestrado), sendo realçado que as respostas dadas representam apenas a sua opinião individual.

O questionário é anónimo, sendo assim não coloque sua identificação em nenhuma das folhas e nem assine o questionário.

Não existem respostas certas ou erradas. Por isso solicitamos que responda de forma espontânea e sincera a todas as questões. Na maioria das questões apenas assinale com um X a sua opção de resposta.

Obrigado pela sua colaboração.

1. Idade: \_\_\_\_\_

2. Sexo:

( ) Masculino

( ) Feminino

Responda numa escala de 1 (sim) a 5 (muito pouco), qual o seu grau de concordância com cada uma das perguntas seguintes:



<b>Pergunta</b>	<b>1 - Sim</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5 - Muito pouco</b>
1 – Na sua opinião, o texto produzido a respeito de Cosmologia ficou muito grande?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2 – Na sua opinião, a linguagem utilizada foi adequada para estudantes do Ensino Médio?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3 – Na sua opinião, a utilização de material de apoio (como o texto, por exemplo), pode auxiliar nas aulas?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4 – Na sua opinião, o envio de material de suporte para as aulas através de app's foi proveitoso para melhor aproveitamento das aulas?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**APÊNDICE E - TCLE****TERMO DE AUTORIZAÇÃO DE USO DE IMAGEM E DEPOIMENTOS**

\_\_\_\_\_, RG \_\_\_\_\_, depois de conhecer e entender os objetivos, procedimentos metodológicos, riscos e benefícios da pesquisa, bem como de estar ciente da necessidade do uso de depoimentos e atividades produzidos durante as aulas, **AUTORIZO** o uso de produção intelectual, como também, todo e qualquer material entre testes e outros documentos, para ser utilizada em Dissertação de Mestrado e todos os demais produtos deste trabalho, desenvolvido pelos pesquisadores **Marcos de Oliveira Mendonça** e **Profª Drª Vanessa Carvalho de Andrade** do projeto de pesquisa intitulado “**Abordagem de temas de Cosmologia para o Ensino Médio**” da **Universidade de Brasília – UnB**, a realizar as atividades que se façam necessárias e/ou a colher meu depoimento sem quaisquer ônus financeiros a nenhuma das partes. Ao mesmo tempo, libero a utilização destas atividades, produção intelectual e/ou depoimentos para fins científicos e de estudos (livros, artigos, slides e transparências), em favor dos pesquisadores da pesquisa, acima especificados, obedecendo ao que está previsto nas Leis que resguardam os direitos das crianças e adolescentes (Estatuto da Criança e do Adolescente – ECA, Lei N.º 8.069/ 1990), dos idosos (Estatuto do Idoso, Lei N.º 10.741/2003) e das pessoas com deficiência (Decreto Nº 3.298/1999, alterado pelo Decreto Nº 5.296/2004).

Brasília, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2017

\_\_\_\_\_  
Pesquisador responsável pelo projeto

\_\_\_\_\_  
Sujeito da Pesquisa

## TERMO DE AUTORIZAÇÃO DE USO DE IMAGEM E DEPOIMENTOS

Eu \_\_\_\_\_, menor de idade, neste ato devidamente representado por meu/minha (responsável legal), \_\_\_\_\_ CPF: \_\_\_\_\_,

RG: \_\_\_\_\_, depois de conhecer e entender os objetivos, procedimentos metodológicos, riscos e benefícios da pesquisa, bem como de estar ciente da necessidade do uso de depoimentos e atividades produzidos durante as aulas. Autorizo o uso de produção intelectual, como também, todo e qualquer material entre testes e outros documentos, para ser utilizada em Dissertação de Mestrado e todos os demais produtos deste trabalho, desenvolvido pelos pesquisadores **Marcos de Oliveira Mendonça** e **Profª Drª Vanessa Carvalho de Andrade** do projeto de pesquisa intitulado “**Abordagem de temas de Cosmologia para o Ensino Médio**” da **Universidade de Brasília – UnB**, a realizar as atividades que se façam necessárias e/ou a colher meu depoimento sem quaisquer ônus financeiros a nenhuma das partes. Ao mesmo tempo, autorizo a utilização destas atividades, produção intelectual e/ou depoimentos para fins científicos e de estudos (livros, artigos e afins), em favor dos pesquisadores da pesquisa, acima especificados, obedecendo ao que está previsto nas Leis que resguardam os direitos das crianças e adolescentes (Estatuto da Criança e do Adolescente – ECA, Lei N.º 8.069/ 1990), dos idosos (Estatuto do Idoso, Lei N.º 10.741/2003) e das pessoas com deficiência (Decreto N.º 3.298/1999, alterado pelo Decreto N.º 5.296/2004).

Brasília, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2017

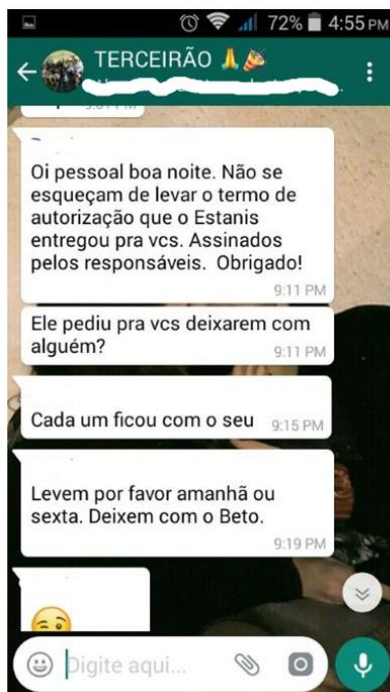
\_\_\_\_\_  
Responsável Legal.

\_\_\_\_\_  
Pesquisador responsável pelo projeto.

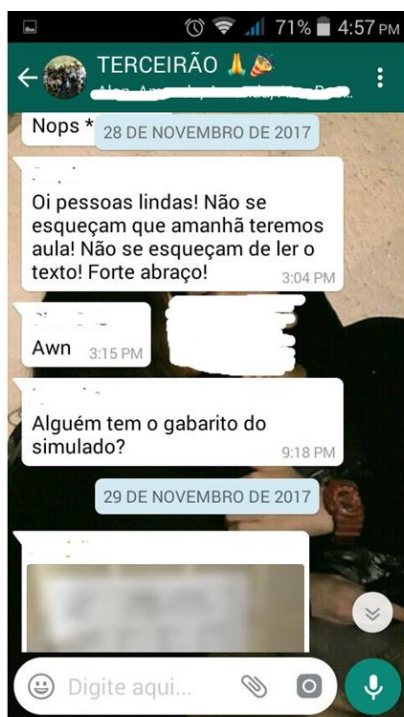
\_\_\_\_\_  
Orientador(a).

## APÊNDICE F – DIÁLOGOS ENTRE PROFESSOR E ESTUDANTES NO GRUPO “TERCEIRÃO” PELO APLICATIVO WHATSAPP:

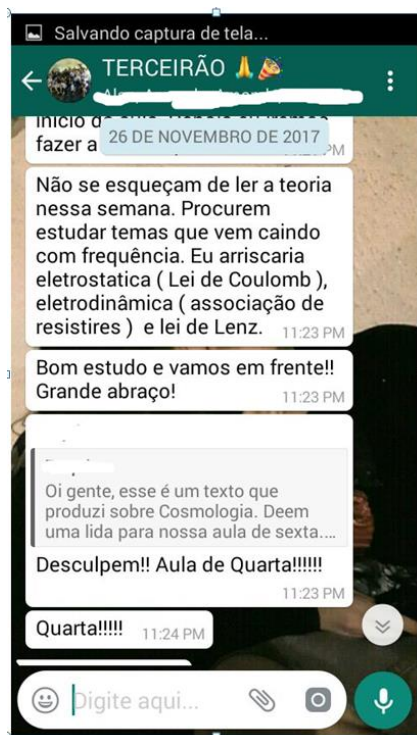
**Imagem 1 – Envio do Termo de Autorização de uso de Imagem**



**Imagem 2 – Leitura do texto para debate em sala**



**Imagem 3 – Lembrete para leitura do texto autoral sobre Cosmologia a ser explorado durante a aula e dicas para o PAS-3**



**Imagem 4 – Vídeos sobre Cosmologia e lista de exercícios relacionada ao ENEM**





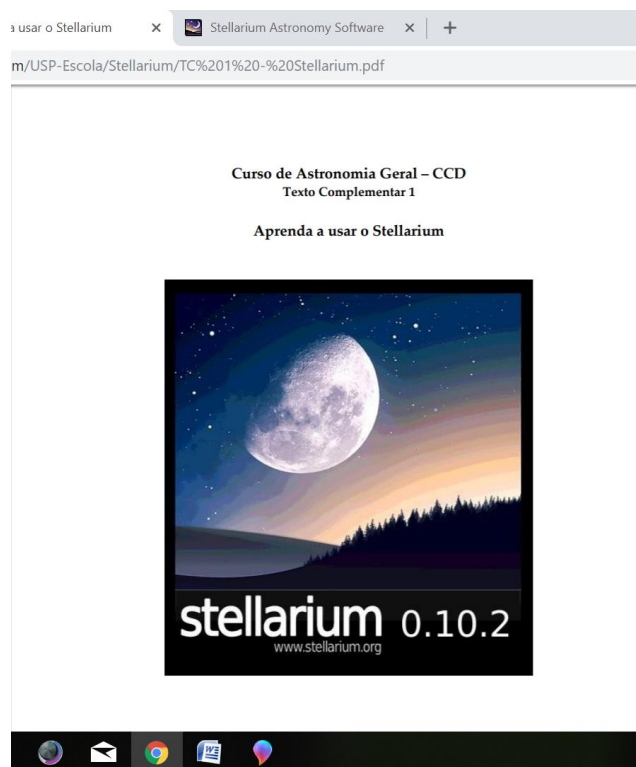
**Imagem 5 – Artigo sobre Cosmologia, Vídeo da Série Cosmos e lista do ENEM para serem trabalhados em sala.**



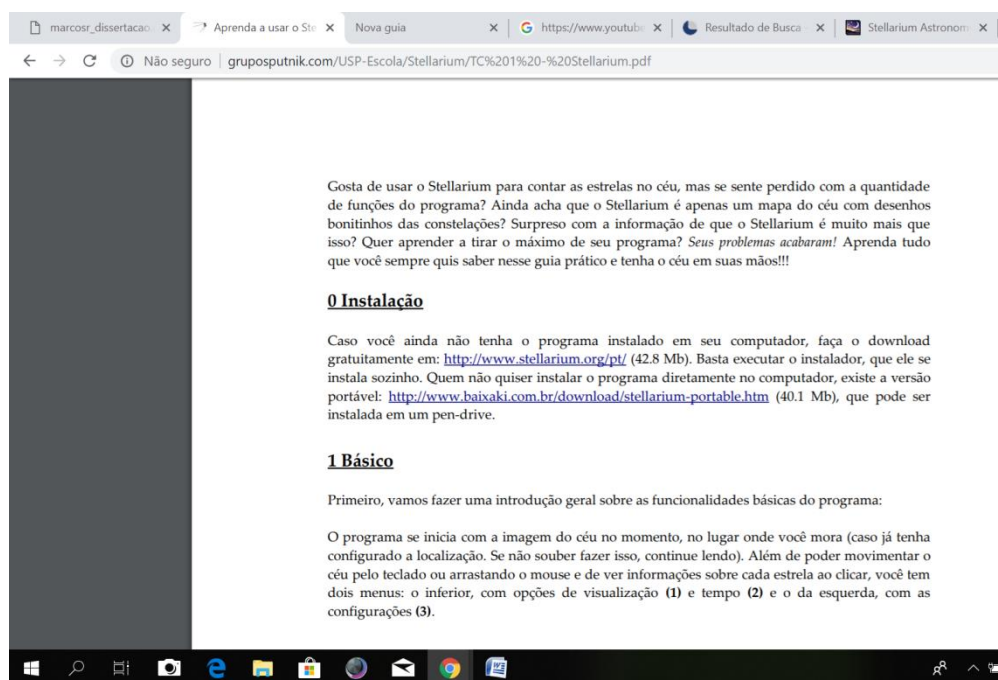
## ANEXO A – TUTORIAL DO SOFTWARE STELLARIUM

### TUTORIAL PARA USO E INSTALAÇÃO DO SOFTWARE STELLARIUM

**Figura 1 – Apresentação do material**



**Figura 2 – Orientações sobre Instalação e Manuseio.**




### Figura 3 – Explorando o menu inferior 01

prenda a usar o Stellarium x +

itnik.com/USP-Escola/Stellarium/TC%201%20-%20Stellarium.pdf

3 / 13



Se essa é sua primeira vez no Stellarium, essa é uma boa hora para você explorar o menu inferior (1) e descobrir os principais atalhos para alterar o que é mostrado na tela.

Vejamos em detalhes o menu de configurações (3):

**1.1 Janela de Localização [F6]**

Windows taskbar icons: File Explorer, Edge, Mail, Chrome, Word.

**Figura 4 – Escolhendo a localização e data desejadas**

o Stellarium x +

...P-Escola/Stellarium/TC%201%20-%20Stellarium.pdf

4 / 13

Localização

Informação sobre a posição actual

Latitude: S 23° 18' 0.00" Nome/Cidade: Jacarei

Longitude: W 45° 57' 36.00" País: Brazil

Altitude: 577 m Planeta: Earth

Utilizar como padrão

Eliminar Adicionar à lista

Aqui você escolhe o céu de que lugar será mostrado. Você pode escolher a cidade, escrever a latitude e longitude, ou ainda escolher diretamente no mapa. Pode ainda escolher outros planetas!

**1.2 Janela de Data e Tempo [F5]**

Data e Hora

2010 / 10 / 16 21 : 55 : 27

Adivinhe! Aqui você pode alterar a data e o horário da simulação. (essa janela é útil para quando você quer fazer simulações e ver imagens do céu em sucessivos dias, meses ou anos, mas numa mesma hora.)

**1.3 Céu e Opções de Janela [F4]**

Esse é o menu com mais opções, ele é dividido em 4 abas:

**1.3.1 Céu:**

Figura 5 – Escolhendo os astros que você deseja visualizar

im × +

a/Stellarium/TC%201%20-%20Stellarium.pdf

Ver

Céu Marcadores Paisagem Mitologia

**Estrelas**

Escala absoluta: 1,0

Escala relativa: 1,00

Criação: 0,2

Adaptação dinâmica do olho

**Planetas e satélites**

Mostrar planetas

Mostrar marcadores dos planetas

Mostrar órbitas dos planetas

Simular velocidade-luz

Ver a Luz à escala

**Atmosfera**

Ver atmosfera

Poluição visual: 3

**Etiquetas e marcadores**

Estrelas

Nebulosas

Planetas

**Estrelas cadentes**

Frequência horária no zênite: 0 10 60 1000 144000

Frequência normal

Em estrelas você pode alterar as escalas. Escala absoluta controla o número de estrelas a ser exibido na tela, você está alterando a magnitude máxima necessária para uma estrela aparecer. Escala relativa altera a relação entre o brilho das estrelas que já aparecem na tela: se reduzir o valor, verá uma infinidade de estrelas igualmente brilhantes e será impossível distinguir as mais brilhantes das mais fracas, se aumentar o valor, destacará muito as estrelas mais brilhantes.

Em planetas e satélites você pode decidir se quer mostrá-los ou não. Note a possibilidade de mostrar as órbitas dos planetas, usaremos esse recurso mais tarde.

Em atmosfera podemos descobrir como seria ver o céu sem a atmosfera nos atrapalhando, e sem perder o fôlego por causa disso! Também podemos controlar a poluição visual, e assim simular um céu mais "real" como vemos em nossas cidades...

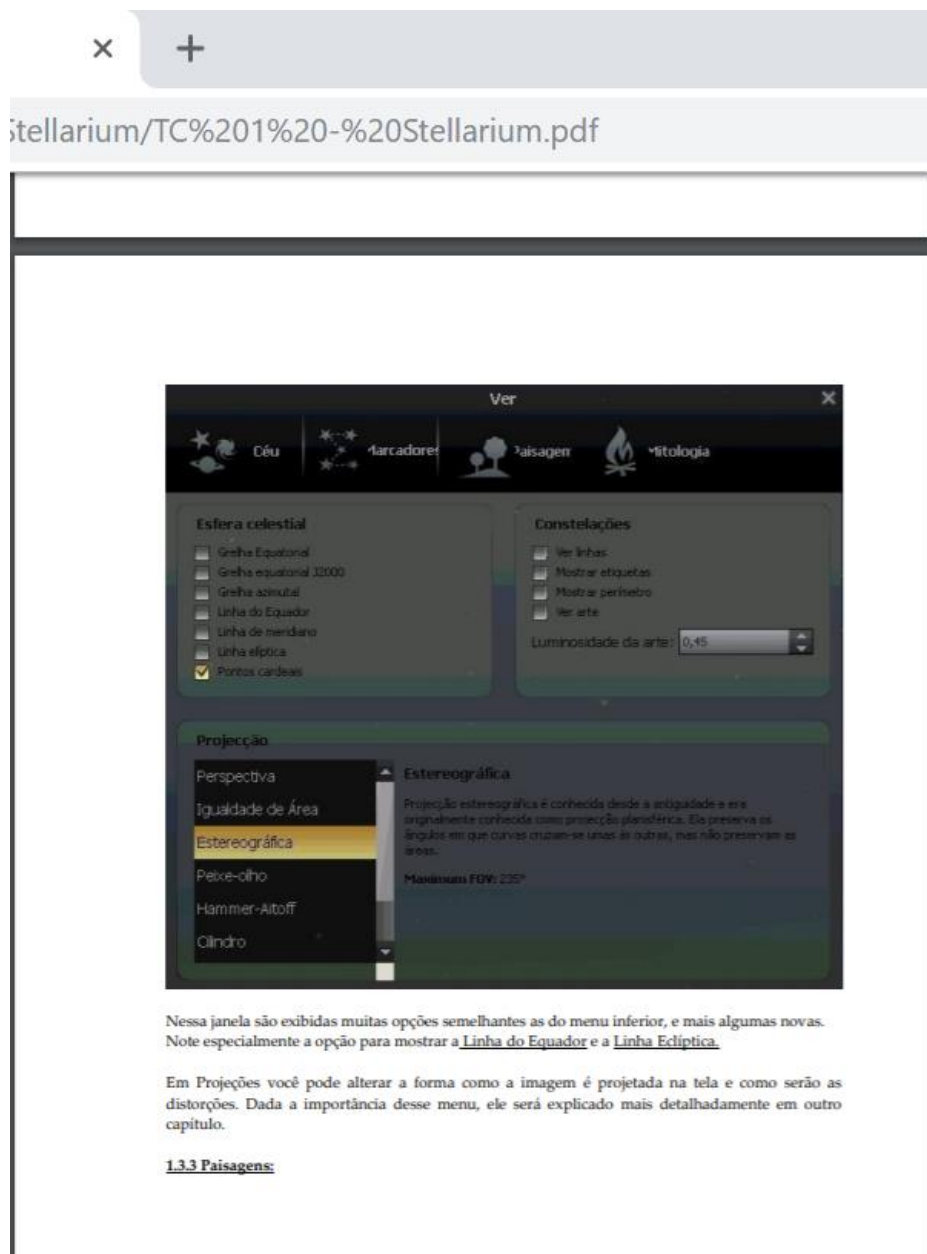
Em Etiquetas e marcadores pode regular quantas estrelas, nebulosas e planetas são mostrados.

Finalmente, em estrelas cadentes, pode simular uma chuva de meteoros!

**1.3.2 Marcadores:**

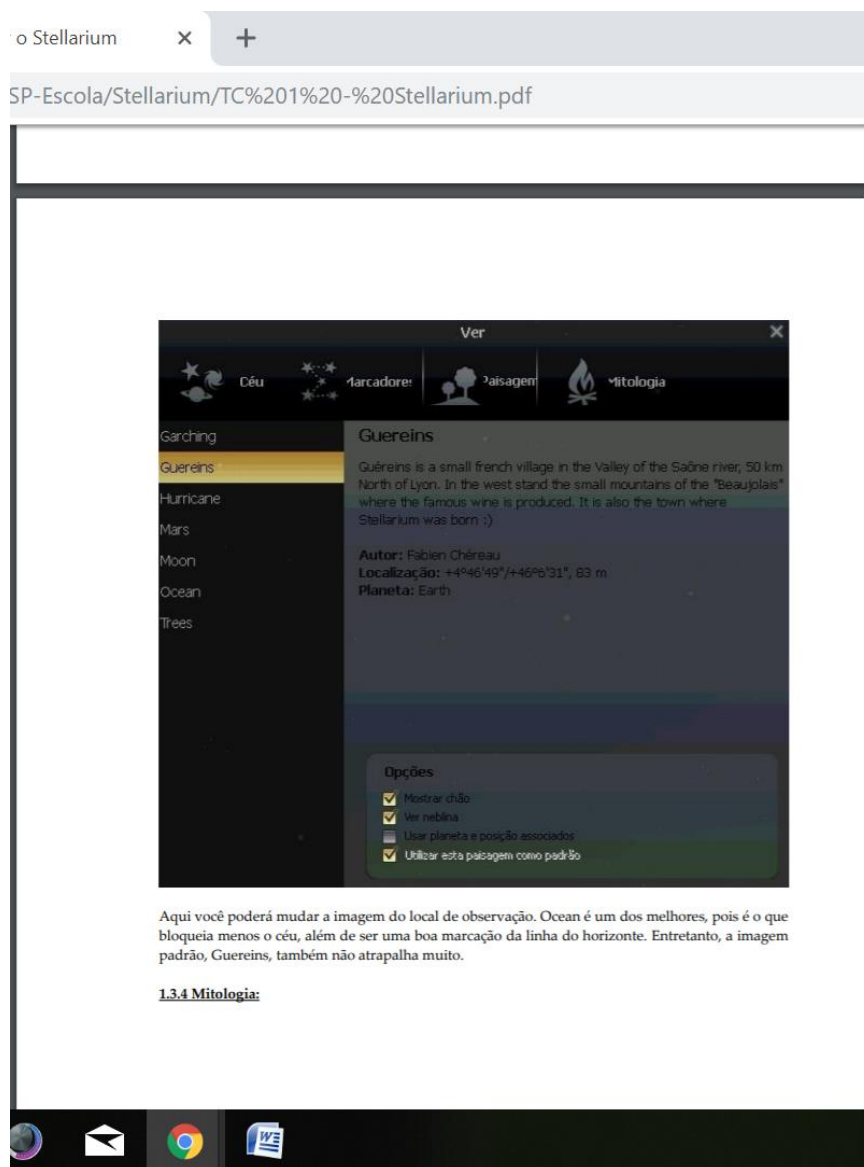
Windows taskbar icons: Start, Chrome, Word.

**Figura 6 – Escolhendo o formato das imagens por projeções e explorando melhor os menus**





**Figura 7 – Alterando a imagem do local de observação**

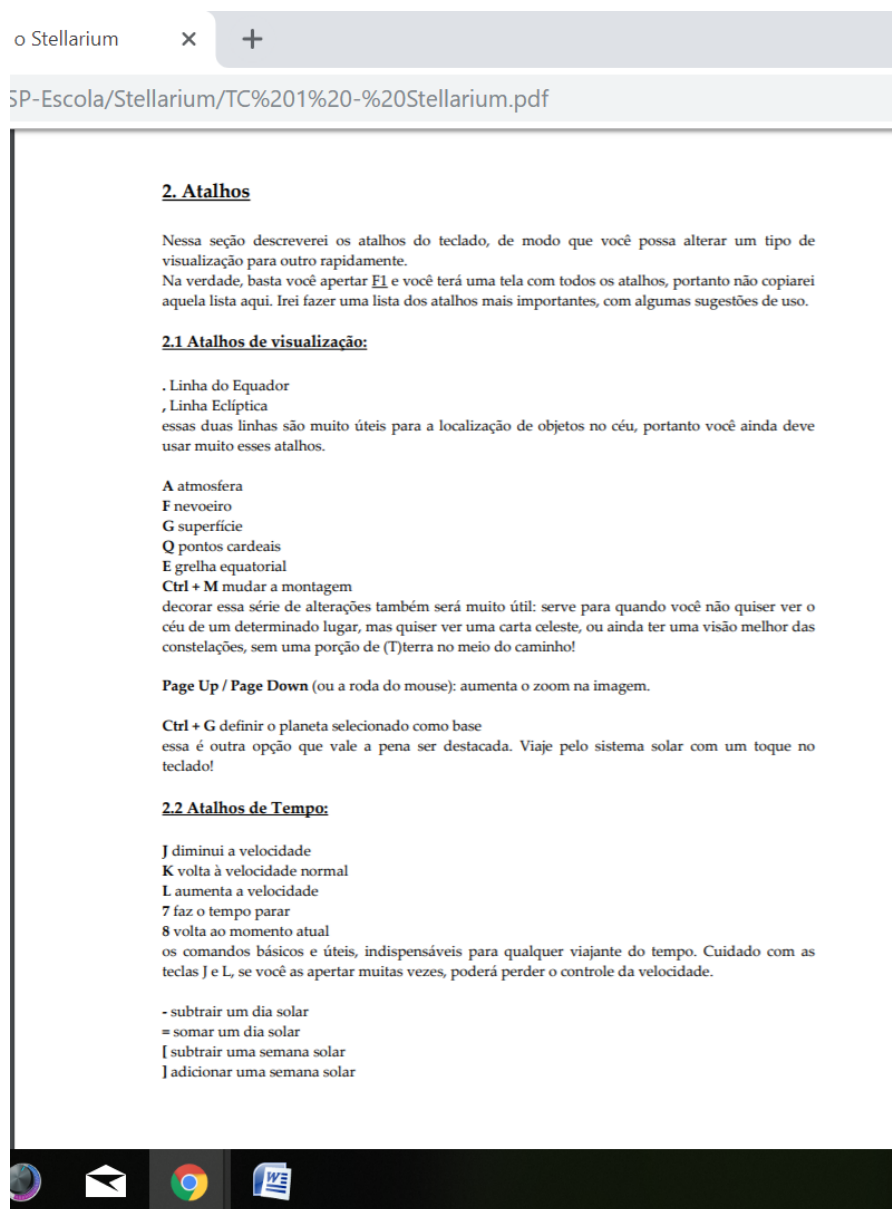




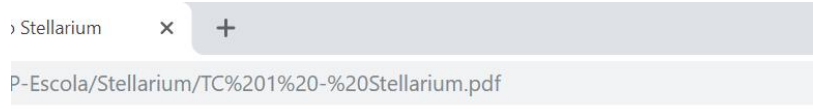
**Figura 9 – Alterando idioma e fazendo atualizações no software**

Você pode alterar o idioma do stellarium, habilitar certas distorções úteis para um planetário, escolher uma pasta para salvar imagens da tela e fazer download de catálogos de estrelas mais completos pela Internet. Em scripts, você poderá executar alguns filmezinhos legais, como o de um eclipse solar.

**Figura 10 – Utilizando atalhos**



## Figura 11 – Visualizando o céu através de projeções



compare o céu em vários dias seguidos numa mesma hora (solar). Aperte os mesmos botões juntos com **Alt + e** e você avançará por dias/semanas siderais.

### 3. Projeções

As projeções são um dos melhores (e mais negligenciados) recursos do Stellarium. Com as projeções mais a janela de localização você pode resolver todos os seus problemas de astronomia de posição.

#### 3.1 Perspectiva

É a mais parecida com o que a gente vê com nossos olhos, boa para ângulos de tela não muito grandes, é a projeção que é usada na maioria das vezes.

#### 3.1 Igualdade de Área



Quando você usa essa projeção e diminui o zoom, você terá a impressão de ver a esfera celeste como um globo, visto por dentro.

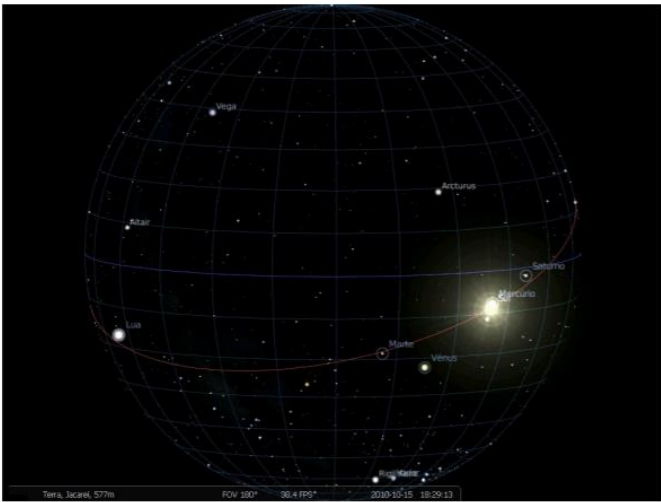
#### 3.2 Ortográfica



**Figura 12 -Visualizando o céu através de outras projeções**

o Stellarium × +


3P-Escola/Stellarium/TC%201%20-%20Stellarium.pdf



O efeito é semelhante à igualdade de área, mas aqui você terá a impressão de ver o globo por fora. Essas duas projeções são ótimas para resolver problemas com a esfera celeste que exigem visualizações complicadas, envolvendo círculos máximos.

**3.3 Estereográfica**

g Settings






**Figura 13 – Várias opções de recursos para visualização do céu**

o Stellarium x +

SP-Escola/Stellarium/TC%201%20-%20Stellarium.pdf



Preserva os ângulos. Interessante notar como os círculos máximos se transformam em circunferências: diminua o zoom e centralize a tela em algum pólo, exiba o equador e a eclíptica: você verá duas circunferências não-concêntricas. Aqui também fica bem claro o quanto ela distorce áreas: compare a região que fica dentro da eclíptica e fora do equador, com a região que fora da eclíptica e dentro do equador: ambas têm a mesma área! Coloque a grade equatorial e isso ficará mais claro. Agora centralize o outro pólo na tela: a imagem se inverte!

**3.4 Peixe Olho**  
Parecida com a perspectiva, mas ela funciona melhor com ângulos de visão grandes.

**3.5 Hammer-Aitoff**  
É uma projeção que com certeza você já viu em algum mapa-múndi. Serve para quando você quer ver todos os 360° do céu ao mesmo tempo.

**3.6 Cilindro e Mercator**  
Outras duas projeções muito usadas em mapas-múndi.

Material disponível no endereço eletrônico: <http://gruposputnik.com/USP-Escola/Stellarium/TC%201%20-%20Stellarium.pdf>