

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**  
**“Julio de Mesquita Filho”**  
**Faculdade de Ciências e Tecnologia**  
**Campus de Presidente Prudente**  
**Departamento de Física Química e Biologia**

**ELVIS CAMILO FERREIRA**

**INCLUSÃO DE ASTROFÍSICA E COSMOLOGIA NO ENSINO**  
**MÉDIO: UMA MOTIVAÇÃO AO ESTUDO DE CIÊNCIAS**

Presidente Prudente

2011

ELVIS CAMILO FERREIRA

**INCLUSÃO DE ASTROFÍSICA E COSMOLOGIA NO ENSINO  
MÉDIO: UMA MOTIVAÇÃO AO ESTUDO DE CIÊNCIAS**

Monografia apresentada ao curso de Licenciatura em Física da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual Paulista como requisito parcial a obtenção do título de Licenciado em Física.

Orientador: Prof. Dr. Moacir Pereira de Souza Filho

Presidente Prudente  
2011

ELVIS CAMILO FERREIRA

**INCLUSÃO DE ASTROFÍSICA E COSMOLOGIA NO ENSINO MÉDIO:  
UMA MOTIVAÇÃO AO ESTUDO DE CIÊNCIAS**

MONOGRAFIA REFERENTE À OBTENÇÃO DO TÍTULO DE LICENCIADO EM FÍSICA

---

Prof. Dr. Moacir Pereira de Souza Filho (Orientador)

---

Profa. Dra. Ana Maria Osório Araya

---

Prof. Ms. João Ricardo Neves da Silva

Presidente Prudente, Dezembro de 2011

*A todos os jovens ingressantes no estudo de ciências.*

*A curiosidade, a inteligência, a observação e a análise são características próprias dos seres humanos. Compreender o mundo à nossa volta e os seres que nele vivem é uma dádiva e um direito de toda humanidade. Àqueles que se dedicam a levantar questões de sua própria natureza e fazem uma tentativa de respondê-las, dedicando muitas vezes uma vida inteira para isso, são, na sua maioria, apaixonados por aprender. A natureza é bela, mas ainda possui muitos mistérios a espera daqueles que possam revelá-los.*

*Elvis C.Ferreira*

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus pais, que me deram os maiores presentes: a vida e a sabedoria; eles me incentivaram e depositaram sua confiança em mim. Impossível representar em palavras o amor que sinto por eles.

A meu professor orientador Moacir Pereira de Souza Filho, que me deu todo o suporte para realização deste trabalho e por sua paciência.

Ao professor Celso Xavier Cardoso, coordenador do programa de iniciação à docência e à professora do ensino médio que participou do projeto, Vera Ap. Aranha.

Aos professores Neri Alves, Ana Maria Osório Araya e Angel Fidel Vilche Peña pelas orientações e todo o apoio que tive durante a graduação. Ao professor João Ricardo Neves pelos ótimos conselhos e apoio.

Aos demais professores do curso de Física e aos professores de Matemática, por terem me ajudado na construção de meus conhecimentos.

Aos meus ex-professores que acreditaram e incentivaram meu potencial, em especial, Alceu, Edna, Isabel, Raquel, Bernadete, Eonice e Paulo.

Agradeço a Luan e Geraldo, grandes amigos de infância, pela compreensão de minha ausência durante a graduação. Aos amigos de sala Eveanna, Mariana e Luiz, que me apoiaram e estiveram ao meu lado durante esta etapa. A galera do bloco B3 e outros da moradia estudantil: Odair, Carlos, Gabriel, João Paulo, Deivid, Alexandre, Marcus, Juan, Danilo, Luan, Luciano, Nilo, Messias. Aos demais amigos e colegas que, de algum modo, colaboraram para este trabalho: Fernando, Tiago, Efrain, Flávio, Ricardo, Rafael Furlan, Donizete, Alan, Gabriel, Antônio, Renata, Alex Lino, Thiago, Paulo, Márcio, Rafael Nunes, Leandro, Fernanda, Pedro, Janaína, Ana, Raíssa. Aos adamantinenses Joselita, Nelson, Liliane, Dr. César e Dr<sup>a</sup>. Cíntia.

## RESUMO

O presente trabalho procura justificar a inserção dos tópicos Astrofísica e Cosmologia nos conteúdos de física moderna no ensino médio, trazendo uma retrospectiva histórica da procura humana por padrões de natureza cosmológica. Além disso, o trabalho de inserção foi realizado em uma turma do terceiro ano do ensino médio e os conteúdos e competências dos alunos foram avaliadas, antes e depois da inserção. Cada resposta foi analisada individualmente e categorias foram criadas para uma visão geral da evolução de conceitos. Os alunos, que antes apresentavam deficiências em descrever fenômenos e explicar conceitos, obtiveram um ótimo resultado após as aulas. Tornaram-se capazes em explicar o que antes não conseguiam com precisão ou nem mesmo tinham conhecimento. Os próprios alunos se manifestaram, afirmando que assimilaram novas idéias sobre o Universo, acharam o tema interessante, importante e motivador.

**Palavras-chave:** Ensino de física. Astrofísica. Cosmologia. Motivação.

# SUMÁRIO

Introdução.....	8
1. Fundamentação teórica.....	10
1.1. Astrofísica e Cosmologia .....	10
1.2. Sobre a inserção.....	14
2. Metodologia .....	19
3. Resultados e Análises.....	22
3.1. Análise dos questionários prévios .....	22
3.2. Análise das provas .....	40
3.3. Opinião dos alunos sobre as aulas .....	46
Considerações finais.....	48
Referências .....	49
Apêndice A - Questionário para levantamento de dados .....	51
Apêndice B - Folha-resumo dos temas e parte das aulas .....	52
Apêndice C - Prova (questionário posterior).....	54



## **Introdução**

Os Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 1999) apontam características para o ensino médio em uma forma de organização e finalidade dos conteúdos, sugerindo a introdução de determinados conhecimentos. No que diz respeito à disciplina de Física, há uma preocupação de que os conteúdos estejam voltados para a formação de um indivíduo contemporâneo e atuante, que possa compreender e intervir na realidade.

Para tanto, os conteúdos de Física devem permitir lidar com fenômenos naturais e tecnológicos do nosso cotidiano e do universo distante; o conhecimento deve ser visto como construído ao longo da história da humanidade e presente em nossa cultura (BRASIL, 2002).

Porém, é necessário um tratamento contextualizado e interdisciplinar dos saberes, pois, o mundo físico não tem significado sem articulação com competências de outras áreas. No que se refere ao estudo do Universo, por exemplo, os PCN+ (BRASIL, 2002) propõe o tópico *Universo, Terra e Vida* como um tema estruturador, prevendo relações entre conhecimentos disciplinares, interdisciplinares e inter-áreas. A compreensão cósmica do Universo, de sua gênese e evolução, assim como do surgimento da vida são assuntos de articulações entre as várias ciências. Neste contexto, as disciplinas Biologia, Física, Matemática e Química se reúnem em uma área de conhecimento denominada *Ciências Naturais, Matemática e suas Tecnologias*, na qual se encaixa o tema estruturador.

Portanto, é notável a importância de temas que focam o estudo do Universo, do funcionamento e composição de suas entidades<sup>1</sup>, bem como uma análise das teorias de seu surgimento e evolução. Além de ser uma área de estudos multidisciplinar e interdisciplinar, a procura por padrões de natureza cosmológica sempre esteve presente no decorrer de nossa história.

Com base nestes pressupostos, evidencia-se a importância destes estudos estarem presentes nas competências a serem adquiridas pelos jovens no ensino médio.

---

<sup>1</sup> Neste contexto, o autor quer dizer com entidades do Universo, os planetas, cometas, estrelas, aglomerados, galáxias, buracos negros, quasares, etc.

A motivação deste trabalho surgiu com interesse de propor conhecimentos de Astrofísica e Cosmologia no ensino médio. Ambos são temas diretamente relacionados com a compreensão cósmica, além de serem temas de profundo estudo da Física Moderna e Contemporânea.

Desta forma, os objetivos a serem alcançados se tornam claros: (1) Propor os tópicos de Astrofísica e Cosmologia como parte integrante do estudo de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio; e (2) Aplicar tais tópicos em uma turma do ensino médio e realizar uma avaliação conceitual dos alunos.

A primeira parte deste trabalho procura descrever sucintamente a Astrofísica e a Cosmologia, suas relações com a história da humanidade e com a evolução científica e tecnológica, além de discutir um pouco sobre a presença destes temas no ensino médio. Também é feito um levantamento bibliográfico de alguns trabalhos que propõe a inserção destes ou de temas próximos na escola. O final do capítulo um nos traz o referencial teórico para a avaliação.

No capítulo dois vem a descrição dos métodos utilizados na aplicação dos conteúdos em uma turma do ensino médio. O capítulo três apresenta uma análise dos resultados obtidos com esta turma, realizando uma comparação entre antes e depois da inserção dos temas. E, por fim, o trabalho trás algumas considerações finais e os apêndices contendo algumas das atividades desenvolvidas.

# 1. Fundamentação teórica

## 1.1. Astrofísica e Cosmologia

Segundo o glossário disposto no site do Observatório Nacional (ON)<sup>2</sup>, Astrofísica é a componente da Astronomia que estuda os fenômenos físicos que acontecem em todo o Universo, além das propriedades físicas e das interações entre os corpos celestes. Portanto são assuntos constantes na Astrofísica, por exemplo, os tipos radiações emitidas pelo Sol e pelas estrelas, a vida e morte das mesmas, os fenômenos que envolvem os buracos negros, supernovas, anãs brancas, a estrutura de nossa galáxia e das galáxias vizinhas, o arranjo dos aglomerados e os efeitos que causam, os mistérios da matéria escura e o estudo das forças fundamentais da natureza, tal como a gravitacional e eletromagnética.

Já a Cosmologia é o estudo do Universo como um todo. Há autores, tal como Sagan (1982), que vêem a Cosmologia como uma relação mais íntima de todas as coisas: uma intrincada busca em compreender o Universo, através da ciência, é o método mais bem sucedido de entendermos a nós mesmos e nossas origens.

As bases da Astrofísica e da Cosmologia remontam no passado, estão enraizadas nos antigos estudos do céu. Tais bases surgem no momento em que a curiosidade e a tentativa de comparar os fenômenos do céu com os terrestres se tornaram evidentes nos humanos. De acordo com Gleiser (2006), a humanidade sempre buscou demonstrar seu deslumbre pelos mistérios acerca do Universo. São apresentados diferentes tipos de manifestações culturais nesse ramo.

Na Arquitetura, pode-se citar um dos símbolos mais antigos que tem relação com fenômenos celestes: o Stonehenge, localizado ao sul da Inglaterra. É um monumento composto por uma disposição de pedras em forma de circunferências e ferraduras, com escavações para correção do terreno. Sua construção é datada de aproximadamente 2800 antes de Cristo (a.C.) a 1100 a.C.

Estudando esse monumento, o astrônomo inglês Gerald Hawkins encontrou uma série de alinhamentos astronômicos relacionados com o nascer e o pôr do Sol e da Lua em dias específicos do ano (KRUPP, 1989), mostrando que,

---

<sup>2</sup> Disponível em <<http://www.on.br/glossario/>> acessado em 7/11/11

qualquer que tenha sido o propósito de Stonehenge, seus construtores tinham algum conhecimento de Astronomia, que provavelmente estava incorporada à sua cultura a ponto de ser representada em tão magnífica edificação. (KANTOR, 2001, p. 8).

Portanto, é evidente que Stonehenge tem uma grande relação com fenômenos astronômicos.

Ao contrário do que geralmente se pensa, não foi só na antiga Europa que ocorreu representações ou manifestações culturais a partir do estudo dos céus. De acordo com Kantor (2001), na América do Sul os incas se intitulavam “filhos do Sol”, desta forma, o Sol foi considerado um Deus. Na verdade, em muitas sociedades antigas, o Sol foi considerado a maior divindade<sup>3</sup>. O maior evento da cultura inca ocorria no solstício de inverno, época em que o Sol estava mais afastado para o Norte. A intenção do episódio era trazer o Sol de volta, para trazer novamente vida e alimento. O fato de conhecer a época de um solstício indica que os incas realizavam observações e faziam registros das posições e movimentos do Sol no céu.

Não houve talvez período na história da humanidade uma sociedade com tamanha produção e valorização do saber como a da Grécia Antiga. Atribui-se aos gregos um acúmulo muito rico de conhecimentos sobre a natureza em si e a natureza das coisas. Como disse H. G. Wells (1965) *apud* Gleiser (2006), “[...] durante esse período o pensamento e o impulso criativo e artístico dos gregos ascenderam a níveis que os transformaram numa fonte de luz para o resto da História”. Já na *Odisséia* de Homero havia descrições sobre o céu, sendo este feito de bronze ou ferro e sustentado por pilares.

Uma questão importante que ocupada a mente dos filósofos daquela época era sobre a forma ou a substância que compõe o Universo. Tales de Mileto, que viveu entre 624 a.C. e 545 a.C., acreditava ser a água esta substância, por suas propriedades de mutação, seu ciclo nos processos naturais e sua presença nos seres vivos. Para Anaximandro de Mileto, quatorze anos mais jovem que Tales, o Universo era eterno e infinito em tamanho e a Terra, em sua forma cilíndrica, ocupava seu centro. Ao redor da Terra havia uma roda cósmica cheia de fogo que girava e o Sol era um furo na superfície dessa roda. A explicação para a Lua e suas faces também era furos em outra roda cósmica, além das estrelas, que eram consideradas pequenos furos em uma terceira

---

<sup>3</sup> Por seu tamanho e magnitude; por trazer a luz do dia, calor e vida; por orientar viagens, etc. Ver Zeitgeist.

roda. Seu Universo era dinâmico, onde a matéria aparecia e desaparecia, formando diferentes mundos, um por um. Anaximandro teve um discípulo: Anaxímenes de Mileto que tinha idéias similares sobre a estrutura do Universo, diferenciando pelo fato de serem esferas cristalinas<sup>4</sup> e transparentes que giravam, onde os objetos estariam presos a elas ao invés de rodas furadas. Anaxímenes acreditava ser o ar a substância fundamental da natureza e a medida que sua densidade se altera, sofre mutação e se transforma em outras substâncias.

Avançando aproximadamente 50 anos, encontra-se Heráclito que acreditava ser o fogo em sua mutação permanente a base de todas as coisas. Os pitagóricos diziam que tudo eram números e buscavam padrões matemáticos na natureza. Os atomistas, em sua genialidade, postulavam que todas as coisas e suas transformações eram formadas por pequenas entidades indivisíveis e imutáveis<sup>5</sup>. Entre vários outros pensadores se encontra Aristóteles (já em aproximadamente 370 a.C.), um organizador das idéias em várias áreas de conhecimento, que acreditava existirem quatro substâncias fundamentais que compõem todas as outras, sendo estas, *terra*, *água*, *ar* e *fogo*. Ele construiu um modelo mecânico do Universo constituído de 56 esferas, atribuindo e discutindo um movimento natural dos corpos, uma tendência à linearidade. No entanto, ele mesmo sabia da dificuldade em explicar os movimentos celestes quando se diz que a tendência natural do movimento é a linearidade. Para resolver este problema, ele postulou que os objetos celestes e tudo mais fora da Terra são formados de um quinto elemento, o *éter*, uma substância com propriedades totalmente diferentes das encontradas na Terra, onde seu movimento natural é circular.

Passando por Aristarco (280 a.C.) que determinou as distâncias ao Sol e à Lua e que acreditava ser o Sol o centro do Universo e por Hiparco (140 a.C.), o maior astrônomo da antiguidade (Gleiser, 2006), chegamos a Ptolomeu (130 d.C.<sup>6</sup>), aquele que compôs o modelo completo do Cosmo. Muitas das idéias de Aristóteles e Ptolomeu foram adotadas pela Igreja cristã e o modelo de Universo de Ptolomeu permaneceu válido durante toda idade média. Neste período a investigação científica é desmotivada e relativamente há poucos avanços nesta área.

---

<sup>4</sup> Esta idéia de esferas cristalinas aparece em vários instantes no decorrer da história na tentativa de explicar a forma e os movimentos dos objetos no céu.

<sup>5</sup> Mesmo sendo uma idéia de grande potencial, é importante ressaltar que ela difere do nosso atual modelo atômico.

<sup>6</sup> As datas são aproximadas.

As discussões sobre o funcionamento do céu aumentam na renascença, dúvidas começam a surgir e novos modelos são necessários. Personagens importantes como Copérnico, Kepler e Galileu fazem parte deste cenário no século XVII. A Terra já não é mais plana e nem é o centro do Universo. A astrologia e a astronomia se separam com a formulação da mecânica pelo ilustre gênio Isaac Newton. A ciência desperta de um grande sono. A física avança a passos largos e é introduzida no estudo dos céus. A astronomia se torna intimamente ligada com a física.

Com o passar do tempo ocorrem grandes avanços. A ciência da eletricidade é desenvolvida e dominada. Estudos sobre ótica e sobre o calor são realizados sistematicamente. As observações do céu se aprimoram com novos equipamentos. Maxwell, já no século XIX, apresenta seu grande trabalho científico sobre eletricidade e magnetismo, mostrando que estes dois são apenas manifestações de algo único, o eletromagnetismo.

A natureza da luz é proposta e desenvolvida como uma onda eletromagnética, isto é, flutuações em campos elétricos e magnéticos que viajam pelo espaço. Mas a luz é apenas uma pequena faixa de frequência definida que podemos enxergar do espectro eletromagnético, um conjunto de todos os possíveis comprimentos de onda das ondas eletromagnéticas. Estes avanços científicos são de grande importância para a Astrofísica.

No início do século XX nasce a Física Quântica, que abalou a Física estabelecida na época. A estrutura da matéria que compõe o mundo começa a ser desvendada segundo novos conceitos. A descoberta de que cada elemento químico na natureza tem a propriedade de emitir, quando excitados, picos de intensidade bem definidos no espectro eletromagnético, causa um grande impulso para a Astrofísica. Sabendo que cada elemento tem uma identidade, pode-se determinar, por exemplo, quais elementos compõem o Sol, usando as dicas trazidas pelas radiações à Terra.

De um lado, enquanto a ciência acompanhou o desenrolar da física quântica, de outro veio nascendo a teoria da relatividade e, com ela, os primeiros modelos cosmológicos.

Já faz alguns anos que áreas distintas como a *Teoria da Relatividade Geral* desenvolvida por Albert Einstein e a *Teoria Quântica* iniciada por Max Planck e aprimorada por Erwin Schrodinger, ambas desenvolvidas na primeira metade do século XX, são estudadas intensamente na tentativa de desenvolver uma teoria única, capaz de

explicar tudo, para uma compreensão de como funciona e evolui o Universo. De acordo com Greene (1999), atualmente teorias como a da *Supercordas* ou *Teoria M* tentam unificar os dois pilares consistentes, porém antagônicos, da Física Moderna (Relatividade e Quântica). O desenvolvimento e os testes destas teorias são de grande importância para a humanidade, pois as mesmas prometem um grande avanço sobre os conhecimentos da origem e evolução do Universo.

Os temas relacionados à Astrofísica e Cosmologia também se mostram importantes e emergentes pelo fato de que dois cientistas americanos (Saul Perlmutter e Adam G. Riess) e um australiano (Brian P. Schmidt) foram agraciados com o prêmio Nobel da Física neste ano de 2011 "*pela descoberta da expansão acelerada do universo através da observação de estrelas supernovas distantes*" (NOBEL, 2011). Em anos passados também outros cientistas foram agraciados pelas contribuições de suas pesquisas nesta mesma área, tal como em 2006 "*pela descoberta da forma de corpo negro e anisotropia da radiação cósmica de fundo em microondas*".

Por fim, os temas aqui propostos são parte de uma ciência inseparável da cultura humana há milhares de anos. No entanto, quase não se vê tais temas sendo aplicados em sala de aula, e quando são apresentados "um amplo desconhecimento que pode ser observado em vários erros cometidos por professores e autores de livros didáticos" (KANTOR, 2001).

## **1.2. Sobre a inserção**

Com base nas Leis de Diretrizes e Bases da educação nacional, os Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 1999) sugerem para a disciplina de física, conteúdos que estejam voltados para a formação de um indivíduo contemporâneo e atuante, que possa compreender e intervir na realidade. Tais conteúdos devem permitir lidar com fenômenos naturais e tecnológicos do nosso cotidiano e do universo distante; o conhecimento deve ser visto como construído ao longo da história da humanidade e presente em nossa cultura.

Os PCN+ (BRASIL, 2002) propõem o tópico *Universo, Terra e Vida* como um tema estruturador da disciplina de física no qual se encaixariam os estudos de Astrofísica e Cosmologia, representando um grande potencial para um tratamento contextualizado e interdisciplinar do conhecimento. É importante pensar que as grandes

questões levantadas acerca do Universo e da nossa existência e a conseqüente busca por respostas motivam a uma investigação mais profunda acerca do mundo físico.

Confrontar-se e especular sobre os enigmas da vida e do universo é parte das preocupações freqüentemente presentes entre jovens [...]. Respondendo a esse interesse, é importante propiciar-lhes uma visão cosmológica das ciências que lhes permita situarem-se na escala de tempo do universo, apresentando-lhes os instrumentos para acompanhar e admirar, por exemplo, as conquistas espaciais, as notícias sobre as novas descobertas do telescópio espacial Hubble, indagar sobre a origem do universo ou o mundo fascinante das estrelas, e as condições para a existência da vida, como a entendemos no planeta Terra. (BRASIL, 2002, p.78)

Aguiar (2010) diz que o entendimento sobre estes assuntos

[...] leva ao que chamamos de uma “visão cósmica” ou ao menos “visão planetária da humanidade”, posto que na sociedade atual, a palavra sustentabilidade ainda parece carecer de significado: a nossa civilização e nossa convivência com este planeta são, hoje em dia, insustentáveis. Uma visão planetária ou cósmica do ser humano se faz fundamental para constituirmos futuras gerações política, cultural e ambientalmente “corretas”. Porque se nós, seres humanos, compartilhamos com todos os demais seres vivos a mesma atmosfera, os mesmo oceanos, enfim, a mesma pequena rocha que gira ao redor do Sol, é imprescindível percebemos que somos apenas passageiros vivendo [em um único planeta] [...] [É] importante também que as pessoas tenham noção das escalas de tempo envolvidas na formação do nosso planeta, do Universo e do surgimento da vida humana na Terra. (AGUIAR, 2010, p.16-17)

A compreensão cósmica do Universo, de sua gênese e evolução, assim como do surgimento da vida são assuntos de articulações entre as várias ciências. Neste contexto, as disciplinas Biologia, Física, Matemática e Química se reúnem em uma área de conhecimento denominada *ciências naturais, matemática e suas tecnologias*. Área na qual se encaixa o tema estruturador.

Fazendo uma pausa para refletir sobre os assuntos já comentados, chega-se ao ponto de perceber que é quase indissociável da cultura humana o pensar e o refletir sobre sua natureza. Além disso, a presença do estudo sistematizado da natureza, especificando em Astrofísica e Cosmologia, vem surgindo como uma necessidade em sala de aula, bem como a motivação pelo estudo de ciências que estes dois temas proporcionam. Evidencia-se a importância destes estudos estarem presentes nas competências a serem adquiridas pelos jovens no ensino médio.

No entanto, infelizmente, o que se tem notado nas escolas e livros didáticos consultados é a quase ausência destes temas na maioria dos cursos de ensino médio.



Este trabalho se baseia nesta sensação de incompletude que o tradicional processo de ensino de Física transmite. Desta forma, propõem-se os tópicos Astrofísica e Cosmologia como parte integrante do estudo de física moderna e contemporânea no ensino médio.

Apesar da curiosidade por estes assuntos, a situação do aprendizado de ciências dos jovens não está sendo muito produtiva. Carl Sagan (2009) comenta sobre este problema:

À exceção das crianças (que não sabem o suficiente para deixar de fazer as perguntas importantes), poucos de nós passam muito tempo pensando por que a Natureza é como é. De onde veio o Cosmos, ou se ele sempre existiu; se o tempo vai um dia voltar atrás, e os efeitos vão preceder as causas; ou se há limites elementares para o que os humanos podem conhecer. Há até crianças, e eu conheci algumas delas, que desejam saber como é um buraco negro; qual é o menor pedaço de matéria; [...]. Perguntas provocadoras e perspicazes saem delas aos borbotões. [...] Sempre recebo uma série de perguntas encadeadas. Elas nunca ouviram falar da noção de “perguntas imbecis”. Mas, quando falo a estudantes do último ano do secundário, encontro algo diferente. Eles memorizam os “fatos”. Porém, [...] a alegria da descoberta, a vida por trás dos fatos, se extinguiu em suas mentes. Perderam grande parte da admiração e ganharam muito pouco ceticismo. Ficam preocupados com a possibilidade de fazer perguntas “imbecis”; estão dispostos a aceitar respostas inadequadas; não fazem perguntas encadeadas; a sala de aula fica inundada de olhares de esguelha para verificar [...] se eles têm a aprovação de seus pares. [...] Algo aconteceu entre o primeiro ano do primário e o último ano do secundário. Eu diria que é, em parte, a pressão dos pares para não se sobressair (exceto nos esportes); em parte, o fato de a sociedade ensinar gratificações à curto prazo; em parte, a impressão de que a ciência e a matemática não vão dar a ninguém um carro esporte; em parte, que tão pouco seja esperado dos estudantes; e, em parte, que haja poucas recompensas sobre ciência e tecnologia [...]. Os poucos que continuam interessados são difamados como *nerds* [...]. (SAGAN, 2009, p.)

Este fragmento, apesar de ser uma opinião das experiências didáticas de um físico em sala de aula, registra muito bem o que acontece na maior parte dos casos analisados.

Existem trabalhos que propõem a inserção de temas relacionado ao Universo no Ensino Médio. Pode-se destacar a existência de alguns projetos nacionais que, se não abordam exatamente a questão, pelo menos, sugerem alguns meios para que tais temas possam ser levados para a sala de aula (AGUIAR, 2010). Consideram-se, neste trabalho, três projetos: os Cursos de Astronomia presenciais do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo (IAG-USP) e do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e os cursos à distância do Observatório Nacional (ON).

Desde a década de 1970, o Departamento de Astronomia do IAG-USP oferece um curso voltado para professores do ensino médio e fundamental: "Astronomia, uma visão geral do Universo". Para fins educacionais, o instituto mantém dois Observatórios Astronômicos.

O INPE oferece anualmente, desde 1998, um "Curso de introdução à astronomia e astrofísica", como instrumento de capacitação e formação continuada para professores do ensino fundamental e médio e estudantes de graduação na área de ciências naturais. Os temas abordados vão desde astronomia básica, até astrofísica e cosmologia. O instituto também mantém um Observatório Astronômico para fins educacionais.

Já o ON, através da Divisão de Atividades Educacionais (DAED) mantém o projeto de "Ensino a Distância" desde 2003, oferecendo cursos ligados à Astrofísica e a Cosmologia, através de um sítio na internet. Tais cursos não requerem qualquer conhecimento prévio de astronomia.

Saindo um pouco dos projetos, podem-se citar também alguns trabalhos que discutem ou propõe alguma inserção dos conteúdos no ensino médio.

Em sua dissertação de mestrado, Aguiar (2010) participa da re-elaboração e reestruturação do currículo de Física no Ensino Médio e "procura analisar a inserção de Tópicos de Astrofísica e Cosmologia, elementos de Física Moderna e Contemporânea (FMC), na 1ª série de um curso de Física do Ensino Médio em uma escola paulistana". Tal escola tem grande tradição e é freqüentada por um público de classe média-alta.

Tal trabalho foi desenvolvido com o Ensino Médio e os eventos estão compreendidos entre os anos 2004 e 2008. Para facilitar a exposição dos conteúdos de Astrofísica e Cosmologia, as aulas foram organizadas em três blocos: (I) Tópicos de Astronomia; (II) Tópicos de Astrofísica; e (III) Tópicos de Cosmologia. Dentro destes blocos foram trabalhados temas como o Sistema Solar, O espectro eletromagnético e a luz visível, O modelo atômico de Bohr, O Sol e a estrutura das estrelas, e a Radiação Cósmica de Fundo e o Big Bang. Os instrumentos para análise do curso (inserção dos temas) foram provas bimestrais, no segundo semestre, e um questionário de avaliação do curso.

A análise realizada por Aguiar permitiu inferir o aparecimento de algumas das competências e habilidades que fazem parte dos núcleos educacional e histórico-epistemológico da proposta (dos PCN+) bem como a apropriação de uma visão "cósmica" ou "planetária" por parte dos educandos e uma "integralização" dos

conceitos. Isso nos mostra que, sim, é possível realizar uma inserção dos conteúdos relativamente bem sucedida, outro fator impulsionante deste trabalho.

## 2. Metodologia

A proposta deste trabalho de inserção dos temas de Astrofísica e Cosmologia está vinculada à proposta de inserção dos temas de Física Moderna e Contemporânea – tema de muita discussão na literatura – nas turmas onde se deseja aplicar estes conhecimentos. A justificativa para este vínculo está no fato dos assuntos tratados serem multidisciplinares e interdisciplinares e dependerem de pré-requisitos que os alunos devem possuir. Por exemplo, ao estudar a estrutura de uma estrela são necessários conhecimentos tanto da gravitação (que classicamente é conteúdo do 1º ano) quanto do modelo atômico e do espectro eletromagnético (física moderna; geralmente conteúdo do 3º ano). Assim sendo, a inserção teve como alvo uma turma de alunos do 3º ano do Ensino Médio, sendo a mesma de uma escola pública (Escola Estadual “Profª. Mirella Pesce Desidere”) de Presidente Prudente, levando em conta a hipótese de que estejam mais preparados para a abordagem destes conteúdos.

Sucintamente a metodologia do trabalho seguiu quatro etapas principais:

- (I) Estudo e preparação dos conteúdos
- (II) Levantamento prévio de dados
- (III) Aplicação e discussão dos conteúdos
- (IV) Avaliação

Na primeira etapa, além do planejamento metodológico, fez-se o estudo dos temas de Astrofísica e Cosmologia através de um livro didático de nível universitário e pesquisas no domínio público da internet. Neste estudo, os principais tópicos, na opinião do autor, foram destacados durante a preparação das aulas. Como há bastante conteúdo a ser visto no ensino médio e relativamente pouco tempo de aula disponível para cada tema, foram preparadas apenas quatro aulas, focando os tópicos destacados.

O levantamento de dados foi realizado através de um questionário discursivo no qual os alunos pudessem responder livremente. O questionário conta com 12 questões e estas são focadas em avaliar os conceitos e as comparações que os alunos são capazes de fazer em relação aos temas. Exemplos de questões são: “*O que é um ano-luz?*”, “*Por que o Sol não pára de queimar?*” e “*Você sabe o que é Big Bang?*”; o questionário completo se encontra no apêndice A.

Como o questionário foi elaborado com base nos temas destacados dos conteúdos de Astrofísica e Cosmologia, a preparação das aulas seguiu uma linha de

conceitos – “saindo” da Terra e “indo” até o Big Bang – para que os alunos respondessem às questões. Mesmo que houvesse alunos que já sabiam a resposta correta, não seria um problema, pois as discussões que fossem iniciadas em sala de aula seriam motivadas. E, através da discussão, novas questões seriam levantadas, e isso causaria uma motivação ao estudo de ciências.

A aplicação dos conteúdos pode ser resumida no Quadro abaixo.

As duas primeiras aulas foram preparadas em forma de apresentação de slides e realizadas utilizando recurso Data Show, projetando-as na parede. A terceira aula foi realizada de modo clássico, utilizando giz, quadro negro e discussões sobre os temas. A quarta aula foi realizada de modo especial, pois se caracterizou como um plantão de dúvidas, onde os temas foram discutidos em aberto e uma lista de questões foi respondida juntamente com os alunos. Além disso, posteriormente, foi dada uma folha-resumo com as idéias chaves dos assuntos tratados nas aulas. A folha-resumo e parte das aulas podem ser encontradas no apêndice B.

Quadro 1 – Distribuição das aulas com os respectivos conteúdos

	Tema	Conteúdos
Aula1	Conceitos básicos	- A forma da Terra, causas e evidências; - Movimento dos planetas, leis de Kepler; - O Sol;
Aula2	Astrofísica	- O Sol: funcionamento; - Estrelas, tipos de estrelas, evolução de uma estrela, Buracos Negros; - Galáxias; - Métodos de medidas;
Aula3	Cosmologia	- Determinando o ano galáctico; - A massa da galáxia e o problema da massa faltante, Matéria Escura; - Surgimento do Universo, princípio cosmológico, evidências para o Big Bang; - Possível fim para o Universo.
Aula4	Revisão e Exercícios	

O questionário final teve formato de Prova (pois a professora da turma requisitou uma nota que avaliasse o desempenho individual dos alunos) e foi um pouco diferente do primeiro questionário, tendo 8 questões, no entanto avaliou os mesmos conceitos, senão bem similares. Tal questionário se encontra no apêndice C.

Como forma de análise para avaliação do questionário e da prova respondidos pelos alunos será utilizada a análise de conteúdo. Conforme Tozoni-Reis (2007), “o principal objetivo da análise de conteúdo é desvendar os sentidos aparentes ou ocultos de um texto, um documento, um discurso ou qualquer outro tipo de comunicação”.

No mesmo trabalho encontra-se a seguinte afirmação:

Decompondo o texto documental, conforme a indicação, em partes constituintes, o pesquisador procederá, então, a um estudo aprofundado dessas partes, buscando, para isso, informações do contexto e do texto, como forma de compreender o expresso e o oculto. (TOZONI-REIS 2007, p. 46)

Desta forma, as respostas das questões serão divididas e “encaixadas” em categorias criadas conforme os conteúdos das próprias respostas. Tal divisão em categorias facilita a visualização, a comparação do antes e depois e, portanto, a análise da evolução dos conhecimentos dos alunos.

Conforme andamento do trabalho, surge as categorias e suas descrições.

### **3. Resultados e Análises**

Com objetivo de perceber o grau de compreensão que os estudantes tiveram dos conceitos abordados nas aulas, quando apresentados aos Tópicos de Astrofísica e Cosmologia, e para verificar se ocorreram mudanças que a proposta do curso buscava em sua visão sobre o mundo e sobre o conhecimento físico, foram utilizados dois instrumentos de análise: um *questionário prévio* e uma *prova*, como já foi dito anteriormente.

Na prova havia uma questão final com o intuito de observar tanto o grau de satisfação dos estudantes com o curso aplicado, quanto às mudanças de visão provocadas pelo mesmo. O número de alunos participantes foi de 40.

Depois de respondidos, tanto o questionário prévio quanto a prova, foram embaralhados e, posteriormente, receberam um código alfanumérico sequencial (Q1, Q2, Q3, ... Q40 e P1, P2, P3, ... P40). Desta forma, o nome dos alunos foi preservado e foi feita uma análise impessoal, pois o objetivo foi realizar uma avaliação geral da turma e não de cada indivíduo específico.

Acredita-se que análise das respostas e a comparação do antes e depois do curso (aplicação das aulas) possibilita avaliar a aprendizagem dos temas estudados, enquanto a questão final relata o entendimento feito por eles durante este período.

Dentre as formas de análise de conteúdo, optou-se por uma análise categorial, onde as respostas de cada questão seriam classificadas em categorias, isto porque, muitos estudantes repetiam as afirmações feitas. No entanto, analisar e categorizar cada resposta, de cada questão, pode ser um trabalho árduo, e pode gerar muitos resultados desvinculados. Desta forma, ao se observar atentamente o questionário, se torna possível e viável criar diferentes grupos questões, onde as respostas de cada grupo são unidas em categorias.

#### **3.1. Análise dos questionários prévios**

Observando a estrutura das questões, tanto do questionário prévio quanto da prova, torna-se viável a criação de três grupos, que inclusive ajudarão na comparação de

pré e pós-inserção dos conteúdos. São eles *Idéia de Conceito*, *Capacidade Explicativa* e *Formato da Terra* que serão descritos a seguir:

### 1. Idéia de Conceito

Trata-se das perguntas que tendem a avaliar o conceito em si. São perguntas do tipo “o que é?” ou “você sabe o que é?”. Considera-se de grande importância a assimilação conceitos pelos alunos, pois são a base do conhecimento sobre o Universo.

Aqui se agrupam as questões:

(q4) “*Você sabe o que é um ano-luz?*”

(q5) “*E uma galáxia, o que é?*”

(q7) “*Você já ouviu falar de buracos negros? O que são eles? Como nós podemos vê-los?*”

(q8) “*E Matéria Escura, você já ouviu falar? O que seria?*”

(q10) “*Você sabe o que é Big Bang? Tente escrever o que é.*”

(q12) “*Qual é a coisa mais rápida em todo o Universo?*”

Das respostas foram inferidas cinco categorias de análise:

*A – “Correta e Consistente”* - Aquelas que respondem plena e satisfatoriamente a pergunta. Tratam os fenômenos de forma racional, e às vezes procurando interpretá-los e buscando relações;

*B – “Correta, porém Inconsistente”* - Aquelas que respondem a questão corretamente, se aproximam do conceito real, mas deixam a desejar um tratamento mais profundo. Neste caso, detalhes que são importantes na definição do conceito não são citados, ou mesmo explicações extras dadas são errôneas. Muitas vezes respostas memorizadas e desestruturadas;

*C – “Incorreta, mas Consistente”* - Aquelas que, por definição estão erradas, porém a explicação é consistente. A explicação tem um pouco de sentido. Em muitos casos são erros de senso comum;

*D – “Incorreta e Inconsistente”* - Aquelas que estão erradas e a tentativa de resposta são inconsistentes com os fenômenos. Geralmente apresentam um conhecimento pobre do mundo físico; e

*E – “Não Sabe”* – Quando o aluno não respondeu a questão ou mesmo quando escreve “não sei”.



Passa-se então a avaliar as respostas de cada uma das questões deste grupo:

(Questão 4) “Você sabe o que é um ano-luz?”

Esta questão é importante, pois trata de uma grandeza muito utilizada na Astronomia e Astrofísica.

Avaliando as respostas, observa-se que somente 2 alunos, isto é, 5% dos 40 alunos, tiveram respostas que estavam corretas e consistentes, são elas:

“Se não me engano, um ano luz é a distância que a luz percorre no espaço no período de um ano” (Q11).

“Ano-luz é uma medida, usada para medir distâncias muito grandes, eu acho” (Q8).

Nota-se que a primeira resposta (Q11) está plenamente satisfatória. Já a segunda (Q8) parece se encaixar na categoria B, no entanto o autor não considera inconsistente neste caso, pois o aluno especifica: “usada para medir distâncias *muito grandes*”.

Na categoria B de respostas corretas, porém inconsistentes, há 7 (17,5%) respostas que se encaixam. Dentre elas, citam-se:

“É uma medida” (Q19).

“É um ano muito rápido [...] para se referir ao tempo do Universo, como se fosse para medir a distância. Ex: Tal planeta está a 20 anos-luz da Terra” (Q15).

A primeira resposta traz a idéia correta, porém considera-se que falta especificar que ano-luz é uma grandeza usada para medir distâncias muito grandes e/ou que é a distância percorrida pela luz no período de um ano. A segunda resposta traz até um exemplo, mas continua na categoria B por conter uma definição inconsistente: “É um ano muito rápido”.

Respostas incorretas se sobressaíram na categorização desta questão. Destas, 10 são as que se apresentam consistentes, representando 25% do total. Citam-se exemplos:

“É o tempo que a luz percorre em um ano” (Q4).

“Um ano-luz é quando alguém viaja um ano na velocidade da luz” (Q13).

“Distância ou tempo da luz” (Q26).

É evidente uma tentativa de explicação razoável. Verifica-se que em muitos casos, os alunos confundem ano-luz como uma grandeza temporal.

A categoria D – incorretas e inconsistentes – acumula o maior número de respostas, sendo este 17 ou 42,5% do total de respostas.

“Quando o ano passa mais rápido” (Q1).

“É o tempo na galáxia, que é mais rápido que o da Terra, ou menos rápido que na Terra” (Q7).

“[...] Imagino que seja algo relacionado com o tempo. Eu estou aqui, minha amiga em uma viagem no espaço em alta velocidade, o tempo nesse caso torna-se relativo para ela é como se não tivesse passado, enquanto eu, aqui na Terra envelheço rapidamente” (Q29).

Verifica-se a inconsistência nos dois primeiros exemplos. Já no terceiro, o aluno faz uma exposição bastante interessante de uma parte do paradoxo dos gêmeos – trivial quando se estuda relatividade restrita. Este tipo de resposta se repete em mais alguns questionários. No entanto, é inconsistente nesta questão, na qual o objetivo é definir um ano-luz como uma medida de distância em grande escala, a distância que a luz percorre no período de um ano. Seria consistente na última questão (q12) que pergunta qual é a coisa mais rápida do Universo.

As respostas em branco ou do tipo “não sei” se encaixam na categoria E. O número de respostas assim é 4 (10%). O gráfico a seguir resume a análise:

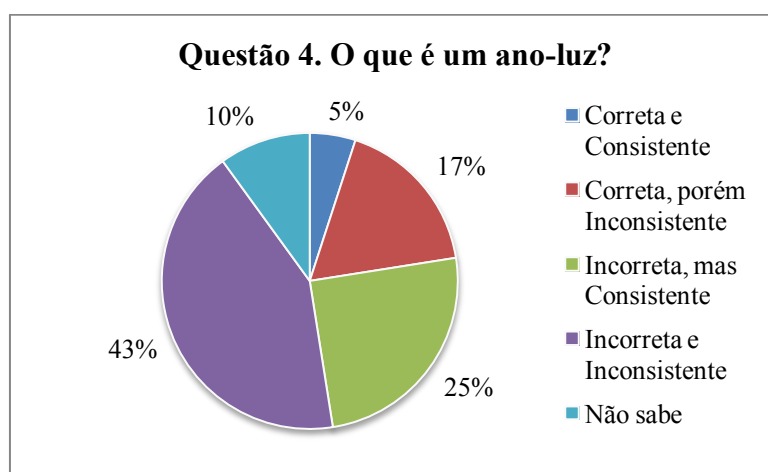


Figura 1. Distribuição das respostas da questão 4 em categorias.

Nota-se que mais da metade dos alunos não sabe definir um ano-luz, pois somando as categorias D e E obtêm-se 52,5% e, se quando se soma todas as respostas incorretas obtêm-se 77,5%.

Conclui-se que mais de três quartos dos alunos não responderam corretamente a questão, isto é, não afirmaram que ano-luz é uma medida de distância, conceito trivial para a Astrofísica e Cosmologia. Este resultado mostra que a maior parte dos alunos pouco sabe sobre as grandezas astronômicas usadas para medir distâncias. Supõe-se que esta dificuldade pode estar relacionada a não abordagem do tema.

(Questão 5) “E uma galáxia, o que é?”

Nesta questão, o número de respostas satisfatórias, 5, representa 12,5% do total. Dizer que uma galáxia é um conjunto de estrelas e planetas não foi considerado plenamente satisfatório. Por exemplo, o sistema solar é conjunto de estrela e planetas e, nem por isso, uma galáxia. Logo, afirmar que é um aglomerado ou um grupamento dos mesmos já é uma melhora. Isso pode, infelizmente, levar a respostas padrão decoradas. No entanto, é necessário um pouco mais de detalhe:

“É um aglomerado de estrelas, planetas e meteoros, poeira espacial, que estão „agrupados“ no Universo (Ex: Via Láctea)” (Q17).

“Galáxia é um aglomerado de planetas, estrelas e diversas esferas. A nossa chama-se Via Láctea” (Q11).

“Conjunto de planetas e estrelas que envolvem uma órbita e giram em torno de uma estrela com luz própria, tal como o Sol” (Q10).

Apesar de que, nesta última, é necessário ressaltar que a estrela do centro de uma galáxia espiral deve ter muitas massas solares, ou até mesmo ser um buraco negro. O número de acertos ainda é considerado pouco.

Mesmo não sendo plenamente satisfatórias, as respostas corretas formam a maior parte do total, somando 23 (57,5%) na categoria B. Exemplos comuns são:

“Conjunto de estrelas e planetas” (Q3).

“É onde fica o Sol, a Lua, os planetas...” (Q12).

“É onde fica os planetas, as estrelas, etc.” (Q24).

Tais respostas não estão erradas, porém são consideradas na categoria das inconsistentes (B), por não conter a idéia de que os corpos estão unidos por uma força gravitacional, ou mesmo ser um aglomerado no espaço, tal como as respostas da categoria A.

Já nas categorias das incorretas, o número total foi 9, sendo que 6 (15%) apresentaram certa consistência e 3 (7,5%) não apresentam, somente 1 (2,5%) aluno não soube responder. Da categoria C, citam-se:

“É onde se encontra todas as estrelas e planetas” (Q1).  
“Galáxia é um enorme conjunto de planetas, estrelas e tudo o que existe no espaço” (Q13).  
“Uma junção de estrelas” (Q30).

Observa-se que a idéia que os alunos têm de galáxia está desfocada, confusa. Uma galáxia não é onde se encontram todas as estrelas, muito menos tudo o que existe no espaço. Há uma confusão entre os conceitos de galáxia e Universo. Isso pode estar relacionado com deficiências no tratamento sistematizado destes assuntos – ou mesmo a falta dos mesmos.

Da categoria D, citam-se:

“É um espaço” (Q9).  
“Galáxia significa os planetas da Terra” (Q4).

O gráfico a seguir quantifica as categorias:

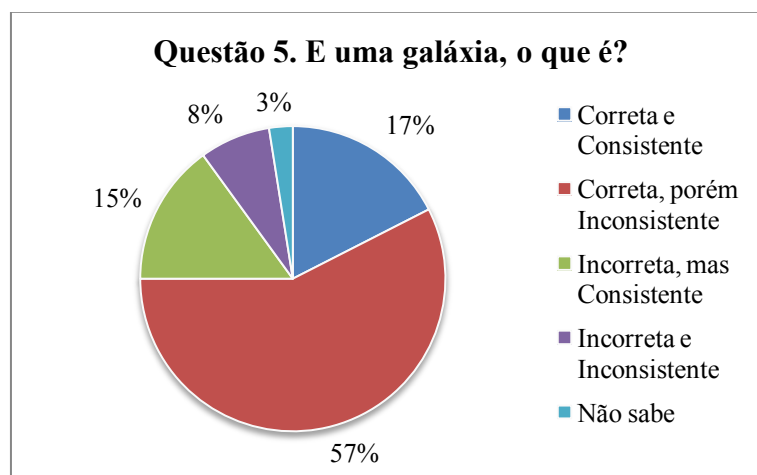


Figura 2. Distribuição das respostas da questão 5 em categorias.

Ao contrário das respostas da questão 4, a maioria destas, quase três quartos, se apresentam corretas, contando com as inconsistentes. Estes resultados mostram que a maior parte dos alunos tem um conceito razoavelmente bom de galáxia, isto é, a maioria respondeu como sendo um conjunto de estrelas e planetas, o que não deixa de ser verdade, apesar da falta de detalhes importantes.

(Questão 7) “Você já ouviu falar de buracos negros? O que são eles? Como nós podemos vê-los?”

Diferentemente das duas questões anteriores, as respostas para esta questão se mostraram, em sua maioria incorretas mas consistentes (C) – somando estas 19 (47,5%), praticamente metade do total –, mostrando que grande parte dos alunos não conhece a idéia de buraco negro porém tentam responder criativamente.

Inicia-se então com citações de respostas da categoria C:

“Sim. São buracos que sugam tudo que passam por eles. Creio que podemos ver através de fotos tiradas por um satélite” (Q8).

“Sim. São galáxias com altas concentrações de gravidade e uma temperatura muito alta. Através de telescópios” (Q20).

“Sim. Acredito que são regiões sem fim, puxam toda matéria como planetas e estrelas para dentro de si. Podemos vê-los através de instrumentos tecnológicos como telescópio, entre outros” (Q34).

“Sim, espaços abertos na superfície, desde a explosão Big Bang, através de imagens de satélites e fotos feitas de foguetes, que chegam até lá” (Q40).

Estas respostas são bons exemplos. Estão incorretas pois um buraco negro é, basicamente, uma região no espaço onde há uma altíssima concentração de matéria – pode se formar através de uma estrela muito densa –, onde a força gravitacional é tão intensa que atrai a própria luz. São consistentes por causa explicações criativas e também por afirmarem que só é possível detectá-los através de instrumentos construídos pelo homem.

Houve cinco (12,5%) respostas corretas e consistentes (A), alguns exemplos são:

“Sim, buraco negro é um astro com gravidade muito grande que atrai os objetos para ele, podemos vê-los através de telescopia” (Q25).

“Sim, ocorre normalmente com a explosão de uma estrela ou choque de duas partículas muito fortes, por meio de imagens de satélites, são „buracos“ que possuem uma força de atração muito grande „engolindo“ tudo que pode ser atraído.” (Q17).

“Sim. Deve ser uma parte no espaço que tem uma matéria muito pesada que puxa para si (engole) estrelas e outros corpos celestes. Podemos vê-los através de telescopia de alta tecnologia.” (Q15).

A segunda resposta é muito interessante por trazer a natureza, isto é, algumas possíveis origens de um buraco negro.

Na categoria B houve somente 3 (7,5%) questões, são exemplos:

“Sim, ele está no universo, e podemos ver a partir de satélites” (Q26).  
“Sim, sei lá só sei que eles engolem tudo, telescópio” (Q31).

Já a categoria D é a segunda que obteve maior número de respostas desta questão, com 10 (25%) respostas incorretas e inconsistentes. São exemplos:

“É uma parte da galáxia onde não encontra-se as estrelas” (Q1).  
“Sim, foi onde ocorreu a explosão do Bing Bang. Acho que não podemos vê-los. Não sei direito isso” (Q21).  
“Sim. São buracos na galáxia que não se pode ver o fim” (Q23).

Três alunos não souberam responder (categoria E). O gráfico abaixo ilustra a distribuição das respostas nas categorias:

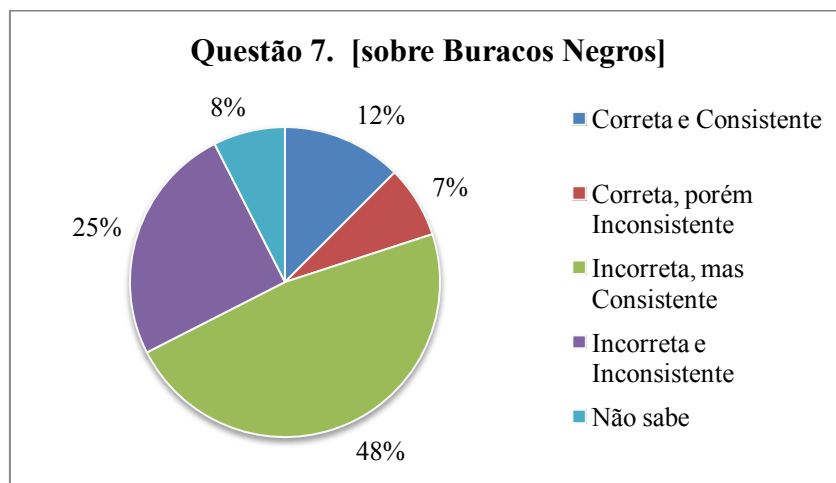


Figura 3. Distribuição das respostas da questão 7 em categorias.

Estes dados mostram que de cada 10 alunos que responderam o questionário, 8 não conseguiram conceituar buracos negros. Nota-se uma curiosidade nos alunos em saber temas como este, no entanto, há ainda esta deficiência conceitual que pode, mais uma vez, estar relacionada à falta de abordagem e discussão em sala de aula.

(Questão 8) “E matéria escura, você já ouviu falar? O que seria?”

De todas as respostas, houve somente 3 consideradas corretas, sendo 2 consistentes:

“Creio que seria o que seja alguma matéria do espaço, restante de algum buraco negro, que interage pouco com os planetas” (Q17).  
“Sim, é a matéria mais comum no Universo, responsável pela sua constante de expansão” (Q25).

Não se sabe exatamente o que é matéria escura, mas o que se sabe é a informação que está na segunda resposta, por isso foi considerada na categoria A. Já a primeira foi considerada correta por cogitar uma origem possivelmente certa para a matéria escura e por anunciar que ela interage pouco com a matéria comum (na verdade, é dita escura por não possuir as mesmas propriedades da luz).

Uma foi considerada inconsistente; mais uma vez cogitando a origem, no entanto com poucos detalhes:

“Acho que seja o que sobra da explosão de alguma estrela ou planeta” (Q18).

Já nas categorias das incorretas se encontram a maioria. Quatorze (35%) respostas se encaixam na categoria C. Nesta, é comum se encontrar afirmações que Matéria Escura é o que há dentro do Buraco Negro. São exemplos:

“Já ouvi falar em Matéria Escura e chuto que ela seja toda matéria densa que faça parte de um buraco negro” (Q11).  
“Acho que são resíduos deixado por buracos negros” (Q8).

Dez respostas (25%) se encaixam na categoria D, onde as tentativas de explicação são inconsistentes com a idéia de Matéria Escura. São exemplos:

“São matérias ,mortas“. Ficam no espaço sem serventia” (Q23).  
“O que sobra da explosão de alguma matéria” (Q3).  
“Imagino que seja alguma coisa que cai do céu que seja muito rara” (Q37).

Na categoria dos que não souberam responder estão 13 (32,5%) dos alunos, uma grande quantidade. O gráfico a seguir resume as estatísticas desta questão:

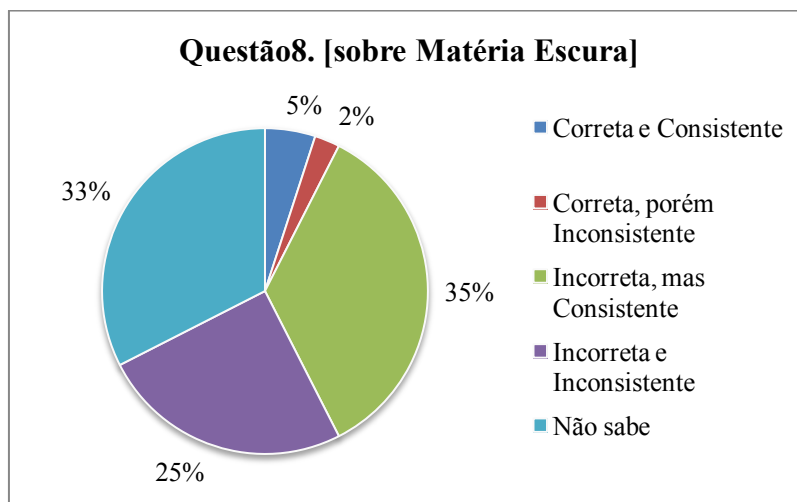


Figura 4. Distribuição das respostas da questão 8 em categorias.

É notável que somente 7,5% dos alunos (5 de 40) apresentam um conceito aceitável. E somente uma resposta foi realmente correta (Q25). Conclui-se que os alunos participantes pouco conhecem sobre os conceitos básicos da Cosmologia moderna; falta uma compreensão maior do Universo em que vivem. Não era de se esperar um resultado muito diferente deste, já que tem-se por hipótese que não se vê muito nas escolas um tratamento de conceitos mais “recentes”, tal como matéria e energia escuras, buracos negros, partículas elementares, etc.

(Questão 10) “Você sabe o que é Big Bang? Tente escrever o que é”

Esta questão é uma das mais importantes do questionário relacionada à Cosmologia, pois trata de um modelo científico para o surgimento do Universo.

Houve um bom número de respostas satisfatórias, bem próximas à definição. Na categoria A ocorreram 17 (42,5%) respostas, das quais são citadas:

“Foi uma grande explosão que formou todo o nosso Universo” (Q25).

“É a teoria usada pelos cientistas para explicar o surgimento do Universo, que, de acordo com ela surgiu de uma explosão de gases, poeira e partículas, que após a explosão foram se unindo e criando os planetas, estrelas e satélites” (Q17).

As demais são bem similares.

Na categoria B ocorreram 10 (25%) respostas, das quais são citadas:

“Foi uma explosão” (Q2).



“A explosão na qual fez surgir a Terra” (Q1).  
“Foi uma explosão de um algo que a partir dele surgiu os planetas” (Q26).

Isso mostra que mais da metade dos alunos (67,5%) conhece um mínimo sobre o fenômeno do Big Bang.

Da categoria C, com 7 (17,5%) alunos, citam-se as seguintes respostas:

“[...] um buraco negro que explodiu e criou o espaço, planetas, etc.” (Q34).  
“Foi explosões de várias matérias do espaços, que formou nosso planeta e muitos outros” (Q32).  
“Segundo a teoria é uma explosão estelar, onde surgiram os planetas” (Q16).

São incorretas, mas consideradas consistentes, pois são idéias criativas que teriam sentido no senso comum.

Já na categoria D de respostas incorretas e inconsistentes, com 5 (12,5%), citam-se:

“[...] dizem que a Terra era um buraco negro, chamado Big Bang, quando ele explodiu e surgiu os planetas” (Q22).  
“É uma bomba que pode explodir o planeta” (Q24).  
“[...] é uma explosão que deve ocorrer na Terra” (Q4).

É curioso notar que a primeira resposta citada traz uma idéia de que os planetas do Universo surgiram a partir da Terra, esta idéia pode ser similar ao antigo senso de geocentrismo.

Somente um aluno não soube responder. O gráfico a seguir ilustra as divisões por categoria:

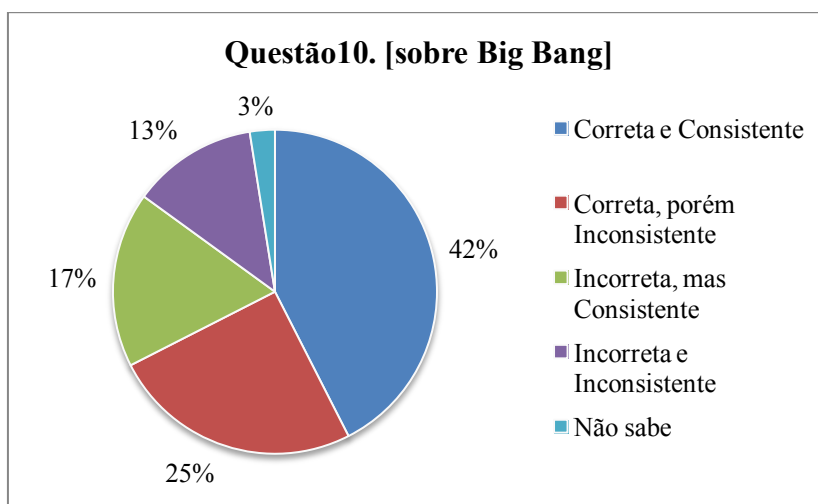


Figura 5. Distribuição das respostas da questão 10 em categorias.

(Questão 12) “Qual é a coisa mais rápida em todo o Universo?”

Esta também é uma questão fundamental, pois se trata da luz. Os fenômenos com a luz e sua velocidade são analisados tanto na Astrofísica, como por exemplo, em espectros eletromagnéticos, quanto na Cosmologia, na teoria da relatividade geral.

A maioria dos alunos acertou a resposta; com exceção de alguns, demonstraram conhecer esta propriedade da luz.

A distribuição em cada categoria foi: A 28 (70%); B 2 (5%); C 2 (5%); D 5 (12,5%); e E 3 (7,5%).

Exemplos de respostas para as categorias:

B:

“Cometa, ou a Luz Solar” (Q14).  
“A Luz Solar” (Q21).

C:

“O pensamento” (Q29 e Q39).

D:

“Cometa (conhecidas estrelas cadentes)” (Q40).  
“bomba” (Q6).  
“Deus” (Q20).

O gráfico a seguir ilustra o desempenho dos alunos:

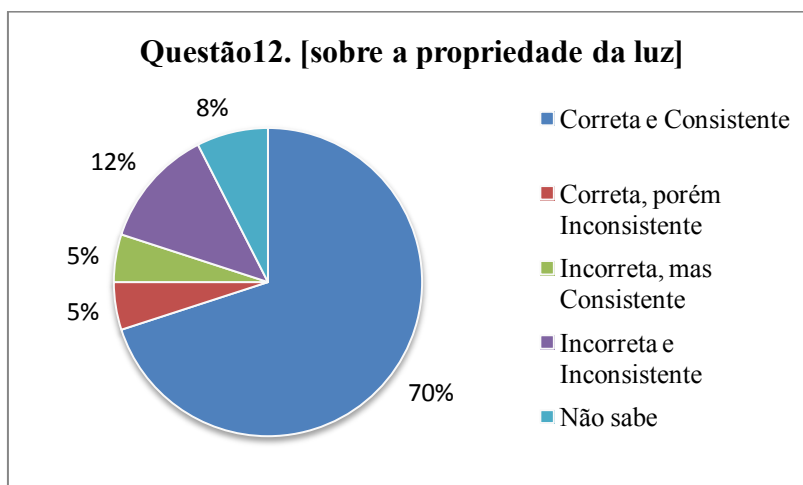


Figura 6. Distribuição das respostas da questão 12 em categorias.

Agora, que já foi realizada a discussão e a categorização das respostas de cada questão deste grupo, torna-se viável apresentar uma relação entre as mesmas. O gráfico a seguir torna possível essa visualização:

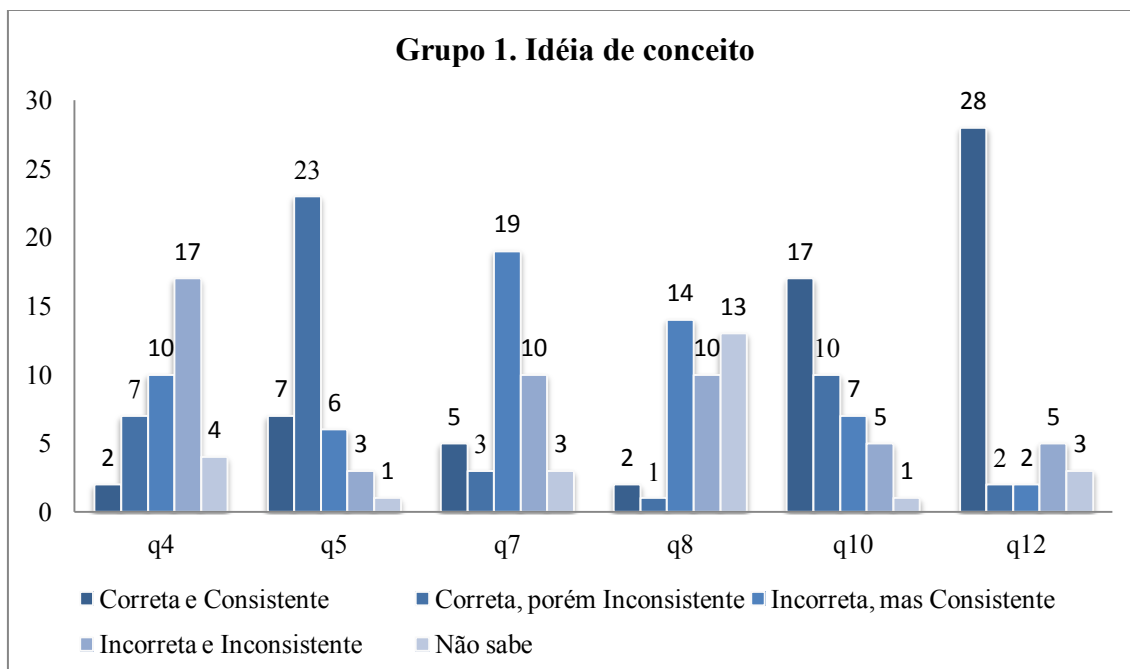


Figura 7. Distribuição das respostas das questões 4, 5, 7, 8, 10 e 12 (grupo 1) em categorias.

No eixo das abscissas estão as respostas para as questões agrupadas, separadas nas categorias A, B, C, D e E. Em cada coluna está o número de respostas correspondente.

As questões 5, 10 e 12, foram as que mais tiveram respostas corretas e, portanto, satisfatórias. Isso mostra que os conceitos mais básicos – galáxia, Big Bang, e velocidade da luz – estão presentes nos conhecimentos em boa parte dos alunos. No entanto, ainda não é plenamente satisfatório, como se pode ver na análise individual de cada questão. Vê-se necessário um aprimoramento destes conceitos.

As respostas das questões 7 e 8, se apresentam em maior número incorretas, porém os alunos tentam explicá-las fisicamente. Talvez os alunos já tenham ouvido falar de Buracos Negros ou Matéria Escura, mas estas idéias ainda aparecem como senso comum. Em especial, quase a totalidade dos alunos não sabia que a idéia de Matéria Escura vem do problema de massa faltante no Universo, que preenche 90% de seu todo e influencia sua expansão.

As respostas para a questão 4, surpreendentemente, se apresentaram com maior número relativo de respostas incorretas e inconsistentes comparando com as demais

respostas. Percebe-se, como já foi citado que a maior parte dos alunos pouco sabe sobre as grandezas astronômicas usadas para medir distâncias. Torna-se necessário então um tratamento das grandezas básicas para uma abordagem dos temas Astrofísica e Cosmologia.

## 2. Capacidade Explicativa

Trata-se das perguntas que solicitam explicações sobre determinado fenômeno. São perguntas do tipo “por quê?”. Consideram-se aqui algumas questões onde é possível observar a capacidade de relacionar e explicar determinado fenômeno físico relacionado à Astrofísica.

As questões são:

(q6) “*Por que o Sol não pára de queimar? O que mantém ele aceso?*”

(q9) “*Por que a Terra gira em torno do Sol? Por que ela não cai sobre ele?*”

Das respostas foram inferidas duas categorias de análise:

*A – “Boa ou razoável”* – Aquelas respostas que são capazes de explicar satisfatoriamente o fenômeno, que possuem relação de causa e efeito; e

*B – “Insatisfatória”* – Aquelas respostas incorretas, que não chegam próximo da explicação real aceita, ou mesmo aquelas do tipo “não sei”.

Passa-se então a avaliar as respostas de cada uma das questões deste grupo:

(Questão 6) “Por que o Sol não pára de queimar? O que mantém ele aceso?”

Já houve vezes em que o homem questionou se o Sol era fonte inesgotável de energia, e qual era a origem desta energia. Hoje já se sabe que o Sol não é uma fonte inesgotável e sua energia é proveniente das reações de fusão nuclear que ocorrem graças à elevada temperatura decorrente da pressão das massas em seu próprio campo gravitacional. Esperava-se respostas relacionada à fusão nuclear, à energia proveniente dos gases.

Das 40 respostas, 17 (42,5%) se encontram razoáveis (categoria A). Dificilmente é encontrada uma resposta certa, assim foram consideradas as que citam que gases são responsáveis pela “combustão” do Sol – o que está parcialmente correto, pois a fusão ocorre através de alguns tipos de gases (principalmente átomos de hidrogênio):

“Por conter gases que formam o fogo ao se inflamar. O que mantém o fogo aceso é esse gás” (Q3).

“[...] o que mantém ele aceso é uma substância dele mesmo” (Q26).

“Por que o Sol precisa emitir calor e luz. O que mantém o Sol aceso é os compostos químicos e também a gravidade” (Q21).

Desta forma, o restante das respostas, 23 (57,5%), se encontra na categoria B.

Veja alguns exemplos:

“Pela temperatura da galáxia que a mantém sempre quente e acesa” (Q1).

“Porque ele é uma estrela, e também ninguém foi lá para tentar apagar” (Q31).

“Porque precisa nos aquecer e iluminar o dia, sem o Sol não haveria dia” (Q22).

Curiosamente, algumas das respostas se apresentam como a Q22, pondo o efeito como motivador da causa. De um ponto de vista não deixa de estar certo, porém, não eram as respostas desejadas, isto é, queria-se saber os fenômenos físicos que mantém uma estrela acesa.

Apesar do aparente equilíbrio entre o número de respostas das duas categorias, quase a totalidade das corretas se apresentam inconsistentes, incompletas, com falta de detalhes, em nenhum dos casos foi apresentada a idéia de fusão nuclear. É necessário então trabalhar em cima deste tema que, além de tudo, possibilita a compreensão da vida e morte das estrelas.

(Questão 9) “Por que o a Terra gira em torno do Sol? Por que ela não cai sobre ele?”

Esta questão pode ser compreendida, classicamente, pela mecânica newtoniana. É um assunto importante para a Astronomia. Segue uma alternativa de resposta: o motivo pelo qual a Terra gira em torno do Sol é a força gravitacional e a massa do Sol ser muito maior que a da Terra; a Terra não cai sobre ele, devido exatamente ao seu movimento de translação, que causa uma força centrífuga em seu referencial e se equilibra com a gravitacional.

Na categoria A se agrupam 16 (40%) respostas. Veja alguns exemplos:

“A Terra gira em torno do Sol pela gravidade, mas não cai sobre ele pelo fato do Sol não possuir gravidade” (Q11).

“Por causa da gravidade” (Q3).

“Acredito que seja a gravidade do Sol que atrai a Terra. Porque esse é o limite que a gravidade do Sol pode atrair a Terra. (Q20).

Mesmo sendo consideradas satisfatórias – por citar a gravidade como responsável pelo giro –, nenhuma das respostas explica o motivo pelo qual a Terra não cai sobre o Sol.

O restante das respostas, 24 (60%), se encontram na categoria B. A maioria destas, tal como a Q22 da questão 6, citam o efeito como motivador da causa. São exemplos:

“Gira em torno do Sol para nascer o dia e a noite, para a nossa sobrevivência. A Terra não cai sobre o sol pois há algo que „segura“ o sol” (Q12).

“Para manter a Terra aquecida, e seus seres vivos. Não sei, acho que está em uma distância que não permite isso” (Q6).

O gráfico a seguir quantifica as respostas deste grupo em suas categorias:

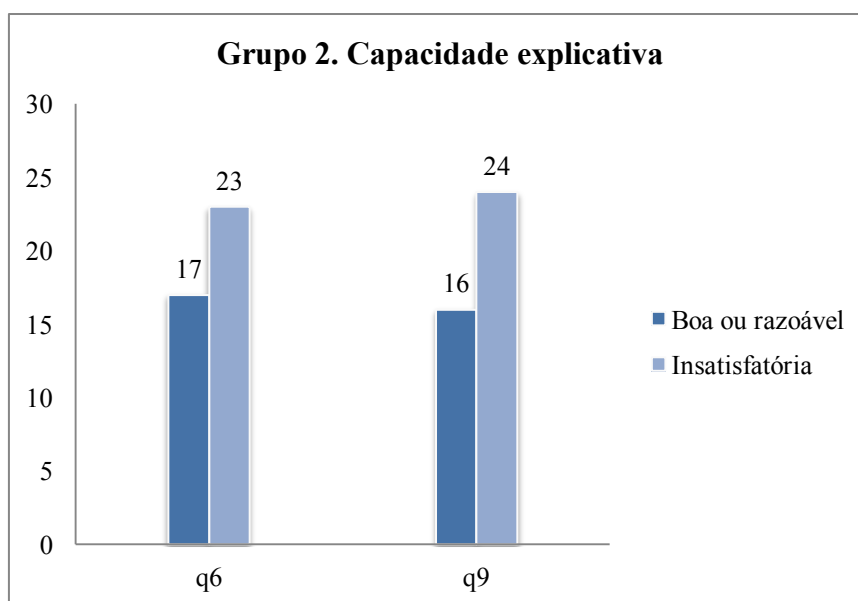


Figura 8. Distribuição das respostas das questões 6 e 9 (grupo 2) em categorias.

Conclui-se que é necessária uma abordagem sobre estes assuntos e similares no Ensino Médio. Grande parte dos alunos não conseguiu relacionar causa-efeito quando se solicitou a explicação física dos fenômenos.

### 3. Formato da Terra

A questão (q1) “Você acha que a Terra é redonda? Por quê?” não se encaixa nos grupos anteriores, pois suas respostas não se caracterizaram nas categorias correspondentes aos mesmos. No entanto é uma questão de extrema importância, tema de discussão durante muito tempo na história antiga do homem e que, ocasionalmente, ainda hoje, pode gerar dúvidas.

Das respostas foram inferidas duas categorias de análise:

*A – “Afirmativa e consistente”* – Aquelas respostas que afirmam que a Terra é redonda e justificam com a lei da gravitação, algum fato ou evidência;

*B – “Afirmativa, mas inconsistente”* – Aquelas respostas que afirmam que a Terra é redonda, porém não justificam, ou as justificativas são insuficientes.

*C – “Negativa”* – Aquelas que afirmam que a Terra não é redonda.

A categoria A conta com 13 (32,5%) respostas, das quais citam-se:

“Sim. Porque há fatos, fotos e informações que mostram que a Terra é redonda. Cristovão Colombo afirmou que a Terra é redonda” (Q34).

“Sim, pois quando um satélite mostra a imagem da Terra, ela é redonda” (Q24).

A maioria cita imagens de satélites como evidência científica.

Já na categoria B há 9 (22,5%) respostas, das quais citam-se:

“Sim, porque ela foi feita redonda para poder girar” (Q22).

“Sim, pois ela é elíptica” (Q19).

“Sim, porque quando Deus fez ele quis assim” (Q31).

A categoria C conta com 18 (45%) respostas. A maior parte destas se caracteriza por afirmar que a Terra não é redonda, mas é oval, elíptica, achatada nos pólos ou tem formato geóide (que por definição é a forma da Terra). Sabe-se que a Terra não é uma esfera perfeita, pois é achatada nos pólos; pode-se afirmar que ela é oval, elíptica, geóide, etc., mas ela não deixa de ser redonda. Há uma confusão entre o conceito redondo e o conceito esférico. Negar que a Terra é redonda foi considerado um erro.

“Não, porque ela é meio oval, um pouco achatada [...]” (Q15).

“Não. É achatada devido aos terremotos” (Q1).

“Não. De acordo com o que aprendi desde o Ensino Fundamental a Terra não é redonda, assim podemos medir os graus, meridianos e paralelos, sei que não é redonda, se fosse, como os raios solares atingiriam os pólos? Sei que não é redonda, mas acredito que os motivos são mais concretos que estes que citei [...]” (Q10).

O gráfico abaixo resume a distribuição das respostas nas categorias:

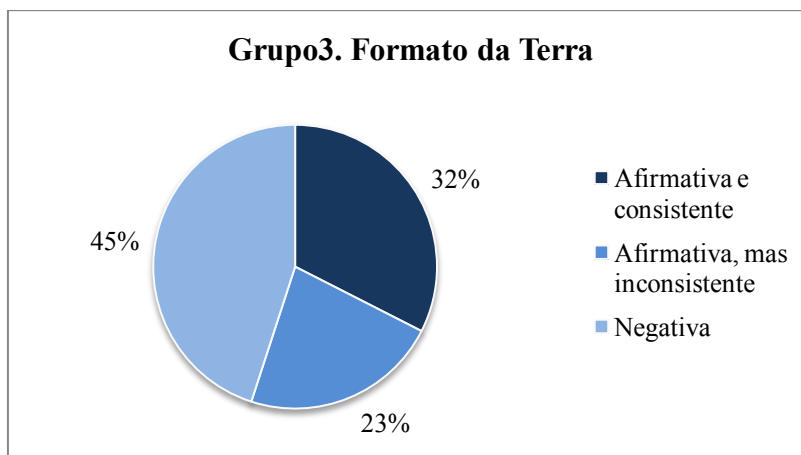


Figura 9. Distribuição das respostas da questão 3 em categorias.

Nota-se que a maior parcela dos alunos não conhece alguma evidência que sustenta a idéia de a Terra ser redonda. E quase metade dos alunos afirma que a Terra não é redonda, muitas vezes fazendo confusão entre conceitos redondo e esférico. Observa-se que nenhum aluno atribui a força gravitacional como responsável pelo formato redondo do planeta.

Como esta é uma questão básica da Astronomia, vê-se necessário a abordagem da mesma, extraindo estes erros conceituais dos alunos e apresentando as causas deste efeito (arredondamento de um planeta) e de muitos outros (tal como o porquê de uma estrela queimar).

Analisando, desta vez, de forma geral o resultado dos três grupos de questões, produz certo incômodo em saber a situação do grupo de alunos: há muita defasagem de conhecimentos e competências nesta área de estudo. Isso pode estar associado com a falta destes temas serem aplicados em sala de aula, onde a área da física estudada se compara a um punhado de areia em uma praia de conhecimentos. O tema *Universo, Terra e Vida* dos PCN+ está de acordo com uma abordagem destes tópicos (Astrofísica e Cosmologia), portanto é viável a inserção dos mesmos nesta turma.



### 3.2. Análise das provas

Os três grupos de questões que antes eram Idéia de Conceito, Capacidade Explicativa e Formato da Terra, para análise do questionário, desta vez são Idéia de Conceito, Questões Objetivas e Formato da Terra. A modificação foi necessária, pois a prova contém uma questão (p2) em que há sentenças para o aluno avaliar como verdadeiras ou falsas, sendo assim de um tipo objetivas; assim, um grupo único para elas facilita a categorização. É importante ressaltar que isso não afetará a comparação pré e pós-aplicação dos conteúdos.

A questão 8 da prova que trata da opinião dos alunos será discutida por último.

#### 1. Idéia de Conceito

As questões da prova que avaliam conceitos e se caracterizam dissertativas, são:

(p3) *O que é Big Bang? Dê uma evidência para o Big Bang;* e

(p5) *O que é um ano-luz?*

O questionário prévio também contém estas questões. Das respostas foram inferidas, utilizaram-se as mesmas quatro categorias de análise anteriores, já expostas: (A) Correta e Consistente, (B) Correta, porém Inconsistente, (C) Incorreta, mas Consistente, (D) Incorreta e Inconsistente, e (E) Não soube responder.

Passa-se a avaliar cada questão.

#### (p3) O que é Big Bang? Dê uma evidência para o Big Bang

Desta vez, todos os alunos responderam corretamente a questão. Isso mostra um grande avanço conceitual dos alunos sobre a teoria mais aceita cientificamente para o surgimento do Universo. Foram consideradas inconsistentes (B) aquelas consideradas incompletas ou que não trazem alguma evidência para o Big Bang.

Exemplos muito comuns de resposta para a categoria A são:

“Big Bang é a teoria mais aceita para a explicação do surgimento e desenvolvimento do Universo através de uma grande explosão, porém ela não consegue explicar o que ocorreu milésimos de segundos *antes* [na verdade, ela não explica os primeiros instantes]. Uma das evidências do Big

Bang é a radiação cósmica de fundo, onde Penzias e Wilson receberam prêmio Nobel” (P2).  
“É uma teoria que explica a formação do Universo. Radiação cósmica de fundo” (P9).

Verifica-se que respostas muito boas foram feitas pelos alunos. Já da categoria B são exemplos:

“Teoria dominante do desenvolvimento inicial do Universo sobre o qual uma grande explosão deu origem ao Universo” (P7).  
“A Teoria pra explicar o Universo” (P13).

A quantidade de respostas na categoria A foi muito boa: 29 (72,5%); e na categoria B foi o restante, 11 (27,5%); nenhuma resposta ficou nas demais categorias (C, D e E). Veja o gráfico:

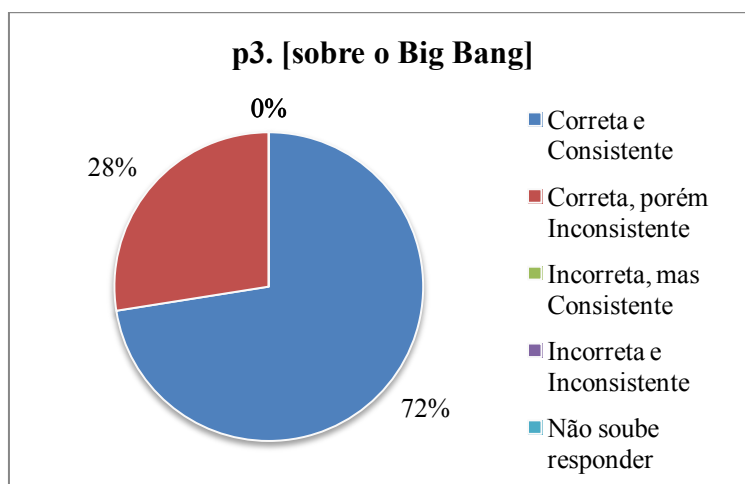


Figura 10. Distribuição das respostas da terceira questão prova em categorias.

O gráfico anterior (questionário) sobre o Big Bang mostra que quase 1/3 dos alunos responderam incorretamente. Já quando comparado a este, nota-se claramente o rendimento dos alunos, pois não houve resposta incorreta. Os conhecimentos que os alunos têm sobre o Big Bang podem ser muito mais ampliados e/ou melhorados com a inserção da Cosmologia no Ensino Médio.

#### (p5) O que é um ano-luz?

Antes da aplicação dos conteúdos, apenas 22,5% dos alunos responderam corretamente o que é um ano-luz, isto é, disseram ser uma medida de distância, sendo

que destes apenas 5% tiveram uma resposta avaliada como plenamente satisfatória. Já após a aplicação dos conteúdos, houve 80% de respostas corretas, sendo 75% plenamente satisfatórias. O gráfico a seguir representa a nova divisão:

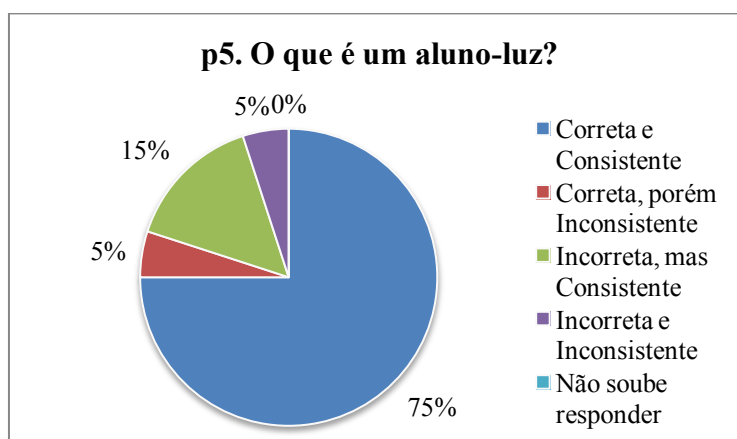


Figura 11. Distribuição das respostas da quinta questão prova em categorias.

A maior parte das respostas da categoria A se assemelham a:

“É a distância que a luz percorre em um ano” (P14).

Da categoria B:

“A distância que a luz percorre” (P35).

“É uma unidade de comprimento utilizado e correspondente a distância percorrida pela luz” (P18).

Da categoria C:

“É o tempo que a luz demora para dar uma volta no Universo (1 ano)” (P12).

“É a velocidade da luz em um ano” (P1).

Da categoria D:

“É o tempo que um planeta demora para dar uma volta completa” (P23).

Em um único gráfico, nota-se que a noção conceitual dos alunos sobre estas duas questões melhorou muito:

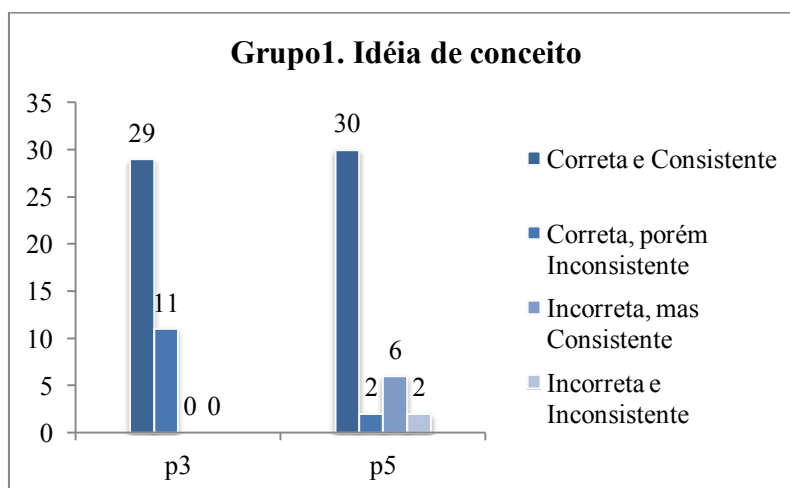


Figura 12. Distribuição das respostas primeiro grupo de questões da prova (3 e 4) em categorias.

## 2. Questões Objetivas

A segunda questão da prova (p2) é uma questão do tipo verdadeiro ou falso, portanto suas respostas são objetivas. As sentenças e suas correspondentes respostas em colchetes são as seguintes:

p2.1 *O sol é o centro do Universo* [falso];

p2.2 *Júpiter demora mais de um ano para completar uma volta em torno do Sol* [verdadeiro];

p2.3  $H + H \rightarrow He + \text{energia}$  é basicamente um processo de fusão que ocorre no interior do Sol e mantém ele aceso, onde *H* é hidrogênio e *He* é hélio [verdadeiro];

p2.4 *Um Buraco Negro é uma região do espaço que atrai tudo que está próximo para outra dimensão* [falso];

p2.5 *Segundo o Big Bang, a idade do Universo é de aproximadamente 15 bilhões de anos* [verdadeiro];

p2.6 *A velocidade da luz é a mais rápida do Universo* [verdadeiro].

Nem todos os itens destas questões (que também serão, de agora em diante, nomeados questões) podem ser comparados com questões correspondentes do levantamento prévio. Porém possibilitam uma avaliação geral dos alunos sobre os principais temas dos tópicos Astrofísica e Cosmologia.

A maioria dos alunos teve um ótimo rendimento nesta parte da prova. O gráfico a seguir comprova isso:

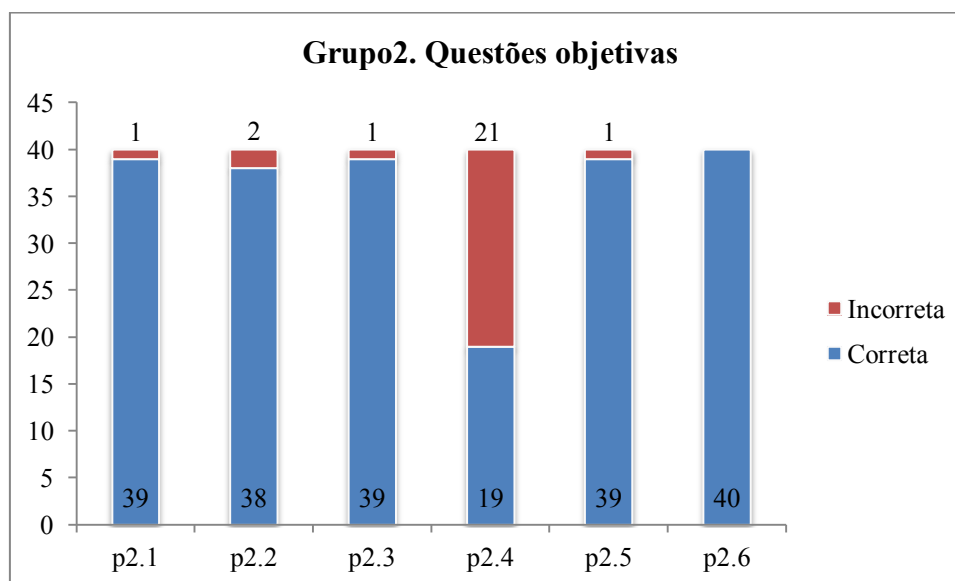


Figura 13. Distribuição das respostas do segundo grupo de questões da prova (itens da questão 2) em categorias.

As questões p2.1 e p2.2 tratam de assuntos relacionados à Astronomia básica. Seus resultados mostram que alunos assimilaram a idéia de que o Sol não é o centro do Universo, como muitos acreditam, mas ele gira em torno do núcleo da Via Láctea que é só mais uma das centenas de bilhões de galáxias existentes. Além disso, demonstram conhecimento das Leis de Kepler para o movimento dos planetas; através da terceira lei pode-se afirmar que Júpiter demora mais de um ano para dar uma volta completa em torno do Sol. Ressalta-se que para tratar assuntos relacionados à Astrofísica e Cosmologia é importante tratar também assuntos de Astronomia básica, isto pode funcionar como um tipo de pré-requisitos.

A questão p2.3 é basicamente a resposta para a questão (q6) “Por que o Sol não pára de queimar? O que mantém ele aceso?”. O que antes somente 17 (37,5% dos 40) alunos responderam ser gases responsáveis pela queima do Sol, agora 39 dos 40 assinalam a resposta correta para o fenômeno da fusão nuclear.

Infelizmente não houve rendimento considerável aparente sobre o conceito de Buraco Negro, pois metade dos alunos caiu na armadilha “para outra dimensão” contida na definição e assinalou verdadeiro, uma vez que a mesma é falsa. De todo modo, através do acompanhamento do aprendizado da turma houve a percepção de mudança quando ao conceito, pode-se afirmar – sem provas – que houve certo rendimento na concepção de Buraco Negro, afinal nem sempre provas são ótimas ferramentas para avaliarem o conteúdo.

A questão cosmológica p2.5 trata novamente do Big Bang, porém desta vez sobre a idade do Universo. Quase a totalidade dos alunos (39) concordou que o Universo é muito velho, tendo aproximadamente 15 bilhões de anos terrestres.

A última destas questões trata da propriedade da luz, o que antes 75% dos alunos afirmaram ser a luz a coisa mais rápida do Universo, agora 100% concorda com isso.

### 3. Formato da Terra

Este grupo corresponde à mesma espécie do grupo 3 do questionário. A questão correspondente na prova também é a primeira. Desta vez não se pergunta “por que a Terra é redonda”, mas se pede uma evidência para isso.

As categorias A (correta e com evidência), B (correta e sem evidência) e C (insatisfatória) ainda permanecem.

O que antes 45% dos alunos responderam insatisfatoriamente a questão, desta vez somente 2,5% (1 aluno) deles continuaram com respostas insatisfatórias. Isso corresponde a um grande progresso no que diz respeito à confusão anteriormente ocorrida com os conceitos redondo e esférico. Agora os alunos sabem que mesmo que a Terra não sege perfeitamente esférica é sim redonda, e 72,5% demonstraram uma evidência para isso. Veja o gráfico a seguir:

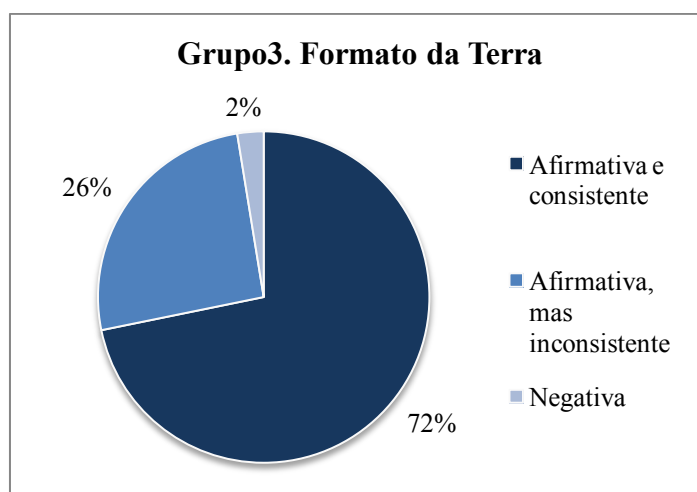


Figura 14. Distribuição das respostas do terceiro grupo de questões da prova em categorias.

### 3.3. Opinião dos alunos sobre as aulas

A última questão da prova, como já foi dito anteriormente, possibilita avaliar a opinião dos alunos sobre as aulas de Astrofísica e Cosmologia:

p8. *“(a) o que você achou das aulas de Astrofísica e Cosmologia? (b) Você passou a conhecer mais sobre o assunto? (c) Acha importante que todos tenham oportunidade de passar a ter conhecimentos básicos do Universo e de nosso lugar nele? Comente.”*

Ao ler as respostas, percebe-se uma grande motivação dos alunos pelos temas estudados. Palavras comuns aparecem em muitas delas, tal como Interessante, que aparece explicitando o interesse dos alunos pelo conteúdo em 28 (70%) das respostas examinadas, isso sem contar as mensagens implícitas. Também 70% dos alunos citam que obtiveram novos conhecimentos acerca do mundo físico e do Universo. Quinze respostas afirmam ser de grande importância tais assuntos serem tratados no Ensino Médio. Dez alunos elogiaram bastante as aulas ao responder esta questão – e todos eles elogiaram pessoalmente. Sete alunos citam ter bastante curiosidade no assunto. E todas as respostas concordam em ser importante que o conteúdo fosse ensinado para todos. Alguns alunos citam que estes conhecimentos são importantes para os tempos modernos e futuros, que são temas diferentes, e que fazem a física mais legal.

Citam-se algumas respostas:

“As aulas de Cosmologia foram interessantes e construtivas. Nelas, passamos a ter conhecimento de questões óbvias e ao mesmo tempo, complicadas. Cultivando e suprimindo nossa curiosidade. Esses conhecimentos básicos são necessários a todos os alunos não só porque é cobrado no vestibular, mas também porque é um assunto presente e futuro. Onde estamos? De onde viemos? São questões que a cosmologia consegue explicar e o que tivemos noção avançada nestas aulas. Talvez aqui seja o único momento em que física é „legal” (P2).

“Eu achei as aulas extremamente interessantes pois, além de eu me interessar sobre o assunto, o professor deixou as aulas atrativas. Sendo assim, passei a conhecer muito mais sobre o assunto e acho importantíssimo todos conhecerem isso. Francamente, foram as melhores aulas de física que tive” (P28).

“Acredito que as aulas de física são muito importantes para nossa vida. Esse tema é muito importante para nós, é um assunto curioso, com muitos detalhes. É um assunto incrível que deve continuar sendo ensinado, pois, é muito importante. É um assunto moderno, do futuro” (P14).

Fazendo um apanhado geral e sintetizando, vê-se que o objetivo deste trabalho foi cumprido. A inserção dos temas em uma turma do Ensino Médio foi bem sucedida e

os alunos reviram os conceitos, assimilaram novas idéias sobre o Universo, e, além disso, acharam um tema bastante importante, interessante e motivador.



## **Considerações finais**

Nunca foi fácil encontrar as respostas certas sobre a origem e funcionamento do Universo. A Astrofísica e a Cosmologia estão incansavelmente na busca pela compreensão dos eventos e pela ordem do cosmos. Sabendo que os PCN+ recomendam o tema estruturador Universo, Terra e Vida, viu-se uma necessidade de incluir estes assuntos no Ensino Médio, além do mais, são assuntos ricos em conteúdo, onde é possível o intercâmbio entre diferentes disciplinas.

Através da inserção em uma turma do Ensino Médio, este trabalho mostrou ser possível e viável a aplicação dos temas Astrofísica e Cosmologia. Os alunos, que antes apresentavam deficiências em descrever fenômenos e explicar conceitos, obtiveram um ótimo resultado após as aulas. Tornaram-se capazes em explicar o que antes não conseguiam com precisão ou nem mesmo tinham conhecimento. Os próprios alunos se manifestaram, afirmando que assimilaram novas idéias sobre o Universo, acharam o tema interessante, importante e motivador. Isso mostra que as aulas foram produtivas e causaram o efeito desejado.

Após todo este trabalho ter sido executado e os resultados analisados pode-se concluir que estes temas relacionados à vida e ao Universo formam a chave de ouro para a entrada ao mundo das ciências naturais.

Se fosse possível ampliar este resultado para outras escolas, supondo estarem em situações similares de escassez do tratamento destes temas, propõe-se que os mesmos se tornem parte integrante do conteúdo de Física Moderna no Ensino Médio

## Referências

AGUIAR, R. R. *Tópicos de Astrofísica e Cosmologia: uma aplicação de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio*. São Paulo: Universidade de São Paulo, Instituto de Física, Instituto de Química, Instituto de Biociências, Faculdade de Educação, 2010.

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

\_\_\_\_\_. Ministério da Educação (MEC), Secretaria de Educação Média e Tecnológica (Semtec). PCN+ Ensino Médio: Orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: MEC/Semtec, 2002.

Departamento de Astronomia do IAG-USP. Disponível em <<http://www.astro.iag.usp.br/index.php?dir=ensino&file=ensino.php?cod=extensao>> Acessado em 6 Nov 2011.

Divisão de Astrofísica do INPE. Disponível em <<http://www.das.inpe.br/ciaa/>> Acessado em 6 Nov 2011.

GLEISER, M. *A dança do universo: dos mitos de Criação ao Big Bang*. São Paulo: Companhia das Letras, 2006.

GREENE, B. *O Universo Elegante: Supercordas, Dimensões Ocultas, e a Busca pela Teoria Final*. Companhia das Letras, São Paulo, 2001

KANTOR, C. A. *A Ciência do Céu: Uma Proposta para o Ensino Médio*. São Paulo: Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo. Instituto de Física – Departamento de Física Experimental. 2001.

MOURÃO, D. R. *Astrofísica: Por que e como ensiná-la no ensino médio: Um estudo qualitativo da inserção da matéria de astrofísica no currículo de física pelos Parâmetros Curriculares Nacionais*. SCIENTIA PLENA, VOL. 5, NUM. 12. 2009.

NOBEL. "The 2011 Nobel Prize in Physics - Press Release". Nobelprize.org. 3 Nov 2011 [http://www.nobelprize.org/nobel\\_prizes/physics/laureates/2011/press.html](http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/2011/press.html)

NOBEL. "Press Release: The 2006 Nobel Prize in Physics". Nobelprize.org. 3 Nov 2011 [http://www.nobelprize.org/nobel\\_prizes/physics/laureates/2006/press.html](http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/2006/press.html)

ON. Observatório Nacional. *Glossário*. Disponível em <<http://www.on.br/glossario/>> acessado em 2 Nov 2011.

SAGAN, Carl. *Cosmos*. Tradução: Angelo do Nascimento. Revisão Técnica: Airton Lugarinho. Rio de Janeiro: F. Alves, 3ª Ed, 1982.

TIPLER, P. A. *Física Moderna*. Tradução: Ronaldo Sérgio de Biasi. LTC 3ª ed., Rio de Janeiro: 2001.

TOZINI-REIS, M. F. C. *Metodologia de Pesquisa Científica*. Curitiba: IESDE Brasil S.A, 2007.

\_\_\_\_\_. *O mundo assombrado pelos demônios: a ciência vista como uma vela no escuro*. Tradução: Rosaura Eichemberg. São Paulo: Companhia das Letras, 2006.

\_\_\_\_\_. *Sítio pessoal de Carl Sagan*. Disponível em <[www.carlsagan.com](http://www.carlsagan.com)>. Acessado em 20 SET 2011.

*Zeitgeist, o Filme. A maior história já contada*. (Legendado) Direção de Peter Joseph. 2007. Disponível em <<http://www.zeitgeistmovie.com/>> Acessado em 1 Set 2011.

## Apêndice A - Questionário para levantamento de dados

NOME: \_\_\_\_\_ Nº \_\_\_\_\_ SÉRIE \_\_\_\_\_ DATA: \_\_/\_\_/\_\_

### QUESTIONÁRIO DE FÍSICA

- 1) Você acha que a Terra é redonda? Por quê?
- 2) Quanto tempo a Terra leva para dar uma volta completa em torno do Sol? Marte demora mais ou menos que a Terra?
- 3) Você sabe dizer qual o tamanho do Sol? Quantos planetas Terra cabem dentro dele?
- 4) Em sua opinião o que é um **ano-luz**?
- 5) E uma **galáxia**, o que é?
- 6) Por que o Sol não pára de queimar? O que mantém ele aceso?
- 7) Você já ouviu falar de **buracos negros**? O que são eles? Como nós podemos vê-los?
- 8) E **Matéria Escura**, você já ouviu falar? O que seria?
- 9) Por que a Terra gira em torno do Sol? Por que ela não cai sobre ele?
- 10) Você sabe o que é **Big Bang**? Tente escrever o que é.
- 11) Como é possível medir a que distâncias as estrelas estão de nós?
- 12) Qual é a coisa mais rápida em todo o universo?

## **Apêndice B - Folha-resumo dos temas e parte das aulas**

### **Astrofísica e Cosmologia**

#### **Um pouco sobre a Terra**

Vamos tratar aqui apenas do seu formato geométrico:

A Terra é redonda. Atualmente, podemos verificar este fato através de imagens obtidas por satélites ou sondas espaciais. Nas épocas em que isto não era possível haviam outros meios de verificar. Podemos citar como exemplos a circunavegação, que é a viagem marítima em volta do globo terrestre; a observação de um navio que vai “afundando” lentamente no horizonte, quando observado do litoral; e um experimento muito importante realizado por Eratóstenes em Alexandria, que previu não só que a Terra era redonda, como também obteve uma boa aproximação para o tamanho de seu raio.

O diâmetro da Terra é aproximadamente 12.700 km, e ela é achatada nos pólos (não é uma esfera perfeita) por causa da força causada pela sua rotação que “empurra” as massas para “fora” no sentido de seu centro para o equador.

#### **Um pouco sobre os movimentos dos planetas**

Mercúrio, Vênus, Terra, Marte, Júpiter, Saturno, Urano e Netuno orbitam sobre o Sol. A trajetória de cada um deles é uma elipse (1ª Lei de Kepler). A velocidade é maior quando o mesmo planeta está mais perto do sol (fato derivado da 2ª Lei de Kepler). Os planetas mais distantes do sol, demoram mais tempo para dar uma volta completa (fato derivado da 3ª Lei de Kepler). A Terra completa uma volta a cada 365 dias e 6 horas.

#### **O Sol**

O Sol é a estrela mais próxima de nós, ele emite energia que é necessária para manter a vida na Terra. Nós podemos ver apenas a fotosfera. A distância da Terra ao Sol é definida como uma unidade astronômica (1 UA) que corresponde a 150 milhões de quilômetros. Nele “cabem” mais de 1 milhão e 300 mil Terras.

Utilizando o valor da potência que chega a Terra é possível calcular a luminosidade do Sol e com isso a temperatura da fotosfera, que é 5.800 Kelvin.

Se pudéssemos instalar uma usina de energia elétrica de 1000 megawatts em cada metro quadrado da superfície da Terra, todas as usinas combinadas produziriam apenas 0,1% da potência produzida pelo Sol.

Utilizando os dados já obtidos anteriormente na Lei da gravitação de Newton, é possível calcular a massa do Sol. Ele “pesa” mais de 300 mil Terras.

A pressão exercida pela gravidade próximo do centro do Sol é muito maior que a pressão que tenta manter o átomo coeso. Assim, no seu núcleo, a matéria está na forma ionizada, isto é, constitui o plasma. A temperaturas muito elevadas, o plasma promove a fusão do hidrogênio, que por sua vez se funde em elementos mais pesados, sempre liberando energia em forma de luz e radiação.

#### **Estrelas e Galáxias**

Via-láctea (nossa galáxia) → 100 bilhões estrelas.

Constelações: grupamentos aleatórios de estrela → 88.

Aglomerados de estrelas: (1) Galácticos → 20 a centenas de estrelas; (2) Globulares → 1000 a um milhão; basicamente compostos de hidrogênio.

A coisa mais rápida do Universo é a luz, sua velocidade é de 300.000 km/s. Um ano-luz é a distância que a luz percorre em um ano (~9,5 trilhões de km).

Distância ao centro da Via-láctea → 30.000 anos-luz (mesmo viajando a velocidade da luz, demoraríamos 30 mil anos para chegar lá).

Somando as massas de todas as estrelas e aglomerados de estrelas visíveis da Via-láctea, obtemos apenas 10% da massa necessária para manter o sistema coeso (funcionando; usando as leis de Newton); onde está o resto da massa? Isso é um problema. Há explicações e algumas já estão sendo comprovadas como a existência de Buracos Negros; outros agentes como Matéria Escura e neutrinos com massa ainda é um mistério.

Um buraco negro é uma grande quantidade de massa contida num pequeno lugar no espaço (seria como uma estrela extremamente densa), a força gravitacional é tão grande nas regiões próximas a ele que atrai até mesmo a luz, é por isso que não podemos vê-los, mas podemos observar objetos caindo dentro deles, ou que interagem com eles. Buracos negros são estudados através da teoria da relatividade de Albert Einstein por causarem uma grande curvatura no espaço-tempo.

As massas das estrelas variam de 0,08 a 60 massas solares. O tempo de vida de uma estrela depende de sua massa inicial, quanto maior a massa, maior o tempo de vida.

Evolução de uma estrela: Estrela → Gigante Vermelha → Nebulosa Planetária → Anã Branca. Este processo ocorre pelo consumo de H que se funde em He e este se funde em elementos mais pesados, aumentando a estrela de tamanho (gigante vermelha); depois disso a gravidade faz ela diminuir

de tamanho e se tornar por final uma anã branca. A cor tem haver com a energia da luz emitida. Ao fim a estrela pode morrer, se tornar um buraco negro ou uma supernova (explosão). Entre as galáxias e estrelas existe poeira interestelar.

**Cosmologia**

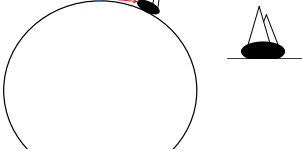




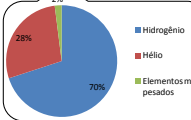
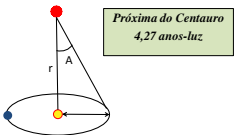
As equações de Einstein e as observações do físico Hubble mostraram que as galáxias estão se afastando; estas utilizam o princípio cosmológico (de que o universo é homogêneo e isotrópico); mapas com 2 milhões de galáxias situadas até 2 bilhões de anos-luz da Terra já foram montados a partir de observações.

Como as galáxias estão se afastando é possível determinar o tempo que elas estavam "juntas", a idade do universo, 15 bilhões de anos. A teoria em desenvolvimento, o Big Bang, consegue explicar, através dos conhecimentos atuais e já testados, até alguns segundos após a explosão que deu início a tudo que conhecemos hoje.

Arno Penzias e Robert Wilson receberam o Premio Nobel por detectarem a radiação cósmica de fundo que é uma evidência prevista pelo modelo Big Bang em 1965, que determina a temperatura média do universo (3k).

É possível que o Universo volte a se contrair, se a densidade final for maior ou igual a 5H por metro cúbico.

**A seguir segue um quadro com alguns slides das primeiras aulas dadas em multimídia**

<p><b>ASTROFÍSICA, COSMOLOGIA E A TERRA</b></p> <p>Elvis Camilo Ferreira, 4º Ano. UNESP Presidente Prudente 2011                  EE Profa. Mirella Pesce Desidere</p>	<p><b>A Terra</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>A Terra é redonda?</li> <li>Como provar isso?                         <ul style="list-style-type: none"> <li>Um navio no horizonte vai "afundando" no mar.</li> </ul> </li> </ul> 	<p><b>A Terra</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>A Terra é redonda?</li> <li>Como provar isso?                         <ul style="list-style-type: none"> <li>Um navio no horizonte vai "afundando" no mar.</li> <li>Circunavegação: Viagem marítima em volta do globo terrestre.</li> <li>Medidas realizadas com a luz do Sol (Eratóstenes)</li> <li>Imagens obtidas através de satélites artificiais.</li> </ul> </li> <li>O diâmetro da Terra é aproximadamente 12700 km.</li> </ul> 
<p><b>Recordando: Movimentos dos planetas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Mercurio, Vênus, Terra, Marte, Júpiter, Saturno, Urano e Netuno orbitam sobre o Sol.</li> <li>A trajetória é uma elipse. (→ 1ª Lei de Kepler)</li> </ul>  <ul style="list-style-type: none"> <li>A velocidade é maior quando o mesmo planeta está mais perto do Sol. (→ 2ª Lei de Kepler)</li> <li>A Terra completa uma volta a cada 365 dias e 6 horas.</li> <li>Os planetas mais distantes do sol, demoram mais tempo para dar uma volta completa. (→ 3ª Lei de Kepler)</li> </ul>	<p><b>O Sol</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>O Sol emite energia que é necessária para manter a vida na Terra;</li> <li>Estrela mais próxima;</li> <li>Podemos ver apenas a fotosfera;</li> <li>Distância 1 UA = <math>1,5 \cdot 10^8</math> km;</li> </ul>  <ul style="list-style-type: none"> <li>Potência que chega à Terra 1360 W/m²;</li> <li>É possível calcular a luminosidade do Sol, e com isso, a temperatura da fotosfera, que é 5800 K.</li> </ul>	<p><b>O Sol</b></p> <p><i>Se pudessemos instalar uma usina de energia elétrica de 1000 megawatts em cada metro quadrado da superfície da Terra, todas as usinas combinadas produziriam apenas 0,1% da potência produzida pelo Sol.</i></p>
<p><b>O Sol</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Lei da gravitação de Newton</li> <li>Massa do Sol = <math>1,99 \cdot 10^{30}</math> kg</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>A pressão exercida pela gravidade próximo do centro do Sol é cerca de 10 mil vezes a pressão que tenta manter o átomo coeso.</li> </ul>  <p>Plasma, <math>1,5 \cdot 10^7</math> K</p>	<p><b>O Sol</b></p> <p>Formação do Sol: altas temperaturas</p> <p>2 hidrogênios → 1 hélio + energia</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Existe um limite para a rapidez com que o Sol pode gerar energia.</li> </ul>	<p><b>As Estrelas</b></p> <p><b>Agglomerados de estrelas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Galáticos: 20 a centenas de estrelas</li> <li>Globulares: 1000 a um milhão</li> </ul>  <p>0,1% a 0,01% elementos pesados mais pesados que o He.</p>
<p><b>Estrelas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Distâncias das estrelas (mais próximas)</li> </ul>  <p>Próxima do Centauro 4,27 anos-luz</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Mais distantes → meios indiretos</li> </ul>	<p><b>As Estrelas</b></p> <p>Shapley → 200 aglomerados globulares estão distribuídos de forma aproximadamente esférica</p> <p>Distância ao centro: 30.000 anos-luz</p> <p>Via Láctea</p> <p>Velocidade do Sol: 250 km/s</p> <p>Ano galáctico: 250 milhões de anos</p>	<p><b>As Estrelas</b></p> <p>Neutrinos com massa</p> <p>Buracos Negros</p> <p>Matéria Escura</p> <p>Partículas Exóticas que interagem fracamente</p> <p>Problema</p>

## Apêndice C - Prova (questionário posterior)

NOME \_\_\_\_\_ Nº \_\_\_\_\_ SÉRIE \_\_\_\_\_ DATA \_\_\_\_\_

### AVALIAÇÃO DE FÍSICA (Elvis, Vera)

- 1) (15%) Qual é a forma da Terra? Dê uma evidência.
  
- 2) (30%) Indique **verdadeiro** ou **falso**
  - ( ) O Sol é o centro do universo.
  - ( ) Júpiter demora mais de um ano para completar uma volta em torno do Sol.
  - ( )  $H + H \rightarrow He + energia$  é basicamente um processo de fusão que ocorre no interior do Sol e mantém ele aceso, onde **H** é hidrogênio e **He** é hélio.
  - ( ) Um *Buraco Negro* é uma região do espaço que atrai tudo que está próximo para outra dimensão.
  - ( ) Segundo o *Big Bang*, a idade do Universo é de aproximadamente 15 bilhões de anos.
  - ( ) A velocidade da luz é a mais rápida do Universo.
  
- 3) (15%) O que é *Big Bang*? Diga uma evidência para o *Big Bang*.
  
  
  
  
  
- 4) (10%) Que forma tem a trajetória dos planetas que giram em torno do Sol?
  
  
  
  
  
- 5) (10%) O que é um *ano-luz*?
  
  
  
  
  
- 6) (10%) Qual é a estrela mais próxima de nós?
  
  
  
  
  
- 7) (10%) Quem verificou que as galáxias estão se afastando e o Universo se expandindo?
  
  
  
  
  
- 8) (obrigatória) (a) O que você achou das aulas de Astrofísica e Cosmologia? (b) Você passou a conhecer mais sobre o assunto? (c) Acha importante que todos tenham oportunidades de passar a ter conhecimentos básicos do universo e de nosso lugar nele? Comente.