

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
INSTITUTO DE FÍSICA / FACULDADE DE EDUCAÇÃO

**A CIÊNCIA DO CÉU:  
UMA PROPOSTA PARA O ENSINO MÉDIO**

Carlos Aparecido Kantor

Orientador:

Prof. Dr. Luís Carlos de Menezes

São Paulo

2001

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
INSTITUTO DE FÍSICA / FACULDADE DE EDUCAÇÃO

**A CIÊNCIA DO CÉU:  
UMA PROPOSTA PARA O ENSINO MÉDIO**

Carlos Aparecido Kantor

Dissertação apresentada ao Instituto de Física e à Faculdade de Educação como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências.

Comissão examinadora:

Prof. Dr. Luís Carlos de Menezes (orientador)

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Maria Lúcia Vital dos Santos Abib – FEUSP

Prof. Dr. Oscar Toshiaki Matsuura – IAGUSP

São Paulo

2001

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
INSTITUTO DE FÍSICA / FACULDADE DE EDUCAÇÃO

**A CIÊNCIA DO CÉU:  
UMA PROPOSTA PARA O ENSINO MÉDIO**

Carlos Aparecido Kantor

Dissertação apresentada ao Instituto de Física e à Faculdade de Educação como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências.

Orientador:

Prof. Dr. Luís Carlos de Menezes

São Paulo

2001

**FICHA CATALOGRÁFICA**  
**Preparada pelo Serviço de Biblioteca e Informação**  
**do Instituto de Física da Universidade de São Paulo**

Kantor, Carlos Aparecido

A Ciência do Céu: Uma Proposta para o Ensino Médio.  
São Paulo, 2001.

Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo.  
Instituto de Física – Departamento de Física Experimental

Orientador: Prof. Dr. Luís Carlos de Menezes  
Área de Concentração: Ensino de Ciências

Unitermos: 1. Ensino de Física;  
2. Astronomia no Ensino Médio;  
3. Astronomia e Interdisciplinaridade.

USP/IF/SBI-037/2001

A meu pai, que não  
pôde ver este  
trabalho concluído

## **AGRADECIMENTOS**

A Hercília Tavares de Miranda pelos mágicos ensinamentos.

A todos os colegas do “corredor do ensino” e do Grupo de Estudos e Pesquisa “Ciência e Linguagens”, pela troca de experiências, amizade, solidariedade e, sobretudo, pelas inúmeras sugestões que ajudaram a elaborar esta dissertação.

Aos colegas professores da Fundação Santo André e do Colégio Singular que muito me ajudaram e torceram por mim.

A todos os amigos que de muitas formas contribuíram para este trabalho e que, sendo tantos, é difícil citá-los nominalmente.

A Luís Carlos de Menezes, pela orientação, confiança, paciência, pelas milhares de idéias e, principalmente, pela amizade.

Obrigado a todos.

## **RESUMO**

Propomos a introdução de temas de Astronomia no ensino médio como parte do aprendizado de Física ou como elemento de ligação com outras disciplinas. No que tange à Física, especificamente, mostramos quais aspectos desta ciência estão diretamente relacionados com temas astronômicos e sinalizamos formas pelas quais a Astronomia poderia ser incluída. Nas relações com outras disciplinas limitamo-nos a algumas sugestões e recomendações.

Justificamos nossa proposta mostrando que a Astronomia é parte integrante da cultura, estando presente em obras artísticas, estimulando a imaginação humana em geral e sendo buscada pela população também como forma de lazer.

Mostramos que a Astronomia está ausente das aulas do ensino médio e pouco presente nos cursos de licenciatura em Física. A formação inadequada dos professores com relação a essa ciência é causa e consequência dessa ausência. Assim, indicamos algumas alternativas para os professores que queiram suprir suas deficiências nesse campo.

Sugerimos alguns temas que permitem o entrelaçamento entre disciplinas e propomos algumas atividades que propiciam uma participação ativa dos alunos e que podem ser aplicadas pelos professores em suas aulas a fim de levar aos alunos um pouco de conhecimento sobre essa interessante ciência.

## **SUMMARY**

We recommend the insertion of some topics of Astronomy into the high school programs as an essential part in the learning of Physics or as an element to make relation with other disciplines. In respect to Physics, specifically, we intend to show some aspects of this Science which are directly related to astronomical subjects, and we suggest some ways through which Astronomy could be included. Considering the relation to other disciplines, we limited ourselves to give some suggestions and recommendations.

We justify our proposal showing Astronomy as an essential part of culture, while it takes part in some works of art, increasing the human ability of creation and imagination in general, as well as we show Astronomy as a way of leisure searched by the people.

We point out Astronomy as a subject completely absent from our high school classes and we can observe how its presence in undergraduate courses to prepare high school physics teachers is rather rare. The unqualified graduation of our teachers in respect to this Science is the reason and yet the result of this privation. Thus, we indicate some alternatives for the teachers who want to compensate some deficiency in this area.

We propose some themes that permit to interlace the several branches of instruction just as some activities which enable the students to obtain an effective participation in their educational process. These activities can be applied by the teachers in their classes to give the students useful information about this interesting discipline.

## ÍNDICE

APRESENTAÇÃO .....	1
I. ASTRONOMIA E CULTURA .....	4
I.1. O ensino segundo as leis da educação nacional .....	4
I.2. A presença da Astronomia em manifestações culturais .....	7
I.3. Astronomia no cotidiano .....	18
I.4. O desconhecimento de assuntos astronômicos pela população .....	20
II. ASTRONOMIA E LAZER .....	26
II.1. Nas telas: filmes de sucesso que utilizam temas astronômicos .....	26
II.2. Livros: a presença da Astronomia .....	31
II.3. Filatelia e Astronomia .....	33
II.4. Ao vivo e simulado: observatórios e planetários .....	35
II.5. Empresas: a exploração comercial da Astronomia .....	40
III. O CONHECIMENTO DO PROFESSOR .....	44
III.1. A ligação da Astronomia com a Física .....	44
III.2. Astronomia na formação do professor de Física .....	48
III.3. Quem é o professor de Física nas escolas de ensino médio .....	50
III.4. A (falta de) Astronomia nos livros didáticos .....	53
III.5. Formação continuada de professores .....	55
III.6. Mostrando o caminho das pedras: onde buscar o conhecimento astronômico .....	58
IV. O QUE JÁ FOI FEITO .....	63

IV.1. Os projetos de ensino de Física .....	64
IV.2. Trabalhos recentes .....	68
IV.3. Aproveitando experiências anteriores .....	72
V. ASTRONOMIA PARA O ENSINO MÉDIO .....	76
V.1. Como incluir temas de Astronomia no ensino médio .....	76
V.2. Quais temas podem ser incluídos .....	78
V.3. Uma visão estruturada do universo .....	81
V.4. A evolução estelar como elemento essencial para o surgimento e manutenção da vida .....	91
V.5. Big Bang: mais um mito da criação? .....	99
VI. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	106
BIBLIOGRAFIA .....	110
ENCARTE: Pôster – Uma escala para o Universo .....	116

## APRESENTAÇÃO

Logo após ingressar na Universidade, em 1976, para estudar Física, comecei a trabalhar em colégios, atividade que mantenho até hoje, lecionando Física no ensino médio. Doze anos depois, passei a lecionar também no ensino superior, inicialmente no curso de licenciatura em Matemática, e atualmente ensinando a disciplina Física para licenciandos em Biologia, Física, Matemática e Química.

Meu contato com a Astronomia se deu durante a graduação, quando me matriculei em algumas disciplinas optativas dessa área e comecei a interessar-me pelo assunto. Ao mesmo tempo que ia aprofundando meus conhecimentos, ia ficando cada vez mais interessado na divulgação da Astronomia. Por esse interesse, durante seis anos desenvolvi cursos dessa ciência para o público leigo, com o apoio do colégio em que trabalhava. Mais tarde, continuei divulgando a Astronomia por meio de palestras e pequenos cursos que foram realizados durante feiras de ciências, semanas culturais ou outras oportunidades.

Também continuei participando de cursos como aluno, tendo freqüentado vários de extensão universitária. Porém, em determinado instante, percebi que tais cursos não mais me satisfaziam e resolvi procurar algo maior, algo que me ajudasse a compreender melhor todo o processo de ensino-aprendizagem e que me auxiliasse de forma eficaz nas aulas dos cursos que ministrava, tanto no ensino médio quanto no superior. O caminho natural seria o mestrado, que resultou nessa dissertação. Não por acaso, seu tema envolve os dois assuntos a que mais me dediquei: Ensino e Astronomia. Dessa forma, por trás desse trabalho há uma larga experiência de divulgação de Astronomia e de ensino formal no nível médio, tendo vivido toda sorte de dificuldades, como ter deixado algumas pessoas frustradas por não conseguir com a Astronomia interpretar “mapas astrais”.

Procurei sempre apresentar um trabalho que integrasse a Astronomia ao ensino formal, mas não como uma disciplina a mais e, sim, permeando as disciplinas já existentes e servindo como elo de ligação entre elas. Essa é a essência desse trabalho que inicia dando uma breve visão das características do ensino médio indicadas pela Lei de Diretrizes e Bases da

Educação Nacional de 1996, e pela regulamentação que se seguiu, as quais apontam para uma organização interdisciplinar e contextualizada dos conteúdos que devem ser desenvolvidos nesse nível de ensino. A seguir mostra que a Astronomia é parte integrante da nossa cultura, traz alusões a fenômenos astronômicos presentes em diversas manifestações artísticas e também, diretamente ou não, em nosso cotidiano, revelando ainda vários erros astronômicos cometidos pelos meios de comunicação e também em livros didáticos.

O segundo capítulo mostra que questões relativas ao universo, como sua gênese e evolução ou a possibilidade de existirem formas de vida inteligentes fora da Terra, são particularmente atraentes ao público, como se pode constatar pelo sucesso de filmes, livros e revistas que abordam esses temas. Também destaca que os planetários e observatórios são muito procurados pela população como forma de lazer cultural. Esse interesse levou ao surgimento de empresas que se dedicam a explorar comercialmente esse novo campo do mercado e, no instante em que a versão final dessa página estava sendo revisada, encontrava-se em órbita o primeiro turista espacial.

Por outro lado, contraditoriamente, o estudo da Astronomia encontra-se afastado do ensino formal, tanto no nível médio quanto no superior, como mostra o capítulo seguinte. Nem mesmo os cursos de licenciatura em Física, com poucas exceções, fornecem esse conhecimento para os graduandos. Assim sendo, o professor não está preparado para a tarefa de ensinar Astronomia e faltam materiais e metodologias para auxiliá-lo a apropriar-se desse conhecimento e a apresentá-lo a seus alunos. Pesquisadores em ensino de Ciência e astrônomos têm dado contribuições nesse sentido, a exemplo dessa dissertação que pretende ser uma dessas contribuições.

O capítulo seguinte, faz uma análise dos trabalhos sobre ensino de Astronomia na educação básica, desde os grande projetos de ensino nos anos sessenta e setenta, até os mais recentes. Constata um sensível aumento na qualidade de tais trabalhos, mostrando uma preocupação crescente com essa questão.

O último capítulo traz uma proposta de como a Astronomia pode ser incluída no ensino médio, analisa quais temas podem ser tratados e que atividades podem ser desenvolvidas pelos professores que gostarem do assunto e se dispuserem a tentar novos enfoques em sua prática didática. A proposta busca levantar os conhecimentos prévios dos alunos sobre os assuntos a serem tratados, estimula a sua participação nas atividades e procura contextualizá-las.

Uma visão de ensino e do papel que a Astronomia pode desempenhar nele são trazidos nas considerações finais, reafirmando a convicção de que o sistema educacional do país,

apesar de todas as dificuldades, tem condições de melhorar, dependendo também de um aperfeiçoamento dos professores, agentes essenciais da educação.

## **I. ASTRONOMIA E CULTURA**

O conhecimento humano aumenta constantemente e de forma muito rápida. No entanto, o conhecimento que é transmitido nas escolas continua o mesmo há décadas, apenas com algumas alterações e adaptações.

As mais recentes leis sobre a educação no Brasil estabeleceram novas características para o ensino médio e uma nova forma de organização e finalidade dos conteúdos, sugerindo a introdução de conhecimentos mais recentes agregados aos conteúdos tradicionalmente estabelecidos e que devem ser apresentados de uma forma mais adequada para os estudantes de hoje, uma vez que, na última década, o número de alunos da escola média saltou de três milhões e meio para quase oito milhões.

Entre esses conhecimentos, como apontam os Parâmetros Curriculares Nacionais (Brasil, 1999), inclui-se a Astronomia, uma ciência inseparável da cultura humana há milhares de anos e que, de forma explícita ou não, está presente em diversas formas de manifestações culturais e em fenômenos do nosso cotidiano. No entanto, ela tem estado afastada das salas de aula, o que leva a um amplo desconhecimento que pode ser observado em vários erros cometidos pelos meios de comunicação e, infelizmente, também por professores e autores de livros didáticos ao tratarem de fatos astronômicos.

### **I.1. O ensino segundo as leis da educação nacional**

A lei 9394/96, que estabelece as diretrizes e bases da educação nacional, propõe uma alteração significativa nas características do ensino médio, anteriormente visto apenas como uma etapa pré-faculdade ou então profissionalizante, colocando-o como parte integrante e final da educação básica, cuja finalidade é proporcionar ao educando uma formação indispensável ao exercício da cidadania e que, ao mesmo tempo, lhe ofereça condições de seguir seus estudos em nível superior e de obter sucesso no trabalho.

Para alcançar esses objetivos, propõe que os currículos dos ensinos médio e fundamental contemplem o estudo da Língua Portuguesa e da Matemática, o conhecimento do mundo físico e natural e da realidade social e política.

Especificamente no ensino médio, o currículo deverá destacar a educação tecnológica básica e a compreensão do significado das ciências, das letras e das artes, buscando “o aprimoramento do educando como pessoa humana, incluindo a formação ética e o desenvolvimento da autonomia intelectual e do pensamento crítico”, adotando “metodologias de ensino e de avaliação que estimulem a iniciativa dos estudantes” e que estes, ao final do ensino médio, devem “dominar os princípios científicos e tecnológicos que presidem a produção moderna”.

Observamos um rompimento com o que ocorre atualmente no ensino (salvo raras exceções), onde os cursos são divididos em disciplinas isoladas e estanques, as quais apresentam os conhecimentos de forma fechada e acabada, sem que se faça relação com o mundo real, o que certamente não favorece o desenvolvimento do pensamento crítico nem a autonomia intelectual do aluno.

De modo oposto, para que o educando tenha um conhecimento real do mundo físico e natural, é necessário desenvolver a sua capacidade de análise e interpretação dos fenômenos naturais, de reconhecimento de igualdades, diferenças e transformações que existem e ocorrem na natureza e também de compreender que as ciências interpretam tais acontecimentos a partir da visão dos próprios cientistas, portanto impregnadas de crenças e emoções dos mesmos.

Também a resolução número 3, de 26 de junho de 1998, da Câmara de Educação Básica do Conselho Nacional de Educação, que institui as diretrizes curriculares para o ensino médio, estabelece que na organização do currículo e situações de ensino e aprendizagem, a “estética da sensibilidade deverá substituir a da repetição e padronização, estimulando a criatividade, o espírito inventivo, a curiosidade pelo inusitado e a afetividade...” e que “os conteúdos curriculares não são fins em si mesmos, mas meios básicos para construir competências cognitivas ou sociais, priorizando-as sobre as informações”.

Ao destacar que os conteúdos não são o objetivo final da educação, a resolução deixa muito claro que o que se pretende não é uma transmissão pura e simples do conhecimento, para que o aluno o repita na avaliação. Sua função é proporcionar meios para o desenvolvimento do educando, tanto intelectual, como afetiva e socialmente.

Também é assinalado que a interdisciplinaridade tem um papel fundamental em todo esse processo, uma vez que grande parte do conhecimento está de alguma forma ligado a outros e, aproveitando-se dessas inter-relações, deve-se propiciar ao educando uma compreensão mais ampla da realidade. Essa compreensão deve se dar a partir das experiências prévias dos alunos para tornar-se significativa. Assim, é fundamental que, sempre que possível e desejável, o conteúdo apresentado seja relacionado com situações próximas e familiares aos alunos.

Essa mesma resolução reúne as disciplinas Biologia, Física, Matemática e Química em uma área de conhecimento denominada *ciências naturais, matemática e suas tecnologias*, mas lembra que a interdisciplinaridade não elimina as especificidades de cada uma. Existem características inerentes aos métodos da Biologia como existem outras inerentes aos da Física, as quais devem ser desenvolvidas particularmente em cada disciplina. Uma comparação entre as diversas maneiras de encarar, descrever e explicar a natureza pode mostrar aos alunos que cada ciência faz análises dos fenômenos a seu modo e que, por esse motivo, não esgota a compreensão de um dado acontecimento, sendo necessária uma complementação por meio das visões proporcionadas por outras disciplinas.

Portanto, interdisciplinaridade não significa abandonar o conhecimento disciplinar, nem que todas as disciplinas devam tratar simultaneamente de um mesmo tema. Como exemplo: certa vez uma aluna me consultou desesperada. “Professor, na próxima semana a escola em que leciono vai trabalhar o tema folclore. O que eu posso fazer nas aulas de Física que seja relacionado com folclore?” Talvez devesse ter-lhe sugerido que ensinasse Astronomia, que é algo “folclórico” no atual ensino de Física. As disciplinas da área de ciências devem continuar existindo de forma autônoma, porém não isoladas. Um mesmo tema, quando possível, pode e deve ser abordado em disciplinas diferentes, com métodos, enfoques e visões pertinentes a cada uma delas. Por exemplo, a possibilidade de aparecimento de vida em um planeta e as condições necessárias para sua manutenção e evolução envolvem aspectos evidentemente ligados à Biologia, mas também à Química e à Física. Então esse tema pode ser tratado de uma maneira interdisciplinar e integrada.

Com a evolução do conhecimento, outros campos se estabeleceram e atualmente não se pode enquadrar todo o estudo da natureza apenas como sendo da Biologia, da Física ou da Química, mas também da Astronomia, da Geologia e da Meteorologia, entre outros, e uma vez que se deseja um ensino amplo e multidisciplinar, essas últimas devem também fazer parte dos currículos do ensino médio. Entretanto, não é necessário acrescentar novas

disciplinas. Os conhecimentos dessas áreas podem ser tratados pelas disciplinas já contempladas nos currículos, nos aspectos em que forem pertinentes.

A Astronomia pode ser um ótimo tema para desenvolver a capacidade de observação, análise e interpretação de fenômenos naturais, uma vez que alguns acontecimentos astronômicos são de fácil observação. Outra vantagem da Astronomia é que alguns de seus fenômenos têm implicação no cotidiano: a contagem do tempo, o dia e a noite, as fases da Lua e as estações do ano são experiências vivenciadas por todos, portanto pode-se partir deles para obter-se um aprendizado significativo. Além disso, o céu é um laboratório à disposição de tantos quantos queiram se utilizar de suas facilidades para o ensino.

Assim, a Astronomia tem muito a contribuir para que os estudantes do ensino médio adquiram uma visão ampla e interdisciplinar do mundo físico e natural, pois nenhum outro ramo do conhecimento humano tem uma ligação tão forte com o universo, localizando o ser humano como parte dele. Aliás, uma parte muito pequena.

## **1.2. A presença da Astronomia em manifestações culturais**

O estudo dos astros talvez tenha sido a primeira atividade científica do ser humano. Ignora-se quando os primeiros seres humanos se interessaram pelo Sol, pela Lua ou por aqueles pontos brilhantes no céu noturno, mas provavelmente o fizeram quando perceberam sua relação com as necessidades do cotidiano. Com o passar do tempo, os conhecimentos adquiridos foram incorporados a outras manifestações culturais e hoje verificamos a presença de conteúdos astronômicos em diversas obras, nos mais diversos campos, períodos da história e regiões da Terra.

Na Arquitetura temos vários exemplos dessa presença, sendo que um dos monumentos mais antigos, e também dos mais conhecidos, que tem relação com fenômenos celestes é Stonehenge, localizado próximo da cidade de Salisbury, sul da Inglaterra. Foi construído ao longo de muitos séculos, tendo sido a sua construção básica datada de 2800 a.C. e concluído por volta de 1100 a.C. A finalidade de tal construção ainda gera controvérsias, mas a opinião predominante entre os arqueólogos é de que tenha sido um templo com fins religiosos (Ronan, 1987). O que não deixa dúvidas é a ligação que este monumento apresenta com fenômenos astronômicos.

Stonehenge é um monumento formado por agrupamentos de pedras, algumas trabalhadas, outras não, dispostas em forma de circunferências e ferraduras, juntamente com

outras alterações propositais do terreno, tais como escavações e construções de montículos. Uma descrição detalhada de Stonehenge pode ser encontrada em Niel (1976).

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, 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.

As civilizações da América pré-colombiana também edificaram cidades e templos cuja orientação espacial tem relação com posições de astros no céu em algumas épocas do ano.

Levantamentos realizados em um grande número de sítios arqueológicos localizados na região central do México, revelaram que os planos da base da maioria deles compõem-se de um gradeamento ortogonal cujos eixos principais apresentam um pequeno giro no sentido horário em relação aos pontos cardeais, como é o caso de Tiotihuacán, construída por volta do segundo século da era cristã. O eixo principal dessa cidade tem um deslocamento angular de  $15^{\circ} 25'$  para o leste do norte verdadeiro.

A busca de astros relacionados com essa orientação levou a algumas possibilidades, sendo a mais provável o grupo das Plêiades, pequeno aglomerado de estrelas localizado na constelação do Touro. Na época da construção de Teotihuacán, quando observadas dessa região, as Plêiades se punham em um ponto do horizonte deslocado de menos de  $1^{\circ}$  com relação ao eixo leste-oeste da cidade. Além disso, seu nascer helíaco, reaparecimento anual de uma estrela no céu matutino pré-crepuscular, ocorria próximo a um dos dois dias em que o Sol, em seu movimento anual norte-sul, passava pelo zênite local.

Esses fatos, conjugados com a importância que o grupo das Plêiades apresentou no conhecimento meso-americano sobre o céu, fazem delas as maiores candidatas para a fonte dos alinhamentos das cidades da região e mostram o comprometimento das construções com os astros celestes (Aveni, 1991).

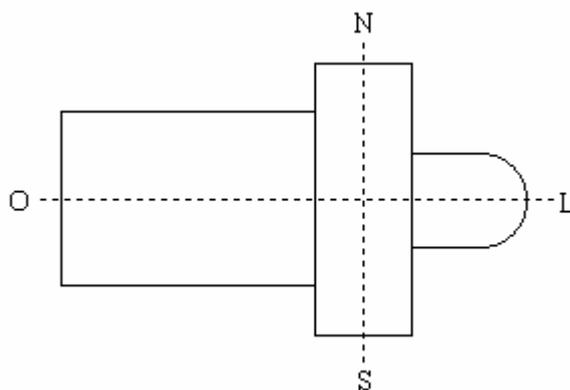
Na América do Sul, o Sol, ou Inti, em linguagem quêchua, foi a divindade máxima para os incas, que se intitulavam “filhos do Sol”. Outros corpos celestes também eram adorados, como a Lua, Quilla, e a região da atual constelação de Lira, na qual eles identificavam uma lhama, e que era invocada em todas as ocasiões em que necessitavam de ajuda (Ronan, 1987).

A maior festa da cultura Inca, a Inti Raymi, era realizada na época do ano em que ocorria o solstício de inverno e o Sol estava mais afastado no sentido norte, o que hoje corresponde aproximadamente ao dia 21 de junho. A festa tinha por intenção deter o afastamento do Sol para o norte, trazendo-o de volta para tornar possível uma boa colheita na próxima safra. Ao mesmo tempo, era uma festa em agradecimento à existência do deus Sol, que, com sua luz e calor, dava vida e sustentava a todos os seres da Terra (Cortazar, 1986).

Embora adorar o Sol não signifique necessariamente conhecer Astronomia, a realização de sua maior festa na época de um solstício mostra que os incas tinham conhecimento dos movimentos do Sol e isso só seria possível por meio da realização de observações e registros sistemáticos das posições do Sol no céu.

Para isso, os incas construíram observatórios, os intiwatanas, em vários pontos do seu vasto império. No entanto, para eles, os observatórios não eram apenas centros de investigação e estudo dos movimentos dos corpos celestes. Como os astros eram divindades superiores e a eles se rendiam cultos, as pesquisas estavam relacionadas com a religião. Ao mesmo tempo que se rendia culto ao Sol, eram inevitáveis a observação e conhecimento dos solstícios e equinócios. Assim, os intiwatanas não eram frios observatórios astronômicos alheios a outras atividades, mas foram, necessariamente, templos muito importantes (Vargas, 1986).

Também os templos cristãos construídos na antigüidade tinham sua orientação espacial definida pelos movimentos do Sol. Em geral, o traçado do plano da base das catedrais góticas tinha a forma de uma cruz. A nave, espaço longitudinal entre as fileiras de colunas que sustentam a abóbada, desde a entrada até o altar, tinha a forma de um retângulo. O transepto, galeria transversal que forma a cruz com a nave, tinha a forma de outro retângulo, mas com dimensões menores. Um quadrado com um semi-círculo acoplado a um dos lados formava a abside, local onde se encontra o altar (figura I.1).



## I.1 Um exemplo de traçado do plano da base das catedrais góticas

O eixo maior da nave estava orientado na direção leste-oeste, com a abside do lado leste, enquanto que o transepto, por sua vez, tinha o eixo maior orientado na direção norte-sul. Dessa forma, a igreja, tendo seu eixo principal paralelo ao equador, movia-se, juntamente com a Terra, em direção ao nascer do Sol. (Hani, 1981).

Essa orientação do plano da base das catedrais guarda semelhança com a orientação dos centros cerimoniais da meso-américa antiga. Embora os direcionamentos tenham como base astros diferentes, na essência estão ligados aos movimentos celestes.

Citações de aspectos astronômicos também são encontradas em obras literárias, como podemos observar nos trechos seguintes.

No poema *As Estrelas*, de Olavo Bilac, publicado em 1904, o autor descreve o anoitecer e o surgimento do céu estrelado:

### *AS ESTRÉLAS*

*Quando a noite cair, fica à janela!  
E contempla o infinito firmamento.  
Vê que planície fulgurante e bela!  
Vê que deslumbramento!*

*Olha a primeira estrêla que aparece  
Além, naquele ponto do horizonte...  
Brilha, trêmula e vívida... Parece  
Um farol sobre o píncaro monte.*

*Com o crescer da treva,  
Quantas estrêlas vão aparecendo!  
De momento em momento uma se eleva,  
E outras, em torno dela, vão nascendo.*

*Quantas agora!...Vê! Noite fechada...  
Quem poderá contar tantas estrêlas?  
Tôda abóbada está iluminada.*

*E o olhar se perde e cansa-se de vê-las*

*Surgem novas estrélas imprevistas...*

*Inda outras mais despontam...*

*Mas acima das últimas que avistas,*

*Há milhões e milhões que não se contam...*

*Baixa a fronte e medita:*

*- Como, sendo tão grande na vaidade,*

*Diante desta abóbada infinita,*

*É pequenina e fraca a humanidade! (Bilac, 1965)*

Notamos a fascinação e o encanto do poeta com o surgimento de um sem número de estrelas no céu, algumas imprevisíveis para ele, mas perfeitamente previsíveis para astrônomos. A maioria das pessoas, que tenha observado o céu estrelado em uma região livre da luminosidade das grandes cidades, entenderá perfeitamente esse encantamento. Interessante também o final do poema, quando se lembra a pequenez da humanidade frente à imensidão do firmamento.

Retornando para a segunda metade do século XVI, em *Os Lusíadas*, de Luís de Camões, uma das mais extraordinárias epopéias já escritas, existem várias referências astronômicas. Uma análise detalhada desse conteúdo pode ser encontrada em Mourão (1998).

Como exemplo, tomemos o episódio do Canto X, quando a deusa Tétis conduz Vasco da Gama a um monte e descreve-lhe a “máquina do mundo”, concepção mecanicista do universo predominante na época, que, numa descrição simplificada, supunha os astros celestes presos a esferas que giravam ao redor da Terra. As estrofes a seguir são parte dessa descrição.

87 *Olha o outro debaxo, que esmaltado*  
*De corpos lisos anda e radiantes,*  
*Que tambem nelle tem curso ordenado*  
*E nos seus axes correm scintillantes*  
*Bem vês como se veste e faz ornado*  
*Co largo cinto de ouro, que estellantes*

*Animais doze traz afigurados,  
Apousentos de Phebo limitados*

88 *Olha por outras partes a pintura  
Que as estrellas fulgentes vão fazendo:  
Olha a Carreta, atenta a Cynosura,  
Andromeda e seu pai, e o Drago horrendo;  
Vê de Cassiopea a fermosura,  
E do Oriente o gesto turbulento;  
Olha o Cisne morrendo que suspira  
A Lebre e os Cães, a Nao e a doce Lyra*

89 *Debaxo d'este grande Firmamento  
Vês o ceo de Saturno. Deos antigo;  
Jupiter logo faz o movimento,  
E Marte abaxo, bellico inimigo;  
O claro olho do ceo no quarto assento,  
E Venus, que os amores traz consigo;  
Mercurio, de eloquencia soberana;  
Com tres rostos debaxo vai Diana. (Camões, 1964)*

Na estrofe 87 está descrita a esfera das estrelas fixas, a cuja existência provavelmente se associou a expressão “firmamento” que nós mesmos usamos há pouco. O largo cinto de ouro corresponde ao zodíaco, faixa do céu dentro da qual o Sol, a Lua e os planetas deslocam-se com o decorrer dos dias. Nessa faixa encontram-se as doze constelações, na verdade são treze, relacionadas aos signos da astrologia, a maioria com nomes de animais. As “outras partes”, citadas no primeiro verso da estrofe 88, referem-se às regiões fora do zodíaco, onde existem várias outras constelações, algumas delas mencionadas nos versos seguintes.

As sete esferas restantes, localizadas abaixo da esfera das estrelas fixas, arrastavam, cada uma, um planeta: a sétima esfera era a de Saturno, a sexta de Júpiter, a quinta de Marte, a quarta do Sol (o claro olho do céu), a terceira de Vênus, a segunda de Mercúrio e a primeira da Lua (Diana), sendo que os três rostos citados correspondem às fases cheia, quarto

crescente e quarto minguante. A outra fase clássica, nova, evidentemente não é citada porque não é visível no céu.

Essa mesma concepção do universo é utilizada, no teatro, por Shakespeare em sua peça *Tróilo e Cressida* que foi escrita nos primeiros anos do século XVII e é ambientada na lendária Tróia e no acampamento grego defronte da cidade. Quando o comandante grego Ulisses deseja destacar a necessidade da hierarquia, utiliza os astros como exemplo, como podemos acompanhar a seguir.

*... A hierarquia*

*embutada se achando, os seres ínfimos  
com máscara aparecem mui vistosos;  
os próprios céus, os astros e seu centro  
revelam propriedade, grau e postos,  
hora, estação, parada, curso e forma,  
hábito e ofício em modelar seqüência.  
Por isso tudo o sol, planêta excelso,  
em nobre preeminência o trono ostente  
em sua esfera própria, entre outros astros;  
seu olho salutar corrige os males  
que as estrêlas nocivas ocasionam,  
e como editos reais, sem contradita  
promove bens e males. Porém, quando  
em nociva mistura os astros andam,  
desordenadamente, que de pragas,  
portentos, que desordens, terremotos,  
que agitações dos ventos e das ondas  
transmutações, catástrofes, horrores,  
fendem, abalam, desarreigam, tiram,  
quase dos próprios gonzos a unidade  
e a calma consorciada dos Estados!  
Quando abalada fica a hierarquia,  
que é a própria escada para os altos planos,  
periclita a obra toda ... (Shakespeare, 1966)*

Mais uma vez temos o modelo de planetas presos a esferas, realizando seus movimentos de forma mecânica e organizada, transmitindo uma idéia de harmonia e precisão. Porém, os deslocamentos dos astros pelo céu não são todos iguais. Para explicar o movimento de cada planeta, o deslocamento de sua esfera está subordinado ao de outras, numa ordem pré-estabelecida, ou como observa Shakespeare, mantendo uma hierarquia que é obedecida e garante a harmonia do firmamento.

Mudemos para a música, onde encontramos um exemplo da presença de temas astronômicos na obra do compositor inglês Gustav Holst, que se inspirou nos corpos celestes para compor sua mais famosa peça: *Os Planetas*.

A composição é dividida em oito movimentos:

- Marte, o Portador da Guerra;
- Vênus, o Portador da Paz;
- Mercúrio, o Mensageiro Alado;
- Júpiter, o Portador da Alegria;
- Saturno, o Portador da Velhice;
- Urano, o Mágico;
- Netuno, o Místico.

Lembremo-nos que Plutão ainda não havia sido descoberto na época em que *Os Planetas* foi composta (1914 – 1917).

Provavelmente a inspiração para essa obra tenha sido mais de cunho astrológico do que astronômico, uma vez que Holst tinha interesse pela Astrologia, despertado por um amigo, o escritor Clifford Bax, ele próprio um astrólogo. Na composição, Holst associou uma característica a cada planeta, da mesma forma que fazem os astrólogos.

*Marte, o Portador da Guerra* confere à obra um início duro e aterrador; é uma passagem brutal, violenta, sendo considerada uma das mais devastadoras peças musicais já escritas, retratando de forma eficiente a ferocidade de uma hostilidade bélica. Em contrapartida, *Vênus, o Portador da Paz* tem um clima bem tranquilo, parecendo ser uma resposta à brutalidade de Marte, mostrando o contraste entre os horrores da guerra e a calma dos tempos de paz. *Mercúrio, o Mensageiro Alado* parece ser uma ligação entre diferentes mundos, tudo é muito incerto, flutuante e insubstancial, algo como se estivéssemos trilhando

caminhos etéreos e desconhecidos na busca de outros universos. *Júpiter, o Portador da Alegria* testemunha a paixão de Holst pelas melodias e danças tradicionais inglesas, mostrando a felicidade de um sentimento patriótico. *Saturno, o Portador da Velhice* retrata um pouco da desolação da velhice, mas no final temos beleza e serenidade, talvez indicando a evolução espiritual que se deve ter ao atingir uma idade avançada. *Urano, o Mágico* tem um clima musical robusto e incerto, traduzindo algo como as dúvidas de um aprendiz de feiticeiro. Finalmente, em *Netuno, o Místico* a uniformidade da orquestração é levada ao extremo, dando a impressão de infinidade de espaço e tempo, onde apenas o som está presente. Essa constância é quebrada pela presença da emoção, retratada por meio do coro feminino ao fundo (Taylor, 2000).

Passemos para as artes visuais, onde também encontramos manifestações relacionadas com temas astronômicos.

Após erguer uma capela em seus terrenos na cidade de Pádua, Enrico Scrovegni convidou o pintor, arquiteto e escultor Giotto di Bondone para decorá-la. Um dos temas escolhidos pelo pintor para os afrescos foi “A Vida e a Paixão de Cristo”. Giotto havia observado o cometa Halley em sua passagem de 1301 e, em um dos afrescos, intitulado “Adoração dos Reis Magos” (figura I.2), pintou um cometa substituindo a figura da famosa estrela de Belém.



I.2 “Adoração dos Reis Magos”, de Giotto

Em 1986, quando da mais recente passagem do cometa Halley pelo seu periélio, a Agência Espacial Européia lançou uma sonda em direção ao cometa com o objetivo de obter dados relativos à sua composição e características. Esta sonda recebeu o nome de Giotto, numa homenagem ao pintor italiano, que foi o primeiro artista a representar um cometa como um astro. Os astrônomos sabem retribuir aos artistas as incursões que estes fazem nos temas celestes!

O cometa Halley também foi registrado em uma tapeçaria quando da sua passagem em 1066, a conhecida tapeçaria de Bayeux confeccionada pela rainha Matilde, esposa de Guilherme, o Conquistador. A tapeçaria retrata a conquista da Inglaterra pelos normandos numa seqüência de quadros, num dos quais está a primeira representação gráfica de um cometa e que mostra uma cena que teria ocorrido no ano de sua passagem (figura I.3).

À esquerda da cena, várias pessoas apontam assustadas o astro brilhante no céu, representado acima da torre, no centro do quadro. Justifica-se a apreensão dessas pessoas, pois naquela época acreditava-se que os céus profetizavam o futuro, e os cometas, raros e espetaculares, eram considerados mensageiros de calamidades e desgraças.

À direita, o rei anglo-saxão Haroldo II recebe o comunicado de um nobre sobre a visibilidade do cometa. Coincidentemente, no ano de 1066 a Inglaterra foi invadida por tropas normandas chefiadas por Guilherme, o Conquistador e o rei Haroldo II morreu em uma batalha pouco depois da passagem do cometa Halley que, é claro, foi responsabilizado pela invasão e pela morte do rei.



I.3 “Tapeçaria de Bayeux”, mostrando o cometa Halley em sua passagem de 1066

Não só cometas foram retratados por artistas. Em determinada época de sua vida, Vincent van Gogh pintou cenas noturnas ao ar livre, dando certo destaque às estrelas. Van Gogh tinha uma relação mística com as estrelas e questionava por que razão aqueles pontos brilhantes no céu eram inatingíveis enquanto os pontos negros, que representavam as cidades sobre um mapa, podiam ser visitados. Se havia meios de transporte para se viajar de uma cidade a outra, qual seria o transporte que nos levaria para as estrelas? Supunha que talvez a morte fosse o modo de atingi-las: se é impossível viajar às estrelas enquanto vivos, também não se pode apanhar um transporte para as cidades depois de mortos.

Esse envolvimento com as estrelas aparece numa de suas obras mais famosas produzida em 1889, *Noite Estrelada* (figura I.4), onde há uma combinação entre a tranquilidade bucólica de um povoado com a agitação violenta das estrelas. Ao mesmo tempo que o povoado é embalado de forma carinhosa pelo universo que o cerca, também é ameaçado por ele, mostrado pelo turbilhão entre as estrelas. A torre da igreja, que parece querer atingir o céu, funciona como um instrumento de comunicação com ele e, simultaneamente, como um pára-raios para proteger o povoado do mesmo (Metzger e Walther, sem data).



1.4 “Noite Estrelada”, de Van Gogh

Com esses exemplos, pudemos verificar a presença de temas astronômicos de forma incidental em diversos campos do conhecimento, mostrando estar impregnada de forma natural em nossa cultura.

### I.3. Astronomia no cotidiano

Em nosso cotidiano, a Astronomia se faz presente em muitas situações. Além dos fenômenos claramente associados com os astros como o dia e a noite, as medidas de tempo ou estações climáticas (será tão claro assim para todos?), há outros fatos que têm ligação com a ciência dos astros, algumas próximas, outras mais distantes ou apenas um resquício histórico.

Para nós que utilizamos a língua portuguesa, a designação dos dias da semana não tem qualquer ligação com o firmamento. Porém, em diversos idiomas, os dias da semana fazem alusão aos sete “planetas” conhecidos até o século XVIII – Sol, Lua, Marte, Mercúrio, Júpiter, Vênus e Saturno – como se pode observar na tabela I.5.

Mesmo que a origem da semana não tenha ligação com fenômenos astronômicos (embora haja tentativas de associá-la às fases da Lua, uma vez que o intervalo entre cada uma das quatro fases clássicas é de aproximadamente sete dias, não há registros conhecidos que comprovem tal hipótese), a nomenclatura dos dias, possivelmente estabelecida pelos romanos, ao dedicarem cada dia da semana a um de seus deuses celestes, faz alusão aos corpos celestes (Boczko, 1984).

Astro	Espanhol	Francês	Inglês	Italiano	Latim	Português
Sol	Domingo	Dimanche	Sunday	Domenica	Dies Domenica	Domingo
Lua	Lunes	Lundi	Monday	Lunedì	Lunae Dies	Segunda-feira
Marte	Martes	Mardi	Tuesday	Martedì	Martis Dies	Terça-feira
Mercúrio	Miercoles	Mercredi	Wednesday	Mercoledì	Mercurii Dies	Quarta-feira
Júpiter	Jueves	Jeudi	Thursday	Giovedì	Jovis Dies	Quinta-feira
Vênus	Viernes	Vendredi	Friday	Venerdì	Veneris Dies	Sexta-feira
Saturno	Sabado	Samedi	Saturday	Sabato	Saturni Dies	Sábado

I.5 Nomenclatura dos dias da semana em alguns idiomas

Assim, mesmo de forma indireta, tem-se a Astronomia presente no dia a dia (literalmente!) de alguns povos.

Já para os adeptos do cristianismo, ela está presente também em outras datas. Para essas pessoas, a Páscoa significa o dia da ressurreição de Cristo. Ela não é uma festa com dia fixo no calendário; a cada ano o domingo de Páscoa acontece em uma data diferente. Então, como são determinadas as datas das festas religiosas cristãs? Vejamos a resposta:

*“Tais eventos foram fixados de modo a serem comemorados sempre próximos ao equinócio da primavera boreal (do hemisfério norte).*

*Assim, o Concílio de Niceia de 325 d.C. fixou a data da Páscoa como sendo ‘o primeiro domingo após a primeira Lua Cheia que ocorre após ou no equinócio do primavera boreal, adotado como sendo 21 de março’.*” (Boczko, 1984)

Porém, a definição do que era lua cheia e do equinócio seguiu critérios eclesiásticos e não astronômicos, de modo que a data da Páscoa nem sempre é a mesma quando calculada usando-se esses dois critérios.

De todo modo,

*“Todas as outras festas religiosas móveis do Calendário Eclesiástico Cristão são definidas tomando-se por base a data da Páscoa; chamemo-la de P. Eis o quadro que define as demais festas religiosas móveis:*

<i>Septuagésima</i>	<i>P – 63 (63 dias antes da Páscoa)</i>
<i>Domingo de Carnaval</i>	<i>P – 49</i>
<i>Terça-feira de Carnaval</i>	<i>P – 47</i>
<i>Quarta-feira de Cinzas</i>	<i>P – 46</i>
<i>Domingo de Ramos</i>	<i>P – 7</i>
<i>Sexta-feira da Paixão</i>	<i>P – 2</i>
<i>Domingo do Espírito Santo</i>	<i>P + 49 (49 dias após a Páscoa)</i>
<i>Santíssima Trindade</i>	<i>P + 56</i>
<i>Corpo de Cristo</i>	<i>P + 60”</i>

(Boczko,1984)

Observamos então que a determinação das datas das festas cristãs está relacionada com fenômenos astronômicos.

Outra situação pode ser observada nos seguintes anúncios de imóveis publicados no jornal Folha de S. Paulo (figura I.6) que chamam a atenção para o fato de os apartamentos terem “face norte”.

Por que motivo isso seria interessante para um possível comprador? Com um pouco de conhecimento astronômico responde-se facilmente a esta questão.

Todo dia o Sol se levanta no horizonte leste, avança pelo céu, ficando mais alto a cada instante até o meio-dia, para depois descer até se pôr no horizonte oeste. No entanto, a cada dia o Sol vai lentamente se deslocando na direção norte-sul. No mês de dezembro, ele está sobre o Trópico de Capricórnio. Com o decorrer dos dias, o Sol se desloca cada vez mais para o norte, estando sobre o Equador em março e sobre o Trópico de Câncer em junho, retrocedendo depois para o sul, passando pelo Equador em setembro e retornando ao Trópico de Capricórnio em dezembro.

The image shows five real estate advertisements arranged in a grid. Each advertisement is enclosed in a rectangular box. The top-left ad is for 'PINHEIROS Z-3 Duplex' with details: 192m² AU, terraço, liv. amplo, face norte, ste., 3 vagas, reformado, abx. avaliação REF: ELJD 166467, PBX: 816-7388. The top-right ad is for 'HIGIENÓPOLIS Pronto P/ Morar' with details: 1 gar. dem., ste., lazer, 105m² AU, liv. 2 amb., face norte, R\$ 115.000, reformado, Z.3 REF: BRPA 120786, PBX: 3873-0255. The bottom-left ad is for 'J. América R\$ 235 mil' with details: 217 m², 3 dorms., ste., repleto arms., amplo living em mármore, 2gars., andar alto, frente, face Norte, ensolarado, Al. Franca- sem similar. P/vender hoje. F: 240-1592. The bottom-middle ad is for 'Itaim Único-R\$170mil' with details: Reformadíssimo, 200m. living c/ terraço, 3dorms., suite, 2gars., piscina, face norte, edif. moderno. Visite hoje, Z-3. F: 3068-9136. Creci 32746. Below this ad is the 'KAICH' logo. The bottom-right ad is for 'Itaim Moleza R\$ 165 mil' with details: 3 dorms, suite, living p/ vários ambientes, 150 m² área útil, 2 garagens, repleto de armários, face Norte, ensolarado, local ímpar. Construtora renomada, sem similar. Alô! Fone: 240-1592.

I.6 Classificados destacando imóveis com “face norte” no jornal Folha de S. Paulo

Como a cidade de São Paulo está localizada um pouco ao sul do Trópico de Capricórnio, o Sol, no seu movimento anual entre os trópicos, está sempre ao norte da cidade quando da sua passagem meridiana, fazendo com que uma residência que tenha “face norte” receba a iluminação direta do Sol praticamente durante todo o ano, o que, além de ser saudável, valoriza o imóvel.

Aqui temos novamente uma pequena amostra do relacionamento que mantemos com a Astronomia, embora muitas vezes isso nos passe despercebido.

#### **I.4. O desconhecimento de assuntos astronômicos pela população**

Nem essa forte ligação da Astronomia com a cultura da humanidade e nem a influência de alguns fenômenos astronômicos no nosso cotidiano, fazem com que seu conhecimento esteja disseminado entre a população.

*“... el alejamiento de la vida en contacto la Naturaleza y la especialización de los estudios que en la época actual se producen, conlleva el que este conocimiento de los mensajes que el Cosmo nos envía, sea cada vez más escaso. Los movimientos tan evidentes del Sol o de la Luna, en su camino diario o en relación com las estrellas, la marcha de los planetas o la bóveda celeste son insospechados y desconocidos por gran parte de la población actual.”* (Ten e Monros, 1984)

Esse distanciamento ou alheamento foi mostrado em um trabalho sobre as concepções de alunos e professores do ensino fundamental acerca do universo e seus componentes (Bisch, 1998). Especificamente com relação aos professores, esse trabalho revelou que seus conhecimentos constituem-se de informações padronizadas e decoradas, não sendo interiorizadas como conhecimento construído e significativo.

O levantamento foi realizado com um grupo de cerca de vinte professoras das primeiras séries do ensino fundamental cuja formação profissional de metade delas consistia basicamente do Curso de Magistério, enquanto as outras possuíam algum curso superior, predominantemente de Pedagogia. Vejamos, como exemplo, as concepções apresentadas por elas em relação à Lua, suas fases e às estrelas.

*“Em síntese, a concepção de ‘Lua’ das professoras, em geral, acha-se bem marcada por noções conceituais, alguns enunciados padronizados e por uma representação espacial em que ela parece estar bem próxima da Terra. Com base nisso, as professoras constróem um modelo alternativo que explica as fases da Lua em termos da projeção da sombra da Terra sobre a Lua.”*

*“Em resumo, a concepção de estrela das professoras ainda parece ser predominantemente de natureza realista ingênua, sendo concebidas como corpos celestes relativamente próximos, pequenos, luminosos e distintos do Sol.” (Bisch, 1998)*

Notamos que pessoas que tiveram oportunidade de freqüentar ao menos cursos de formação básica ainda apresentam um conhecimento muito ingênuo acerca do universo.

Reforçando essa constatação, pudemos encontrar vários erros de conceitos astronômicos em materiais publicitários divulgados pelos meios de comunicação. Vejamos alguns deles.

Na toalha de papel de uma famosíssima rede de lanchonetes, estão relacionados vários “números que você nunca pensou em contar”, entre eles o 88, descrito como o número de constelações *descobertas* pelos astrônomos até agora (“agora” significa 1998). Isso mostra desconhecimento do que significam as 88 constelações. Originalmente, as constelações eram agrupamentos convencionais de estrelas que formavam uma figura imaginária no céu, hoje significam apenas regiões do céu, cujos limites foram estabelecidos pela União Astronômica Internacional, que definiu a existência de 88 constelações. Assim, as constelações são, e sempre foram, regiões do céu delimitadas arbitrariamente pelos astrônomos, o que não permite dizer que tenham sido descobertas por eles.

Na televisão, a propaganda de um comprimido efervescente de vitamina C mostrava a Lua se pondo enquanto dialogava com o Sol nascendo... no mesmo lado do horizonte! Evidentemente esse fato é impossível, pois o movimento diurno aparente do Sol e da Lua pelo céu se dá sempre de leste para oeste em virtude da rotação da Terra em sentido oposto. Dessa forma, não é possível que o Sol nascente se mova em um sentido enquanto a Lua se ponha, movendo-se em sentido oposto.

No caso do comercial em questão, não consegui descobrir se a Lua estava se pondo no leste ou se era o Sol que nascia no oeste. Como os astros eram observados a partir de uma praia, e considerando que fosse o litoral brasileiro, provavelmente era a Lua que estava desorientada!

Outro erro envolvendo o Sol e a Lua é cometido em um folheto de propaganda de um cartão de crédito, onde uma montagem fotográfica mostra um maravilhoso pôr do Sol e também uma linda Lua cheia no alto do céu. Como vemos a Lua devido à reflexão da luz solar em sua superfície, para que possamos observar todo o seu hemisfério iluminado pelo Sol

(lua cheia) é necessário que ela se encontre em uma posição oposta ao Sol quando vista da Terra. Assim, nas proximidades do período de lua cheia, no momento em que o Sol se põe no horizonte oeste, a Lua deve estar nascendo no horizonte leste. Então, podemos concluir que, próximo ao período da lua cheia, a natureza não permite que a Lua esteja próxima ao zênite no momento em que o Sol se põe, contrariando os criadores dessa propaganda.

Um erro cometido com frequência e que pudemos observar num folheto de divulgação do festival de inverno realizado por um bar, é a existência de estrelas visíveis na parte do círculo da Lua que se encontra escuro (figura 1.6). A Lua sempre apresenta um hemisfério voltado para a Terra, mas nós só podemos ver a fração desse hemisfério que está iluminada pelo Sol, portanto, refletindo luz. Mesmo que não possamos ver, a Lua sempre forma um círculo no céu e impede a visão das estrelas que se encontram atrás dela, o que torna impossível a situação apresentada no folheto, a menos que as estrelas estivessem localizadas entre a Terra e a Lua, que seria uma situação inconcebível devido às dimensões estelares.



1.6. Estrelas visíveis na parte escura da Lua.

Outra possibilidade é que, na imaginação dos criadores da propaganda, a Lua realmente fique sem um pedaço durante os períodos em que não se encontra na fase cheia, o que tornaria possível a visão das estrelas distantes através dessa “falha”. É evidente que isso não pode ocorrer.

Certamente uma procura mais detalhada encontrará outros erros, mas a pequena lista aqui apresentada é suficiente para demonstrar nossos objetivos.

Infelizmente, esses erros não aparecem apenas nos materiais publicitários, são encontrados também em reportagens jornalísticas e até em livros didáticos.

Uma análise dos conteúdos de Astronomia em alguns livros didáticos de Geografia e Ciências para o ensino fundamental (Trevisan et al, 1997a e Canalle et al, 1997) constatou a existência de várias imprecisões e até erros conceituais nos mesmos.

As imprecisões mais constantes dizem respeito às dimensões dos planetas e de suas órbitas. Os dados fornecidos são corretos, no entanto as imprecisões aparecem nas ilustrações que geralmente trazem os planetas com dimensões relativas incorretas, mostrando o Sol pouco maior que a Terra e esta com dimensões muito próximas dos demais planetas. Na realidade, o diâmetro de Júpiter é cerca de onze vezes maior que o da Terra e o de Plutão aproximadamente cinco vezes menor. Além disso, os desenhos em geral representam os planetas com cores diferentes das reais.

Outro problema está relacionado com a representação do Sistema Solar. Em todos os casos analisados, as figuras mostram o Sol no centro rodeado pelos planetas, que são colocados sobre linhas que representam suas órbitas elípticas. Porém, nunca é citado que a figura não está em escala, de forma que passa a idéia de que a relação entre as dimensões das órbitas é a representada na figura, o que não corresponde à realidade. Além disso, as elipses apresentam excentricidade exagerada, enquanto as órbitas reais dos planetas são quase circulares. Exceção feita a Plutão, cuja órbita tem excentricidade igual a 0,25 e Mercúrio, 0,21, todas as demais são inferiores a 0,10.

Além dessas imprecisões, há nos livros também erros conceituais graves, tal como a explicação das estações do ano sendo causadas pela diferença de distância entre a Terra e o Sol, com a Terra mais próxima do Sol no verão e mais afastada no inverno!

Outro erro refere-se à descrição dos cometas, algumas vezes definidos como um astro que apresenta um núcleo brilhante como uma estrela, circundado por uma nuvem de gases. Isso pode dar a idéia de que o cometa possui brilho próprio, pois é essa a característica fundamental das estrelas apresentadas por esses mesmos livros.

Dessa forma,

*“Considerando que os conhecimentos básicos de astronomia que a população adquire deveriam estar sendo adquiridos no primeiro grau, o amontoado de erros e confusões acima exemplificados, são fortes indicadores de que a população é ignorante sobre os fenômenos mais elementares da astronomia.” (Canalle et al, 1997)*

Talvez isso justifique em parte as constatações já citadas a respeito das concepções ingênuas sobre o universo e seus componentes apresentadas pelas professoras do ensino fundamental.

É evidente, no entanto, que essa constatação sobre a falta de conhecimento da população não é exclusiva da Astronomia. Os resultados de avaliações de alunos concluintes dos ensinos fundamental e médio mostram resultados parecidos em relação a outras áreas, indicando o quanto está ineficaz o nosso atual sistema de ensino.

A Astronomia, enfim, está presente em muitos campos da nossa cultura e também em nosso cotidiano, mas é ignorada pela população em geral, e essa ignorância reflete-se em erros primários cometidos pelos meios de comunicação quando tratam de fenômenos astronômicos e, o que é mais grave, cometidos pelos autores de livros didáticos. O estudo da Astronomia no ensino médio ajudará o aluno a ter uma compreensão mais correta acerca do universo do qual é parte e o quanto nossa existência depende de condições extremamente particulares que encontramos nessa pequena porção do Sistema Solar.

## **II. ASTRONOMIA E LAZER**

O interesse pelo conhecimento astronômico não é restrito aos profissionais da área e às pessoas aficionadas; ele é amplo na população. Tão amplo que tem servido como tema de vários filmes e séries de sucesso no cinema e na televisão, assim como para livros que atingiram grandes tiragens.

Os locais destinados à divulgação dessa ciência, observatórios e planetários, são muito procurados pelo público, que mostra muito interesse em observar os corpos celestes pelos telescópios e em assistir às representações dos fenômenos astronômicos proporcionadas pelos planetários.

Todo esse entusiasmo levou ao surgimento de empresas que exploram comercialmente os encantos do cosmo, mostrando que a curiosidade e interesse por esse assunto é grande por parte do público.

### **II.1. Nas telas: filmes de sucesso que utilizam temas astronômicos**

Não há dúvida que atualmente as informações nos são transmitidas muito mais por meio de imagens do que por textos, e a velha afirmação de que uma imagem vale por mil palavras também indica que a maioria das pessoas prefere “assistir” a ler. Se compararmos o número de pessoas que assistem aos filmes de maior sucesso com o número de leitores de livros também considerados de grande sucesso, teremos uma diferença expressiva em favor daqueles.

Como os filmes cinematográficos são produzidos para o entretenimento, é nessa perspectiva que devem ser compreendidos e analisados. São mercadorias que devem ser aceitas pelo público ou então não trarão o lucro desejado. Considerando esse fato, é claro que um filme deve ser interessante e atraente o suficiente para que as pessoas paguem, ou sintonizem um canal de televisão para vê-lo. Para isso, nos filmes produzidos com o intuito de atingir enormes platéias, as imagens não podem ser deprimentes e monótonas mas sim

excitantes e rápidas. Não deve haver tempo para o espectador raciocinar e concluir: “ Ah!, mas isso é impossível”. Ele tem que permanecer atento à tela, acompanhando o ritmo frenético das cenas apresentadas. Evidentemente essas afirmações não se aplicam para todo tipo de filme, pois nem todas as pessoas buscam o mesmo tipo de sensação em seu entretenimento. No entanto, se verificarmos a lista de filmes que atingem maior bilheteria a cada ano, certamente poderemos aplicar essa síntese, se não a todos, pelo menos a uma grande maioria.

Sob esse aspecto, não podemos exigir rigor científico nas produções cinematográficas, pois elas não são feitas com essa intenção. Os produtores têm um interesse muito maior nos números da bilheteria do que nos conceitos científicos. Para eles é muito melhor um filme cheio de absurdos com cinemas lotados do que um filme cientificamente correto e com salas vazias, o que é compreensível, uma vez que trabalham para empresas que buscam lucros. E “tome som” nas explosões ocorridas no vácuo, entre outras coisas.

Então, para atingir um grande número de espectadores, um filme deve ser atraente e, evidentemente, seu tema central deve ser escolhido de forma a possibilitar uma empatia com o público.

Vejamos alguns exemplos.

*“O espaço... a fronteira final. Estas são as viagens da nave estelar Enterprise, em sua missão de cinco anos, para a exploração de novos mundos, para pesquisar novas vidas, novas civilizações - audaciosamente indo onde nenhum homem jamais esteve...”*

Esta é a frase de abertura de uma das séries de maior sucesso na televisão: *Jornada nas Estrelas*.

O universo, o que sabemos e o que não sabemos sobre ele provocam um grande deslumbramento nas pessoas, o que é muito bem aproveitado pelos empresários do entretenimento. Esse é um ponto: o fascínio pelo desconhecido! Existem planetas em torno de outras estrelas? Se existirem, será possível a manutenção da vida neles? Serão eles habitados por formas de vida inteligentes? Se elas existirem, como serão? Poderemos entrar em contato com elas algum dia? Elas estão a nos visitar?

A Astronomia ainda não pode responder a todas essas perguntas, mas pode ajudar a encaminhar alguma solução, a procurar respostas. Na verdade, uma delas já está respondida: existem planetas orbitando outras estrelas!

Muitos filmes de grande sucesso popular exploram essas questões relativas ao universo, às viagens espaciais e, principalmente, à possibilidade de existência de vida extraterrestre. Podemos citar alguns deles: a própria série *Jornada nas Estrelas, 2001 – Uma Odisséia no Espaço, Guerra nas Estrelas, Contatos Imediatos de Terceiro Grau, ET, o Extraterrestre e Contato*.

Em cada um desses filmes, as questões relativas ao universo representam um papel diferente, de acordo com o enfoque pretendido por seus realizadores.

Em *Guerra nas Estrelas*, dirigido por George Lucas (EUA, 1977), a proposta central é a eterna luta do bem contra o mal, de forma que o enfoque astronômico não é o ponto principal do filme, aparecendo apenas como pano de fundo ou como cenário da trama. É um filme de aventura que, por acaso, se passa no espaço sideral, com naves espaciais e batalhas. Há até quem o classifique como um “western” (filmes sobre o oeste norte-americano) intergaláctico, com mocinhos, bandidos e, lógico, uma princesa necessitando de um herói para salvá-la das mãos dos maus.

Ao contrário, *Jornada nas Estrelas* (criada por Gene Roddenberry, essa série teve várias seqüências, mas estamos nos referindo à que foi exibida originalmente nos EUA entre 1966 e 1969, conhecida como série clássica), embora também apresente mocinhos e bandidos e o bem contra o mal, tem uma preocupação maior com os problemas oriundos de um contato com civilizações extraterrestres, questões éticas, sociais e até ecológicas. Esses detalhes podem ser percebidos na diretriz primeira a que os tripulantes da nave devem obedecer de forma irrestrita nos contatos com outras civilizações: não interferir de forma alguma na evolução e na cultura dessas civilizações. Também na composição dos personagens mais importantes (dois americanos, um escocês, um descendente de orientais, uma negra e um alienígena, sendo posteriormente acrescentado um russo) percebe-se essa preocupação. Talvez o sucesso da série se deva a esses fatores, mas principalmente à atenção dada à exploração das maravilhas e enigmas ocultos no universo, mostrando qual poderá ser o futuro da humanidade, com a superação dos crises entre nações e raças.

*2001 – Uma Odisséia no Espaço*, dirigido por Stanley Kubrick (EUA, 1968), é considerado por muitos como o melhor filme de ficção científica já produzido, ao mesmo tempo que para outros não passa de um filme chato, lento e obscuro. Concordo com o primeiro grupo, pois o filme admite mais de uma interpretação, tal como mostrar a interferência extraterrestre na evolução da vida inteligente na Terra. Essa interferência é representada por um misterioso monólito negro que aparece nos momentos cruciais da evolução humana (concordo com essa interpretação para o filme, mas não como fato real).

*2001* não se apresenta como um filme de aventura excitante como descrito anteriormente e sim uma obra mais introspectiva, cuja interpretação final indica que chegamos a um momento em que devemos olhar à nossa volta e descobrir que o mundo é muito mais do que aquilo que conhecemos.

*Contatos Imediatos de Terceiro Grau*, dirigido por Steven Spielberg (EUA,1977) explora a perspectiva de um encontro físico entre seres de mundos diferentes. A visita de uma nave extraterrestre ao nosso planeta e as conseqüências que esse fato poderia trazer são mostradas de forma muito interessante, realçando o pânico que se instalaria em alguns, a curiosidade e desejo em outros e a entrega mística de terceiros. Há uma interpretação filosófica do contato, buscando mostrar as vantagens que esse encontro poderia propiciar para as duas civilizações.

*ET, o Extraterrestre*, também dirigido por Steven Spielberg (EUA, 1982) embora explore um tema parecido, está mais para uma aventura juvenil, mostrando uma amizade entre crianças humanas e um ser alienígena abandonado na Terra por seus companheiros durante uma fuga apressada. Podemos dizer que o filme funcionaria do mesmo modo, provavelmente com um apelo comercial muito menor, se a amizade se desenvolvesse entre as crianças e um animalzinho exótico que fosse perseguido por supostamente transmitir uma doença incurável. Aqui a questão da vida extraterrestre não é tão explorada e sim a amizade entre os personagens principais e a tentativa de salvar o ET das forças governamentais que querem capturá-lo.

O filme *Contato*, dirigido por Robert Zemeckis (EUA, 1997), tem como roteiro as pesquisas sobre a existência de vida inteligente fora da Terra, baseado em um programa real de investigação nesse sentido. Dá um enfoque maior nas dificuldades encontradas pelos pesquisadores em manter o programa de pesquisas frente ao descrédito das autoridades e no relacionamento entre esses pesquisadores, mostrando a amizade entre eles e sua abnegação pelo trabalho que desenvolvem, mas também o lado perverso, como a apropriação, por parte dos líderes do grupo, da glória pelos resultados obtidos.

Se esses filmes geram tanto interesse, não poderíamos nos apropriar um pouco dele para estimular o estudo das ciências? A discussão em termos científicos de algumas passagens de um filme não poderia enriquecer uma aula? Tentar identificar as variáveis envolvidas em um fato físico apresentado no filme para analisar sua viabilidade não seria interessante?

Por exemplo, uma crítica que é feita ao filme *2001 – Uma Odisséia no Espaço* é que as naves parecem tartarugas de tão lentas. No entanto, se considerarmos as distâncias a serem percorridas por elas e as velocidades atualmente possíveis, o filme está corretíssimo, pois o

intervalo de tempo envolvido em cada viagem é extremamente elevado, o que é mostrado no filme pela aparente lentidão dos deslocamentos das naves e, dessa forma, esse filme não se enquadra na categoria das aventuras excitantes. Se podemos considerar essa situação como correta, em outras há realmente equívocos em relação a conceitos físicos, alguns até absurdos.

Se, como já foi dito antes, não podemos exigir correção em termos científicos nos filmes, ao menos essas “liberdades cinematográficas” podem gerar discussões interessantes sobre o que é e o que não é cientificamente correto nos filmes. Aliás, existe um livro – *A física de Jornada nas Estrelas – Star Trek* (Krauss, 1996) – que discute exatamente esses erros e acertos especificamente com relação à série em questão. Na introdução desse livro, o renomado físico Stephen Hawking declara:

*“A ficção científica de hoje frequentemente é o fato científico de amanhã. Seguramente vale a pena investigar os fundamentos da Física sobre os quais Jornada nas Estrelas se apoia. Restringir nossa atenção aos assuntos terrestres seria limitar o espírito humano.”*

Se ele está dizendo ...

Assim como os filmes e séries, também os documentários sobre o universo são bastante apreciados pelos telespectadores.

Nas televisões por assinatura, os documentários são muito frequentes, sendo que há canais cuja programação é quase que totalmente composta para esse tipo de programa e entre eles sempre há os dedicados a fenômenos celestes. Já nas emissoras de sinal aberto, exceto as educativas, há poucos documentários incluídos na grade de programas.

No caso de documentários sobre Astronomia, a TV Cultura de São Paulo produziu, em 1996, uma série intitulada *Olhando para o céu*. Foram dez episódios, com aproximadamente 25 minutos cada um, que abordaram a escala dimensional do universo, a Lua, o sistema solar, as estrelas, as galáxias, os mistérios do universo, as viagens espaciais e, evidentemente, a possibilidade de vida extraterrestre. Embora seu ritmo seja linear e um pouco lento, seu conteúdo apresenta potencial para ser utilizado como instrumento auxiliar para o ensino.

Mais antiga e de produção norte americana, a série *Cosmos* obteve bons índices de audiência quando foi exibida pelas emissoras de televisão no início dos anos 80, sendo posteriormente lançada em fitas de vídeo, em uma versão atualizada, e que ainda podem ser encontradas em locadoras. Sua intenção foi fornecer uma visão global do Universo e sua evolução, de acordo com os conhecimentos disponíveis na época. A série é composta por 13

episódios de cerca de 50 minutos, cada um correspondendo a um capítulo do livro de mesmo título, cujo conteúdo está descrito no item II.2.

## **II.2. Livros: a presença da Astronomia**

Alguns livros sobre a origem e a evolução do universo foram vendidos em grande quantidade. Talvez o pioneiro tenha sido *Os Três Primeiros Minutos* (Weinberg, 1980). O livro trata da gênese do universo, quase no momento exato de seu surgimento, de acordo com o conhecimento científico da época. Não é de fácil entendimento pelo público leigo, uma vez que exige a compreensão de conceitos físicos avançados e de certa forma complexos, mas foi muito bem recebido pelas pessoas ligadas à área.

Mais popular e muito mais vendido foi *Cosmos* (Sagan,1983), editado pela primeira vez em 1980. Esse é um daqueles livros raros, que todos podem ler, compreender, admirar e que tem a capacidade de despertar vocações científicas. Conta a história das descobertas e das pessoas que construíram o conhecimento que hoje temos do universo, e de como ele evoluiu para o surgimento da matéria, da vida e da consciência, apresentando, ao mesmo tempo, um grande rigor e atualidade científica e uma linguagem adequada ao público leigo. Analisa também as possibilidades de existência e de comunicação com inteligências extraterrestres, sendo o autor um dos maiores entusiastas dos programas de busca dessas inteligências.

Outro livro que teve grande divulgação foi *Uma breve história do tempo* (Hawking, 1989). Lançado na Inglaterra em 1988, foi publicado no Brasil no mesmo ano, porém com uma tradução, digamos, horrorosa. De qualquer modo, permaneceu durante vários meses na lista dos livros mais vendidos.

Ele descreve a história do universo procurando tratar as idéias básicas, que hoje acreditamos serem corretas, sobre sua origem e evolução. Procura utilizar uma linguagem simples, sem equações matemáticas, de modo que possa ser compreendida por pessoas que não possuam formação científica na área. Essa estrutura...

*“...dá ao conjunto da narrativa um ar de mito, e talvez seja esta a chave para o seu sucesso de público. Apresentando o mito da criação do universo adaptado aos dias de hoje e contando com um elemento adicional de eficácia determinante – o narrador participou da elaboração da trama – é provável que o livro seja lido como o foi a antiqüíssima Edda (poemas mitológicos islandeses que remontam ao século IV, redigidos a partir do*

*século XI). Nada contra: é tempo de se espalhar que a descrição da realidade natural quase sempre supera, em beleza e surpresa, os mitos e as fantasias da ficção científica.” (Fleming, 1989)*

Embora tenha sido muito vendido, provavelmente *Uma Breve História do Tempo* foi pouco lido, pois, mesmo o autor tendo buscado uma linguagem simples, o livro é muito complexo, de difícil leitura. Das (provavelmente poucas) pessoas que o leram até o final, certamente uma parcela ínfima compreendeu seu conteúdo.

Mais recente é o livro *A Dança do Universo* (Gleiser,1997), outro que trata, para leitores não especializados, das questões acerca da origem do universo, porém descrevendo também uma série de mitos sobre sua criação. O livro mostra como a humanidade, e principalmente a Física, viu e vê a criação do universo, contando uma pequena história da Física, desde os pré-socráticos até as discussões atuais, envolvendo teoria da relatividade e física quântica. Esse livro traz erros conceituais (Martins,1998), mas permaneceu por um bom tempo entre os livros mais vendidos, e mais uma vez a Astronomia se fez presente como inspiradora do lazer cultural.

Qual é a razão para que livros sobre assuntos considerados difíceis de entender por grande parte da população sejam adquiridos em grande quantidade por essas mesmas pessoas? Talvez a resposta seja a busca humana por sua identidade, pela razão da nossa existência. A vida só pôde surgir porque antes surgiu o universo e a busca pelo sentido da vida coloca-nos diante da questão da gênese do universo. Ou, como já foi citado acima, talvez seja o “ar de mito”, o mistério que envolve o assunto, a procura pelo desconhecido. Ou, ainda, o mesmo encanto que cerca os livros policiais, onde um detetive junta as evidências em busca de um assassino misterioso. E aqui não temos os mordomos para serem os principais suspeitos.

Esses são apenas quatro livros que tiveram enorme sucesso junto ao público, mas existem muitos outros. Uma consulta a livrarias mostrou mais de 500 obras sobre temas astronômicos à disposição do público. Considerando apenas os editados em língua portuguesa, geralmente traduções, foram encontrados 98 títulos. Esse número corresponde aos títulos disponíveis nas livrarias. Se contarmos os que já foram publicados e encontram-se fora de catálogo, certamente esse número alcançará duas centenas. Entre eles, há desde os mais simples, indicados para crianças de pequena idade, até os muito complexos, destinados a pessoas que já tenham um conhecimento acentuado sobre o assunto ou mesmo para astrônomos profissionais.

Uma pessoa que se interesse em conhecer os segredos do universo terá nas livrarias um curso inteiro à disposição pois encontrará livros que tratam da simples observação e reconhecimento do céu a olho nu, da construção de telescópios, das histórias da astronomia e do universo, do sistema solar, de cometas, de eclipses, de estrelas e sua evolução, de galáxias, de buracos negros, do Big Bang, da teoria do universo inflacionário e de alguns outros itens mais específicos.

Também as crianças são contempladas com livros que lhes proporcionam contatos com os objetos e fenômenos celestes com correção e linguagem adequadas. Um excelente livro para elas, infelizmente esgotado e sem previsão para relançamento, é *O céu e seus mistérios* (Beauregard e Sairegné-Bom, 1994). É um livro não apenas para ler, mas também para ser manipulado e transformado. Além do excelente texto, que teve assessoria de um astrônomo profissional, ótima qualidade gráfica e ilustrações muito boas, o livro traz uma série de adesivos para serem colados de modo a transformar as páginas, um mapa celeste giratório que permite uma reprodução do céu em qualquer dia e hora do ano e um astrolábio para se determinar as horas a partir das constelações. Sem dúvida um trabalho que só merece elogios. Uma pena ser quase impossível encontrá-lo.

Com relação a livros de autores nacionais, embora existam alguns de ótima qualidade, seu número é muito pequeno quando comparado à enorme quantidade de títulos estrangeiros, traduzidos ou não, existentes nas livrarias. Apenas alguns poucos abnegados se propõem a escrever sobre Astronomia no Brasil.

No período em que desenvolvi esse trabalho, existia uma publicação em fascículos, à venda nas bancas de jornais, intitulada *Universo*, que se propunha a mostrar o que há de melhor no universo, desenvolvendo assuntos sobre o sistema solar, sua história e seus componentes, as estrelas, as galáxias, o Big Bang, os observatórios e seus instrumentos, as naves e sondas espaciais, as pesquisas sobre vida extraterrestre e as mais recentes descobertas sobre o cosmo. É lógico que uma editora só coloca no mercado uma publicação desse tipo se tiver retorno financeiro. Portanto, pode-se concluir que a coleção é economicamente compensadora e mostra que há interesse do público pelo tema.

### **II.3. Filatelia e Astronomia**

O hábito de colecionar coisas acompanha a humanidade há muito tempo. Há colecionadores de praticamente tudo, desde tampinhas de garrafas até automóveis. Nesse campo, um dos ramos mais desenvolvidos é a Filatelia, a arte de colecionar selos e peças que

sejam relacionadas com o franqueamento postal, que tem servido como atividade de lazer para muitas pessoas.

Como os selos são enviados do país emissor para receptores nos mais diversos e distantes lugares do planeta, percebeu-se que eles apresentavam um enorme valor cultural e de propaganda e as autoridades que os emitem passaram a explorar esse veículo de comunicação, imprimindo nos selos motivos característicos da natureza do país, da sua tecnologia, locais turísticos, temas patrióticos, de propaganda política e homenagens a personalidades e acontecimentos locais e mundiais, entre outros.

Com isso, surgiram as coleções temáticas, onde um tema é desenvolvido por meio de peças filatélicas, utilizando suas imagens como ilustração. Existem coleções desenvolvidas a partir de uma infinidade de assuntos, tais como, plantas, esportes, peixes, automóveis e ... Astronomia!

Para que se possa desenvolver uma coleção temática é necessário que exista uma quantidade razoável de selos para compô-la. De fato

*Mais de 130 países espalhados pelo mundo têm utilizado os selos com temas astronômicos, mostrando figuras de célebres astrônomos, observatórios, telescópios, constelações, naves espaciais, planetas, cometas, algum evento astronômico, etc. (Penereiro, 1997)*

Assim, dentro da própria área de Astronomia, é possível desenvolver uma coleção temática sobre apenas um assunto em particular.



II.1 Selos brasileiros sobre temas astronômicos

No Brasil, foram emitidos alguns selos com temas astronômicos, embora em quantidade reduzida. Dois deles estão reproduzidos na figura II.1. Um, emitido em 1977, homenageou os 150 anos de fundação do Observatório Nacional e outro, emitido em 1986, destacou a passagem do cometa Halley naquele mesmo ano.

As coleções temáticas revelaram que os selos, além de servirem como franquia postal, objetos de coleção e de propaganda, também carregam um valor cultural e didático, mostrando, ao reunir essas três áreas, um ponto destacado nesse trabalho: a relação entre Astronomia, cultura e lazer.

#### **II.4. Ao vivo e simulado: observatórios e planetários**

A observação de corpos celestes realizada por meio de telescópios em observatórios e a simulação do céu estrelado e dos movimentos que os astros ali realizam proporcionados pelos planetários são atividades muito procuradas pela população como forma de lazer. Por muito tempo essas atividades foram desenvolvidas apenas por instituições ligadas a órgãos públicos.

No Estado de São Paulo existem atualmente dez observatórios astronômicos dessa natureza que destinam algumas noites para que o público possa visitá-los e realizar observações do céu.

Sete são ligados a prefeituras municipais:

- Observatório Municipal de Americana;
- Observatório Astronômico Municipal de Amparo;
- Observatório Municipal de Campinas “Jean Nicolini”;
- Observatório Astronômico Municipal de Diadema;
- Observatório Astronômico de Piracicaba;
- Centro Integrado de Ciências “Prof. Aziz Nacib Ab’Saber” (São José do Rio Preto);
- Observatório Astronômico da Escola Municipal de Astrofísica (São Paulo).

Três deles são ligados à Universidade de São Paulo:

- Observatório do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas (IAGUSP - São Paulo);
- Observatório Abrahão de Moraes (IAGUSP - Valinhos);
- Observatório do Centro de Divulgação da Astronomia (Centro de Divulgação Científica e Cultural - São Carlos)

Em geral, as equipes que trabalham nesses observatórios complementam a visita com palestras, apoiadas por diapositivos e/ou vídeos, que dão uma breve visão do universo, em particular do sistema solar, e dos objetos que serão observados em seguida através do telescópio. No entanto, o principal interesse do público é pelas observações dos astros celestes. Dependendo das características de cada telescópio é possível a observação da Lua, de planetas, estrelas duplas, cúmulos de estrelas, nebulosas e galáxias.

Como exemplo, uma vez por semana, o observatório do IAGUSP, localizado no bairro da Água Funda em São Paulo, recebe o público para visitas, durante as quais são realizadas palestras e, se as condições do tempo permitirem, observações do céu utilizando alguns instrumentos do observatório. Em cada visita, são admitidas até 20 pessoas, e para conseguir participar de tal evento é necessário se inscrever com bastante antecedência, o que mostra que essas sessões de observação do céu são muito procuradas.

Alguns desses observatórios, como os de Diadema, Americana e Amparo, também recebem visitas de grupos de estudantes, em sua maioria vinculados a escolas de ensino fundamental, cujo interesse principal é conhecer os corpos que compõem o Sistema Solar e suas características. Vale ressaltar que a quantidade de visitas é significativa, tendo esses observatórios recebido em torno de 80 visitas de escolas cada um, no ano de 2000; é certo que esse número não corresponde ao número de escolas, uma vez que a quantidade de alunos atendidos por visita é reduzido devido ao limitado espaço físico dos observatórios, e algumas escolas realizam várias visitas para que todos os alunos participem do evento.

Em outros estados brasileiros também existem observatórios que recebem o público para sessões de observação do céu. Podemos citar:

- Observatório Astronômico Antares – Universidade Estadual de Feira de Santana – Bahia;
- Observatório Astronômico da Universidade Federal do Espírito Santo – Vitória;

- Observatório Astronômico da Serra da Piedade – Universidade Federal de Minas Gerais – Belo Horizonte;
- Observatório Astronômico da Escola de Minas – Universidade Federal de Ouro Preto – Minas Gerais;
- Observatório Astronômico “Professor Doutor Leonel Moro” – Colégio Estadual do Paraná – Curitiba;
- Observatório do Valongo – Universidade Federal do Rio de Janeiro – Rio de Janeiro;
- Observatório Central da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Porto Alegre;
- Observatório Astronômico de Brusque – Prefeitura Municipal de Brusque – Santa Catarina.

Como podemos notar, o interesse do público é generalizado, com a localização dos observatórios sendo distribuída por diversas cidades brasileiras. Talvez por um problema de ordem econômica, a maioria deles esteja localizada nas regiões sul e sudeste.

Enquanto os observatórios possibilitam uma visão real e direta dos astros, quando as condições meteorológicas permitem, os planetários projetam um céu artificial. Esse desejo de reproduzir a abóbada celeste vem desde a antigüidade.

As primeiras tentativas registradas da representação do céu eram simplesmente o desenho das estrelas sobre uma superfície esférica, de forma que eram representações estáticas, onde não se podia reproduzir os movimentos dos astros pelo firmamento. Tentando superar essa limitação foram criados modelos mecânicos que simulavam os movimentos dos astros utilizando jogos de engrenagens.

O planetário, como conhecemos hoje, surgiu por volta de 1920, produzido pela empresa alemã Carl Zeiss, ainda hoje uma das principais fabricantes mundiais de planetários. Esse primeiro planetário de concepção moderna era constituído basicamente por uma sala com teto em forma de cúpula, no centro da qual um projetor óptico-mecânico, que é o planetário propriamente dito, reproduzia com absoluta perfeição o céu estrelado e simulava com grande realismo os seus movimentos. Os planetas, o Sol e a Lua foram acrescentados posteriormente por meio da inclusão de outros projetores acoplados à máquina principal.

Com o avanço da tecnologia, os planetários foram se sofisticando cada vez mais, tornando-se capazes de reproduzir a maioria dos fenômenos observados no céu, tais como:

- o movimento diurno da esfera celeste;
- as fases da Lua;
- as diferentes constelações visíveis com o decorrer dos meses;
- o deslocamento dos planetas, do Sol e da Lua pelas constelações;
- as mudanças que ocorrem na aparência do céu para um observador que se desloca pela superfície da Terra, ou para outros locais do universo;
- a aparência do céu em épocas passadas ou futuras;
- fenômenos mais raros, como eclipses e chuvas de meteoros.

Também se tornou possível a projeção dos desenhos das constelações e das linhas dos sistemas de referências utilizados para a localização dos astros na esfera celeste. Com o auxílio de aparelhos acessórios, são projetadas, na cúpula, fotos de planetas, satélites e nebulosas ou mesmo vídeos mostrando algum fenômeno celeste.

A geração seguinte de planetários, os atualmente produzidos, apoiam-se em sofisticados equipamentos computadorizados e de tecnologia avançada, permitindo apresentações mais empolgantes, com efeitos sonoros e visuais, e que possibilitam adequar a sessão à idade do público presente. Para as crianças, os conteúdos podem ser passados por meio de desenhos animados que contam alguma história, mas sem perder o rigor científico, ou simular uma viagem em uma nave espacial, imitando um filme de ficção científica. Também é possível uma apresentação mais tradicional, simplesmente simulando o céu estrelado e seus fenômenos.

Assim, os planetários proporcionam um maravilhoso espetáculo, onde o espectador é levado a conhecer os objetos que compõem o universo. Também podem levar o assistente a observar o céu de qualquer lugar da Terra e em qualquer época ou mesmo de outros planetas, estimulando a curiosidade dos presentes.

No Estado de São Paulo existem dois planetários fixos, ligados a organismos governamentais: o Planetário Municipal do Ibirapuera, na capital, inaugurado em 26 de janeiro de 1957 e o Planetário de Campinas, inaugurado em 28 de Outubro de 1987. Há um projeto em andamento para a instalação de um planetário no Centro Integrado de Ciências “Prof. Aziz Nacib Ab’Saber” em São José do Rio Preto.

Nesses planetários a procura é considerável, principalmente por escolas. Para agendar uma visita ao Planetário do Ibirapuera, as escolas necessitavam fazê-lo com meses de

antecedência! No entanto, atualmente isso não é possível, pois o planetário encontra-se fechado para reformas desde o início de 1999 e, no momento, sem previsão de data para reabertura.

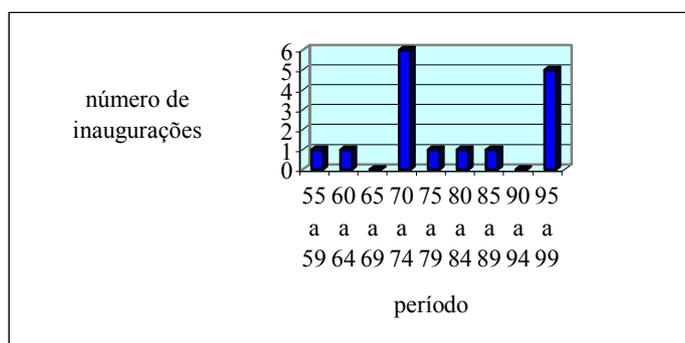
Além desses dois planetários paulistas, há mais 14 no Brasil, todos vinculados a instituições públicas, sejam prefeituras, escolas ou universidades. A seguir temos a relação desses planetários com as respectivas instituições a que estão vinculados e o ano de sua inauguração.

- Planetário da Escola Naval – Ministério da Marinha – RJ – 1961;
- Planetário da Universidade Federal de Goiás – 1970;
- Fundação Planetário da Cidade do Rio de Janeiro – 1970;
- Planetário da Universidade Federal de Santa Catarina – 1971;
- Planetário da Universidade Federal de Santa Maria – RS – 1971;
- Planetário Prof. José Baptista Pereira – Universidade Federal do Rio Grande do Sul – 1972;
- Planetário de Brasília – Governo do Distrito Federal – 1974;
- Planetário do Colégio Estadual do Paraná – Curitiba – 1976;
- Planetário da Fundação Espaço Cultural da Paraíba – João Pessoa - 1982;
- Planetário de Vitória – Prefeitura de Vitória e Universidade Federal do Espírito Santo – 1995;
- Planetário de Feira de Santana – Universidade Estadual de Feira de Santana – BA – 1997;
- Fundação Planetário da Cidade do Rio de Janeiro (trata-se de um planetário mais moderno instalado junto ao anterior) – 1998;
- Planetário Sebastião Sodré da Gama – Universidade do Estado do Pará – 1999;
- Planetário de Fortaleza – Prefeitura de Fortaleza – CE – 1999.

Ao observarmos as datas de inauguração dos planetários brasileiros, notamos que há concentrações em duas épocas: uma na primeira metade da década de 70 e outra na segunda metade da década de 90 (figura II.2).

A primeira foi conseqüência do aumento do interesse pelo universo despertado pelas viagens espaciais, particularmente pelas missões tripuladas à Lua, onde o primeiro pouso de

um ser humano ocorreu em 1969. Não foi um fenômeno local; nesse período houve um aumento na inauguração de planetários em todo o mundo.



## II.2 Número de planetários inaugurados no Brasil por período de cinco anos

Especificamente no caso brasileiro, outro fator que contribuiu para o aumento do número de planetários instalados nesse período foi o acordo existente, na época, entre os governos do Brasil e da República Democrática Alemã que previa a troca de produtos agrícolas por equipamentos tecnológicos, onde foram incluídos alguns telescópios e planetários.

Para a segunda concentração não vejo uma explicação tão clara. Talvez essa nova onda de interesse pelo universo se deva à chegada do novo milênio. Essas mudanças sempre despertam algo de místico nas pessoas e a busca das origens e finalidades da nossa existência acabam levando as pessoas a olharem para o universo como um todo.

Qualquer que seja o motivo, a inauguração de um grande número de planetários mostra que as pessoas estão atentas para as coisas do céu.

Outro trabalho geralmente desenvolvido nos observatórios e planetários são os cursos, com temas que variam desde astronomia para crianças até evolução estelar, passando pela construção de telescópios. Também esses cursos apresentam grande procura por parte do público.

## II.5. Empresas: a exploração comercial da Astronomia

Como o interesse pela Astronomia é grande por parte da população e porque os órgãos públicos não têm instalações suficientes para atender à demanda, nos últimos anos foram criadas empresas que se aproveitaram dessa situação e exploram os temas astronômicos para a realização de eventos. Algumas têm como público alvo apenas as escolas, enquanto outras,

além das escolas, atuam em hotéis, clubes e festas, realizando apresentações baseadas em fenômenos astronômicos para o entretenimento do público leigo em geral.

Segundo as propagandas dessas empresas, as apresentações se prestam a finalidades diversas: nas escolas, têm caráter essencialmente pedagógico, procurando despertar a curiosidade dos alunos para fenômenos da natureza e pelo conhecimento do universo, com os temas sendo abordados com linguagem e profundidade adequadas à faixa etária dos alunos, podendo inclusive serem adaptadas aos interesses curriculares de cada escola; nos hotéis, clubes e festas têm a finalidade de lazer cultural, usando linguagem coloquial, com os temas sendo tratados de forma descritiva; em eventos para lançamento de produtos, podem servir como estratégia de marketing.

As atividades promovidas dependem de cada empresa, mas de uma forma geral podemos dizer que compreendem:

- Sessões de planetários itinerantes: utilizam mini-planetários constituídos por uma cúpula, geralmente inflável, e um pequeno projetor planetário que podem ser transportados e montados nos locais dos eventos. As apresentações seguem o mesmo roteiro dos planetários fixos, porém os recursos disponíveis são limitados, não podendo reproduzir todos os fenômenos, como ocorre com aqueles. Talvez devido à dificuldade de observação do céu nas grandes cidades como consequência da baixa qualidade do céu em virtude da poluição luminosa, essas apresentações têm obtido grande sucesso; existem, no momento, cinco planetários móveis em operação no Estado de São Paulo.
- Sessões de observação do céu: utilizam telescópios portáteis que são montados nos locais do evento para as observações monitoradas do Sol (se diurnas) ou da Lua, planetas, nebulosas, estrelas duplas, aglomerados e galáxias (se noturnas). Uma variante dessa atividade consiste em realizar viagens para cidades do interior que apresentem boas condições de visibilidade do céu.
- Palestras e cursos: realizam palestras e/ou cursos rápidos sobre algum tema astronômico, cujo enfoque e linguagem são adaptados ao público participante do evento.
- Assessoria para a construção de observatórios didáticos: auxílio às escolas na escolha dos equipamentos mais adequados e no projeto para a montagem de um observatório astronômico para utilização didática com seus alunos.

- Auxílio a estudantes: ajuda a estudantes na elaboração de trabalhos para feiras de ciências e eventos culturais.
- Exposições científicas: exposição de equipamentos, pôsteres e projeção de vídeos relacionados com temas astronômicos.
- Turismo astronômico: organização de viagens para observação de algum fenômeno astronômico, tal como um eclipse do Sol.

Enquanto algumas empresas procuram levar suas atividades até seu público, outras realizam o caminho inverso, procurando atrair o público para um local fixo;

Na cidade de Brotas, Estado de São Paulo, foi construído um centro de estudos, anexo a um complexo de hospedagem e lazer, cuja finalidade é o estudo e a divulgação da Astronomia. Para isso conta com um pequeno planetário fixo (no momento, em fase final de montagem), observatório, anfiteatro multimídia e área para observações a olho nu, além de outras acomodações. Vale lembrar que a empresa em questão é ligada à área de lazer e entretenimento, trabalhando muito com escolas de ensino fundamental na realização de “acampamentos” e “days camping”.

Uma outra empresa se instalou recentemente (1998) na cidade de São Paulo e se auto intitulou como um planetário tridimensional, prometendo uma viagem fantástica através do espaço. Na verdade, não é um planetário nos moldes tradicionais, onde um projetor simula o céu estrelado e seus movimentos. Consta de uma sala circular com o teto em forma de cúpula, onde está fixada grande quantidade de fibras ópticas representando as estrelas que, portanto, são fixas. Há, na verdade, dois conjuntos independentes de fibras: um representando as estrelas do hemisfério sul e outro, as do norte. Por meio de um controle é possível acionar um conjunto ou outro, reproduzindo o céu de um hemisfério de cada vez. Infelizmente esse recurso não deu bom resultado, de forma que a visão proporcionada é bem diferente do céu real. No centro da sala, existe uma espécie de palco com uma maquete fora de escala representando o Sol e os planetas onde são encenadas estórias que abordam temas ligados ao sistema solar, às estrelas e ao universo. Entre esse palco e a cúpula encontram-se as poltronas para o público.

Essa mesma empresa construiu um grande “planetário móvel”, com uma cúpula de vinte metros de diâmetro, com a finalidade de proporcionar a outras cidades o mesmo espetáculo que apresenta no planetário tridimensional. A cúpula tem as mesmas características do planetário fixo, mas conta com uma aparelhagem de projeção diferente.

Como os grandes circos, esse planetário tem sido montado em diversas cidades e obtido bons resultados em termos de participação do público.

As próprias escolas têm se encarregado de proporcionar a seus alunos a possibilidade de contato com os objetos astronômicos através de observações. Algumas chegam a construir observatórios em suas dependências para uso de seus alunos, como é o caso de escolas em Americana, Ribeirão Preto e São Paulo.

Diversificando esse campo de investimento comercial, foi criada na cidade de São Paulo uma empresa dedicada exclusivamente à Astronomia, atuando em três áreas complementares:

- importação e venda de telescópios e planetários, sendo representante exclusiva dos maiores fabricantes mundiais desses equipamentos;
- assistência técnica a esses equipamentos;
- desenvolvimento de projetos culturais.

Desse modo, oferece assessoria técnica e comercial, principalmente, mas não exclusivamente, a prefeituras, para instalação de centros de observação astronômica e planetários em cidades brasileiras, com finalidade de criar espaços de apelo turístico e cultural. Também oferece apoio a colégios e universidades que queiram implantar observatórios e planetários didáticos em suas instalações.

Concluimos que a área de lazer astronômico está em pleno desenvolvimento, atraindo investimentos privados, inclusive com o surgimento de empresas para assessorar outras que queiram explorar esse novo campo de trabalho.

Notamos que a Astronomia aparece como um assunto atraente e muito procurado pelo público em geral, o qual mostra muita curiosidade e admiração pelo tema, quer para um enriquecimento cultural ou simplesmente para lazer.

Esse interesse é muito bem explorado principalmente pela indústria cinematográfica, embora também as editoras o façam de forma constante. Podemos dizer que o “lazer astronômico” é um novo campo que começa a ser descoberto por empresários.

Muito desse material que é produzido para entretenimento pode ser utilizado para estimular o estudo das ciências, em particular a Física, beneficiária direta desse fascínio causado pelo cosmo.

### **III. O CONHECIMENTO DO PROFESSOR**

Ao pretendermos que a Astronomia seja parte integrante dos conteúdos do ensino médio, não pensamos em incluí-la como uma nova disciplina e sim aproveitando as suas inter-relações com as que são ministradas atualmente. Dessa forma, se faz necessário determinar quais delas estão mais próximas e aptas a apresentar os conteúdos de caráter astronômico.

Também devemos verificar se a formação acadêmica dos professores dessas disciplinas contempla tal tema, se eles têm conhecimento suficiente para discuti-lo com seus alunos e se os livros didáticos trazem alguma ajuda para o professor com relação a essa área.

#### **III.1. A ligação da Astronomia com a Física**

Em seu início, a Astronomia foi puramente descritiva. Sua preocupação era localizar os astros no céu e fazer alguma previsão de seus posicionamentos futuros. Seu desenvolvimento inicial, provavelmente, deu-se por motivos espirituais, fossem eles religiosos ou puramente intelectuais. No entanto, podemos afirmar que, desde muito cedo, motivos materiais também contribuíram para que a Astronomia evoluísse.

Quando a humanidade deixou de ser nômade para se agrupar em sociedades que dependiam da agricultura, o conhecimento da época certa para a semeadura era fundamental para sua sobrevivência. Dessa forma, era necessário conhecer as estações do ano, o que podia, e pode ainda hoje, ser feito por observação de determinados grupos de estrelas que surgem no céu noturno. Entretanto, isso exige uma grande quantidade de prolongadas e rigorosas observações e registros das posições do Sol e das estrelas.

Mais tarde, o surgimento de núcleos urbanos e o desenvolvimento do comércio levaram a uma expansão do mundo conhecido e, posteriormente, às grandes navegações. Novamente a ciência dos astros dá apoio a esta nova empreitada, sendo utilizada para orientação pelos navegadores.

No final do século XVII, Isaac Newton propôs a teoria da gravitação universal, afirmando que as mesmas forças que regiam os movimentos dos astros no céu eram as

responsáveis pelos movimentos dos corpos na terra. Essa teoria foi utilizada na descoberta dos planetas Netuno e Plutão. Acompanhem a história da descoberta de Netuno (Winter, 1996).

Os seis planetas mais próximos do Sol (Mercúrio, Vênus, Terra, Marte, Júpiter e Saturno) já eram conhecidos há muito tempo e o sétimo planeta, Urano, foi descoberto por William Herschel em 1781. Observações detalhadas do movimento de Urano mostraram que sua órbita apresentava irregularidades, não concordando com as previsões feitas com base na teoria da gravitação universal. Algumas hipóteses foram levantadas para tentar explicar tal discrepância, entre elas a de que a gravitação universal não seria válida a grandes distâncias. Prevaleceu a da existência de um planeta além de Urano, que estaria causando perturbações em sua trajetória pelo espaço. Cálculos independentes realizados por dois astrônomos, o inglês John Couch Adams e o francês Urbain Leverrier, mostraram a existência de tal planeta, que foi encontrado em 1847 pelo astrônomo alemão Johann Gottfried Galle, muito próximo da posição calculada.

Uma particularidade dessa história é que o planeta encontrado não tem as características (massa, período, distância ao Sol) calculadas por Adams e por Leverrier. Para determinar a órbita do planeta desconhecido, eles se basearam nas perturbações causadas na trajetória de Urano. É evidente que não se conhecia a massa do planeta procurado, então Adams e Leverrier tiveram que escolher um valor, tendo optado, em ambos os casos, por valores maiores do que o real, o que os levou a obterem órbitas e períodos também maiores do que os reais. De qualquer modo, como os dados foram obtidos a partir das perturbações observadas em Urano, a posição do novo planeta era essencialmente correta. Isso significa que, mesmo obtendo períodos e órbitas incorretos, os cálculos levaram a uma região bem determinada onde o planeta estaria naquele momento, o que permitiu saber com boa precisão para onde apontar o telescópio.

Ainda assim, a descoberta, apoiada na aplicação da teoria da gravitação universal, criou uma forte ligação entre o que hoje denominamos Física e Astronomia.

Após essa primeira ligação, essas duas ciências se entrelaçaram de tal forma que freqüentemente uma descoberta em uma delas gerava uma aplicação na outra. Um bom exemplo é a espectroscopia.

Em 1859, o físico Gustav Robert Kirchhoff e o químico Robert Wilhem Bunsen, ambos alemães, descobriram que cada elemento químico possuía um espectro de emissão de radiação específico, caracterizado por linhas brilhantes de luz, com comprimentos de onda bem determinados. Dessa forma, é possível identificar a presença de átomos de um certo elemento químico em uma amostra por meio da análise do espectro da luz emitida por ele.

Com base nesse conhecimento, e analisando a luz proveniente das estrelas, foi possível determinar suas composições químicas e até descobrir um novo elemento químico, o hélio, identificado primeiro no Sol e posteriormente encontrado na Terra. Podemos dizer que esse procedimento deu origem à Astrofísica, fundindo as duas ciências em um novo ramo de conhecimentos.

Evidentemente a recíproca também ocorreu: o estudo da luz proveniente das estrelas e a procura pela fonte de sua energia contribuíram para o descobrimento da estrutura dos átomos, levando à moderna teoria atômica e ao estabelecimento das reações nucleares que ocorrem no interior das estrelas como sendo sua fonte de energia. Posteriormente chegou-se à compreensão da evolução das características das estrelas e de como são formados os elementos químicos a partir do hidrogênio.

Outro fenômeno estudado pela Física que encontra aplicação na Astronomia é o efeito Doppler óptico. Originalmente, o efeito Doppler estava relacionado com a alteração da frequência das ondas sonoras percebidas por um observador em movimento relativo a uma fonte emissora de tais ondas. Se ambos, fonte e observador, estiverem se aproximando, a frequência das ondas percebidas pelo observador será maior do que a frequência das ondas emitidas pela fonte. Ao contrário, se ambos estiverem se afastando, a frequência percebida se torna menor do que a emitida. Esse fenômeno pode ser facilmente observado quando uma ambulância com a sirene ligada se aproxima de nós e posteriormente se afasta. Notamos nitidamente a alteração da frequência do som da sirene que chega até nós, inicialmente mais agudo e depois mais grave.

Como a luz, embora de forma diferente do som, também apresenta características ondulatórias, o efeito Doppler pode ser observado na luz que nos chega de outras estrelas ou galáxias e, por meio de seu estudo, é possível determinar os movimentos de aproximação ou afastamento em relação à Terra que esses astros realizam no universo. Esse método não permite a determinação de velocidades tangenciais dos astros em relação à Terra.

No início do século XX, a teoria da relatividade de Einstein provocou uma revolução nos conceitos até então estabelecidos na Física. Da mesma forma que a teoria da gravitação de Newton, também essa nova teoria mostrou ter aplicações na mecânica celeste. Uma das primeiras comprovações da relatividade geral foi a explicação de uma pequena alteração no movimento do planeta Mercúrio, que não era prevista pela teoria da gravitação universal de Newton e pôde ser explicada pela teoria de Einstein.

Em sentido inverso, o desvio da luz por um campo gravitacional previsto pela teoria da relatividade pôde ser verificado por meio de um fenômeno astronômico. Como esse desvio

é muito pequeno, ele só pode ser observado na presença de um campo gravitacional intenso, criado por um corpo de massa muito grande, como o Sol, por exemplo. A maneira sugerida para testar a existência ou não de tal efeito foi a obtenção de duas fotografias de um mesmo grupo de estrelas, uma quando o Sol estivesse diante dele e a outra quando o Sol não mais estivesse na região. Para obter a fotografia da região desejada sem a presença do Sol, basta fazê-lo quando as estrelas estiverem visíveis à noite. Já para que seja possível fotografar um grupo de estrelas quando o Sol estiver diante delas (ou seja, durante o dia), é necessário fazê-lo quando da ocorrência de um eclipse total do Sol, caso contrário sua luminosidade não permite obter imagens de estrelas próximas à sua borda.

Foram realizadas algumas tentativas para detectar tal desvio da luz, que estão descritas em Einsenstaedt e Passos Videira (1995). A primeira ocorreu no eclipse de 10 de outubro de 1912, quando astrônomos de vários países se instalaram em Minas Gerais, porém as chuvas impediram a obtenção de qualquer imagem. A tentativa seguinte ocorreu na Rússia, no eclipse de 21 de agosto de 1914 e também não obteve sucesso, pois novamente a chuva impediu as observações. Uma outra ocorreu em 8 de julho de 1918, no estado de Washington, quando foi possível obter algumas fotografias que, no entanto, não apresentaram boa qualidade, impedindo que os dados obtidos levassem a resultados conclusivos.

Finalmente, para o eclipse de 19 de maio de 1919, duas expedições inglesas foram enviadas a locais favoráveis à observação: uma para a ilha de Príncipe, no golfo da Guiné, chefiada por Arthur Eddington e E. T. Cottingham e outra para a cidade de Sobral, no Ceará, chefiada por Andrew Crommelin e Charles Davidson. Também observaram o eclipse no Ceará uma missão americana e uma brasileira, esta chefiada por Henrique Morize, na época diretor do Observatório do Rio de Janeiro. Entretanto, essas duas missões não tinham o objetivo de estudar o desvio da luz previsto por Einstein.

A equipe inglesa em Sobral conseguiu realizar suas fotografias, enquanto a equipe da ilha de Príncipe conseguiu apenas algumas fotos por entre as nuvens. No entanto, os resultados obtidos foram suficientes para comprovar a teoria de Einstein e, mais uma vez, a Astronomia deu sua contribuição para a Física e, desta vez, nos céus do Brasil.

Isso foi só a “confirmação” da teoria. Hoje, toda a Cosmologia, com o Big Bang e buracos negros, em boa parte quase se confunde com a própria teoria da relatividade geral.

Na década de 1930, a descoberta de que ondas de rádio podiam ser detectadas no céu levou ao surgimento da Radioastronomia. Cobrindo outra faixa do espectro eletromagnético, esse novo campo de pesquisas aumentou consideravelmente a quantidade de informações sobre os corpos celestes.

A aplicação de fenômenos da mecânica quântica possibilitou a construção de sofisticados equipamentos de detecção de radiação, o que permitiu um grande aumento em quantidade e em qualidade das informações recebidas do universo, possibilitando um melhor desenvolvimento das teorias cosmológicas.

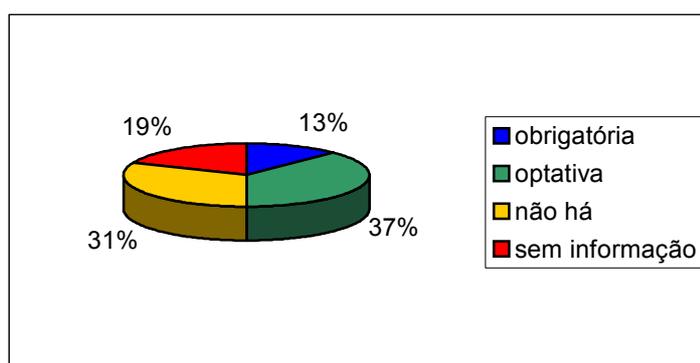
Como se pode observar, existe uma grande ligação entre a Física e a Astronomia, podendo-se afirmar que são conhecimentos gêmeos. Dessa forma, o professor que deve apresentar os melhores conhecimentos e, como consequência, está mais preparado para desenvolver assuntos de Astronomia no ensino médio é o professor de Física.

Será verdade?

### III.2. Astronomia na formação do professor de Física

Para responder a essa pergunta, fizemos um levantamento das instituições que mantêm cursos de licenciatura em Física com a finalidade de verificar se e quais conteúdos relacionados com Astronomia são fornecidos aos futuros professores no decorrer de sua vida acadêmica.

Restringimos nossa busca ao Estado de São Paulo, onde encontramos dezesseis instituições que oferecem cursos de licenciatura em Física, algumas de forma integrada com outras disciplinas, mas a maioria de forma independente. Obtivemos as grades curriculares de treze dessas instituições e de quatro conseguimos também as ementas das disciplinas. O resultado desse levantamento está representado na figura III.1.



III.1 Presença da disciplina Astronomia nas grades curriculares dos cursos de licenciatura em Física no Estado de São Paulo

Em apenas duas instituições aparece na grade curricular alguma disciplina obrigatória relacionada com Astronomia, enquanto que em outras seis há algumas colocadas no rol das

disciplinas optativas, também chamadas eletivas, de modo que o graduando tem a possibilidade de selecioná-las para compor sua grade curricular e, claro está, ele o fará apenas se tiver algum interesse pelo tema. Nessas relações de disciplinas optativas, algumas vezes há mais de uma relacionada com a Astronomia. Em um único caso há uma disciplina dirigida especificamente para cursos de licenciatura, enquanto que, em todos os outros, as disciplinas são oferecidas para qualquer curso, em geral da área de exatas.

Das outras oito instituições, cinco não apresentam qualquer referência a Astronomia em suas grades curriculares e de três não obtivemos informações.

É interessante notar que das oito instituições que apresentam Astronomia na grade curricular, quer como obrigatória quer como optativa, sete são de universidades públicas e uma particular. Isso é fácil de entender no caso de disciplinas optativas, uma vez que essas, em geral, apresentam um número reduzido de alunos e as instituições particulares, por motivos econômicos, não costumam deixar opções para seus alunos, apresentando uma grade fechada, onde todos os estudantes do curso cumprem as mesmas disciplinas. Como as três instituições das quais não obtivemos os dados são particulares, tudo leva a crer que também nelas a Astronomia esteja ausente.

De acordo com as poucas ementas conseguidas, as disciplinas dirigidas para o curso de licenciatura abordam os conceitos mais básicos da Astronomia, dando uma visão geral do conhecimento astronômico atual, destacando os seguintes temas:

- Esfera celeste (astronomia de posição);
- Terra: características e movimentos;
- Astronomia e cotidiano terrestre (estações do ano, marés, medida de tempo);
- Sistema Solar: dinâmica e componentes;
- Estrelas e sua evolução;
- Galáxias;
- Cosmologia;
- Instrumentação astronômica.

Como é um conteúdo bastante extenso, podemos supor que a abordagem de cada tópico seja superficial apenas dando uma noção introdutória de cada um deles. Por outro lado, as disciplinas que não são dirigidas diretamente aos cursos de licenciatura são mais específicas e abordam com maior profundidade um ou mais dos tópicos citados acima.

Além das disciplinas com conteúdos específicos de Astronomia, em algumas instituições, outras disciplinas, em particular as que abordam temas de Física Moderna, tratam de temas astronômicos, em especial Cosmologia e evolução estelar, provavelmente também em nível introdutório.

É louvável a existência dessas disciplinas, já que na maioria dos casos nada sobre a Astronomia é apresentado para os alunos. No entanto, esse levantamento mostra que uma grande parte dos professores formados nos cursos de licenciatura em Física no Estado de São Paulo não recebe qualquer informação sobre Astronomia durante sua formação acadêmica e só alguns professores recebem algum conhecimento que permita tratar desse assunto com seus alunos.

Não é possível estabelecer com exatidão a porcentagem exata desses professores, pois não dispomos do número de alunos formados em cada instituição e também não dispomos de informações sobre se eles cursaram ou não as disciplinas optativas de Astronomia. Para obter esse detalhamento, seria preciso realizar uma pesquisa diretamente com os professores, mas não vimos necessidade disso, uma vez que os dados disponíveis já são suficientes para delinear um quadro nada animador para a introdução de conteúdos de Astronomia no ensino médio.

### **III.3. Quem é professor de Física nas escolas de ensino médio**

Já foi mostrado no item anterior que a formação do professor de Física é precária no conteúdo de Astronomia. Não bastasse isso, a situação se torna ainda mais grave quando identificamos quem é realmente o professor de Física que se encontra nas salas de aula.

Em um levantamento realizado em 1997 junto às delegacias de ensino da região do ABC paulista, verificou-se a distribuição de professores lecionando Física, no ensino médio, mostrada na tabela III.2.

Esse quadro não é um retrato exato da situação, uma vez que as delegacias de ensino forneceram os dados de forma irregular. Enquanto a primeira delegacia de Santo André forneceu os dados de forma separada para as escolas da rede pública e da rede particular, a segunda delegacia de Santo André e a de São Caetano do Sul o fizeram sem distinção (pública ou particular) e as de São Bernardo do Campo e a de Mauá forneceram apenas os dados das escolas públicas. Outro inconveniente é que um mesmo professor pode aparecer mais de uma vez, já que existe a possibilidade de ele lecionar ao mesmo tempo na rede particular e na rede pública ou até mesmo em duas cidades da região.

Delegacia de ensino	Professores lecionando Física	Professores licenciados em Física	Professores habilitados a lecionar Física	Professores em caráter excepcional
1ª delegacia de Santo André	40 (publ)	0	0	40
	40 (part)	22	0	18
2ª delegacia de Santo André (publ / part)	57	28	3	26
1ª delegacia de São Bernardo do Campo (publ)	54	22	6	26
Delegacia de São Caetano do Sul	31	0	27	4
Delegacia de Mauá (publ)	66	23	43	
Total	288	95 (33%)	79 (27%)	114 (40%)

### III.2 Distribuição dos professores de Física na região do ABC em 1997

Há também alguns dados estranhos nesse quadro. Na cidade de São Caetano, a mais rica da região e provavelmente também com as melhores condições de trabalho nas escolas, não há sequer um professor formado em Física atuando, o mesmo acontecendo nas escolas da 1ª DE de Santo André. Enquanto isso, na cidade de Mauá, que é mais pobre que as outras duas, existem 23 professores licenciados em Física atuando, o que representa uma situação, no mínimo, incoerente.

De qualquer modo, o quadro mostra que grande parte dos professores que lecionavam Física não tinham a licenciatura correspondente, já que apenas 33% deles eram licenciados nessa disciplina, enquanto que 27% eram apenas habilitados a lecionar (provavelmente eram licenciados em Matemática ou Química) e 40% não eram sequer habilitados para lecionar a disciplina Física!

Embora com as falhas apontadas, esse quadro não é muito diferente do obtido em um levantamento da formação acadêmica dos professores participantes do *Programa de formação em serviço para o ensino de Física, educação continuada e apoio à docência* realizado pelo Instituto de Física da USP, cujo resultado é mostrado na tabela III.3.

Esse quadro é mais confiável que o anterior, uma vez que os dados foram obtidos diretamente com os professores, mas também não mostra fielmente a situação dos professores em sala de aula, uma vez que caracteriza apenas os professores participantes do programa, mas é mais detalhado que o anterior e mostra uma situação ainda pior, pois aqui apenas 18% dos professores têm licenciatura em Física, sendo provavelmente 50% habilitados (licenciatura em Matemática ou Química) e 32% em caráter excepcional (outras licenciaturas, bacharéis e outros).

A realidade delineada por esses quadros é assustadora, pois mostra que os professores que lecionam Física numa das regiões mais desenvolvidas do país não têm uma formação condizente com o exigido para realizar essa tarefa. Isso é muito ruim, pois eles, não por sua culpa, não apresentam os conhecimentos necessários para desenvolver de forma adequada e eficiente os conceitos físicos, uma vez que cada disciplina apresenta suas particularidades didáticas. A Física já não conta com a simpatia de grande parte dos alunos e, sendo desenvolvida de uma maneira não ideal, torna-se ainda mais rejeitada.

Deleg de ensino	Alunos			Licen. Plena Física	Licen. Plena Matem.	Licen. Plena Química	Licen. Biologia	Licen. Ciências	Bacharel		Engenharia	Outros
	F	M	O						F	M		
4ª DE	1	-	1	6	10	-	-	1	-	-	-	1
5ª DE	-	-	1	8	9	1	1	-	-	-	2	-
7ª DE	-	4	1	3	4	1	-	1	-	1	-	-
9ª DE	1	-	-	4	15	4	-	1	2	-	-	-
10ª DE	1	1	3	1	9	7	-	3	-	-	-	3
DE Caieiras	-	2	1	1	5	-	1	1	-	-	-	3
DE Jacarei	-	2	2	4	8	2	-	-	1	-	1	2
DE Miracatu	-	-	-	-	-	5	-	1	-	-	1	1
DE Registro	-	-	-	4	5	-	-	3	-	-	-	1
Total	3	3	9	31	65	20	2	11	3	1	4	11
Porcentagem	2%	2%	5%	18%	38%	12%	1%	7%	2%	1%	2%	7%

### III.3 Caracterização da formação acadêmica dos professores que lecionam Física

Para piorar ainda mais esse quadro, nos últimos anos assistimos a uma diminuição na quantidade de cursos de licenciatura em Física no Estado de São Paulo, pois a informação que obtivemos inicialmente era que existiam mais quatro cursos além dos efetivamente encontrados, revelando que esses cursos foram fechados, talvez por falta de interessados. Outra indicação dessa falta de procura é que as universidades privadas que têm uma grande quantidade de cursos e política agressiva de captação de alunos, não têm cursos de Física. Isso acaba se transformando em um círculo vicioso, pois, com a falta de professores qualificados, a disciplina acaba sendo ministrada de forma inadequada, aumentando a rejeição e diminuindo ainda mais a procura pelos cursos de Física.

Com relação ao conhecimento que tais professores possuem a respeito de temas astronômicos, a situação deve ser ainda pior, pois se há poucas disciplinas sobre esse assunto

nas licenciaturas em Física, ele deve estar, se não totalmente, praticamente ausente nos demais cursos e isso torna ainda mais difícil discutir esses temas no ensino médio.

#### **III.4. A (falta de) Astronomia nos livros didáticos**

Como muitos professores que lecionam Física não são licenciados nessa disciplina, geralmente eles buscam o conhecimento necessário para suas aulas nos livros didáticos. Muitas vezes a aula é uma repetição do que está escrito no livro (geralmente um único livro) que foi adotado pelo professor. Isso ocorre basicamente por dois fatores: insegurança do professor que não domina o conteúdo, por não tê-lo visto durante sua formação acadêmica, e aceita o que está escrito no livro (onde muitas vezes ele “aprendeu” o que está “ensinando”) e também por necessidade, uma vez que o professor normalmente cumpre uma jornada de trabalho muito grande, o que não lhe deixa tempo para uma preparação mais elaborada de suas aulas. Dessa forma, ele busca os livros, onde, supostamente, os conteúdos estão organizados segundo uma ordem adequada, com as fórmulas necessárias para a resolução de exercícios já estabelecidas, exercícios colocados em ordem crescente de dificuldade e até alguns exemplos de aplicações tecnológicas dos assuntos tratados. Alguns livros trazem, ao final de cada capítulo, um resumo da teoria que o professor pode transcrever na lousa.

Se assim é, quais são os conteúdos de Astronomia encontrados nos livros didáticos disponíveis para os professores?

Para responder tal pergunta (embora já imaginássemos encontrar um conteúdo muito restrito), realizamos um levantamento em trinta títulos (em um ou vários volumes) destinados aos cursos de ensino médio publicados a partir de 1980, sendo que seis tinham data de publicação anterior a 1990, doze foram publicados entre 1990 e 1994 e doze de 1995 a 1999, portanto muitos deles continuam em uso atualmente.

Do total de trinta títulos, onze continham o conteúdo de Física em um único volume; um em quatro volumes; um outro em cinco; dezessete no formato clássico de três volumes, cada um destinado a uma série.

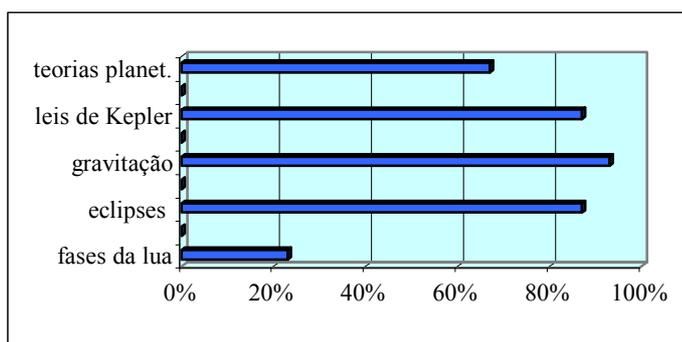
Os tópicos encontrados foram:

- uma pequena história das teorias planetárias de Ptolomeu (geocentrismo) e de Copérnico (heliocentrismo);
- leis de Kepler;
- lei da gravitação universal;

- eclipses do Sol e da Lua;
- fases da Lua.

A porcentagem com que esses itens estão presentes no total de títulos examinados é mostrada no gráfico III.4. Os três primeiros aparecem como conteúdo de Mecânica, enquanto que os dois últimos são tratados na parte de Óptica, aparecendo apenas como consequência e exemplo do princípio de propagação retilínea da luz e não como conteúdo específico a ser desenvolvido pelo professor.

Não foi surpresa constatar que os livros editados em volume único são os mais incompletos, sendo que um deles não apresenta um único tópico referente à Astronomia, enquanto que um outro trata apenas dos eclipses e um terceiro, dos eclipses e da gravitação universal. No entanto, de uma forma geral, não há diferenças significativas com relação à falta de conteúdos astronômicos nos livros consultados, sejam em volume único ou em coleções de três ou mais volumes.



III.4 Presença de tópicos de Astronomia em livros didáticos

A apresentação desses assuntos segue o padrão característico destes livros: é fornecida uma pequena introdução da teoria, quando existe, e as fórmulas de cada lei, seguidas de exercícios e aplicação. Não há indicações dos motivos que levaram os cientistas a pensarem sobre tal assunto e nem como foi construído o conhecimento apresentado. Por exemplo, afirmam que Copérnico propôs o sistema heliocêntrico em substituição ao geocêntrico. Que motivos ele tinha para propor tal mudança? Quais os fatores favoráveis e desfavoráveis a cada sistema? O que levou a predominância de um sobre o outro? As leis de Kepler são descritas como resultado de muito estudo sobre os dados de Tycho Brahe, mas por qual razão Kepler estava estudando esses dados? Isso não é sequer mencionado.

Os tópicos citados são os que estão presentes de forma predominante nos títulos analisados. Há outros assuntos que aparecem em um ou outro título, geralmente como tópicos suplementares. Nesse caso, enquadra-se a descrição da descoberta do planeta Netuno usando a lei da gravitação universal, dada como exemplo de sua aplicação. Raramente é sugerida alguma atividade de observação dos astros. Em um título são dadas “dicas” para se observar um eclipse solar. O problema é que a ocorrência de um eclipse solar num dado local é um fenômeno raro para que os alunos possam realizar sua observação.

Com os dados obtidos, infelizmente, nossa suposição inicial sobre a existência de um mínimo de conteúdo astronômico nos livros didáticos foi confirmada e o pouco que foi encontrado é apresentado de uma forma inadequada, evidenciando que o professor não terá condições de adquirir nem sequer os conhecimentos mais simples e básicos de Astronomia a partir dos conteúdos existentes nos livros didáticos, pelo menos nos atuais, adotados em nossas escolas de ensino médio.

### **III.5. Formação continuada de professores**

Dos dados apresentados anteriormente, podemos concluir que o atual professor de Física do ensino médio, em sua grande maioria, não conhece Astronomia, o que constitui um complicador para a introdução desse assunto nesse nível de ensino. No entanto, isso não ocorre apenas com a Astronomia ou com o conteúdo específico de sua disciplina. Muitas vezes o professor apresenta falhas também na componente didática de sua formação, pois normalmente sua atuação incorpora a “aprendizagem” a que foi submetido durante seus estudos, desde os primeiros anos até o ensino superior. Isso levantou nos últimos anos uma discussão sobre a necessidade da formação contínua do professor, formação essa que deve fornecer não só informações sobre o conteúdo referente à sua disciplina como também promover uma transformação em sua prática docente em geral, muitas vezes puramente transmissora de conhecimento.

Para que essa transformação possa ocorrer, é necessário que o professor considere, no decorrer de sua atuação, os principais pontos que fundamentam as propostas construtivistas e que estão listados a seguir:

- A. *“Reconhecer a existência de concepções espontâneas (e sua origem) difíceis de ser substituídas por conhecimentos científicos, se não por uma mudança conceitual e metodológica.*

- B. *Saber que os alunos aprendem significativamente construindo conhecimentos, o que exige aproximar a aprendizagem das Ciências às características do trabalho científico.*
- C. *Saber que os conhecimentos são respostas a questões, o que implica propor a aprendizagem a partir de situações problemáticas do interesse do aluno.*
- D. *Conhecer o caráter social da construção de conhecimentos científicos e saber organizar a aprendizagem de forma conseqüente.*
- E. *Conhecer a importância que possuem, na aprendizagem das Ciências – isto é, na construção dos conhecimentos científicos – o ambiente da sala de aula e o das escolas, as expectativas do professor, seu compromisso pessoal com o progresso dos alunos, etc.” (Gil-Pérez e Carvalho, 1995)*

Entretanto, como o processo de ensino-aprendizagem é amplo e complexo, não se pode esperar que o professor seja o único agente responsável pela elaboração de todas as suas etapas. É necessário que ele seja auxiliado em seu trabalho, deixando-lhe apenas uma parte da dura tarefa de ensinar. Assim, o trabalho do professor deve estar centrado fundamentalmente na atuação em aulas, no contato com os alunos, deixando as tarefas de planejamento e desenvolvimento de estratégias, materiais e atividades de ensino para outros especialistas.

Para que o professor possa estar atualizado não só com relação às mais recentes descobertas na sua área específica mas também sobre os processos de aprendizagem é que se faz necessário seu aperfeiçoamento constante.

Esse aperfeiçoamento deve então incorporar os aspectos apontados como essenciais para o aprendizado do aluno, uma vez que também se trata de um processo de aprendizagem. Os cursos de aperfeiçoamento não podem se resumir a um especialista falando para um grupo de professores passivos ouvindo. Se quisermos que os professores mudem sua atitude em aulas, temos que lhes proporcionar atividades em que sejam participantes ativos e que os levem a uma reflexão sobre sua atuação, ao mesmo tempo que lhes dê possibilidade de construir um conhecimento sobre o assunto estudado, e que posteriormente lhes possa servir como uma alternativa para sua aulas.

Vem no mesmo sentido a afirmação de que

*“El objetivo del perfeccionamiento consiste en capacitar al profesor de aula para que pueda aplicar, en forma autónoma, consciente y creadora,*

*una estrategia de enseñanza dada, con ayuda de materiales de apoyo dados y con el fin de alcanzar objetivos educacionales dados.” (Villarroel e Muñoz,1992)*

Está claro que o professor será o agente aplicante de atividades com objetivos, materiais e estratégias pré-elaborados, porém não definitivamente estabelecidos. Isso não significa uma depreciação do trabalho do professor, nem que ele deva ser um mero reprodutor de atividades planejadas por outras pessoas. Ao contrário, seu trabalho é o mais importante e o mais difícil: fazer o aluno aprender! É no contato com cada situação de sala de aula que surgem as dificuldades e atitudes inesperadas dos alunos, algo que não pode ser totalmente previsto em nenhum projeto. É o professor que tem contato com o aluno real, com seus sentimentos, dificuldades, ansiedades, esperanças e conhecimentos. É ele também que conhece as reais condições de sua escola. Por isso, ele deve ter autonomia e criatividade para poder desenvolver as atividades de forma adequada à sua realidade, aplicando-as de acordo com suas necessidades e conveniências ou mesmo a partir de suas convicções educacionais e princípios de trabalho.

Assim, as atividades propostas ao professor não devem ser fechadas. Elas devem orientá-lo, em linhas gerais, que caminho deve trilhar, e deixar uma margem para que o professor as molde de acordo com suas necessidades e convicções. Mesmo porque as atividades não se reproduzem de forma idêntica e previsível todas as vezes em que são aplicadas, o sucesso em um caso não significa sucesso em todos os outros. E isso vale também para os insucessos. Dessa forma, não devemos fornecer ao professor uma “receita de bolo” e sim uma sugestão de desenvolvimento. A proposta deve orientar o professor para a aplicação da atividade, mas fornecendo-lhe a base conceitual necessária.

É importante que o professor não seja abandonado em suas funções. É fundamental seu contato permanente com os preparadores das atividades. Ao aplicá-las em suas aulas, o professor terá uma medida real de sua eficácia, saberá reconhecer os pontos em que cada atividade está bem estruturada e os pontos em que apresenta falhas. Reconhecerá as dificuldades apresentadas pelos alunos e suas respostas, tanto em nível cognitivo quanto emocional, às situações propostas.

Dessa forma, o professor poderá dar o retorno aos planejadores a respeito da validade ou não das atividades, onde cada uma poderá ser melhorada ou se deve ser totalmente reformulada ou até suprimida. Esse contato faz do professor um agente efetivo no processo de planejamento de atividades educacionais. Ele deve ter oportunidade de relatar aos

planejadores as modificações, adaptações e supressões que tiver realizado nas atividades e os resultados obtidos com essas mudanças.

Isso mostrará também ao professor que todo o processo é produto de uma construção coletiva e que está em constante modificação e evolução, como qualquer conhecimento científico, o qual se estabelece a partir do intercâmbio de idéias entre pesquisadores. Isso faz com que o professor seja parte integrante do processo de pesquisa, podendo ser considerado, ele mesmo, um pesquisador. Seu papel se torna importante na produção das situações de ensino-aprendizagem, o que pode motivá-lo a continuar atuando no processo.

Mas, em um país de extensão tão ampla como o Brasil e com um número de professores elevado, como fazer esse processo de aperfeiçoamento? É claro que o ideal seria que todos os professores periodicamente pudessem participar desses cursos, mas entre o ideal e o possível há anos-luz (não resisti!) de distância.

Formar alguns professores para que se tornem multiplicadores é uma estratégia que tem dado bons resultados, mas ainda é muito pouco perto da quantidade de professores existentes. Penso que, além disso, deveríamos utilizar todos os métodos possíveis para disponibilizar aos professores esses materiais desenvolvidos para a melhoria da qualidade do ensino, quer de forma impressa, gravação em vídeo ou mesmo por meio eletrônico. É inadmissível que todo trabalho desenvolvido pelos pesquisadores fique restrito aos congressos, às bibliotecas das universidades ou a um pequeno grupo de pessoas. De alguma forma esse material tem de chegar aos professores, senão ele praticamente não terá utilidade.

Assim, a atualização de professores não se deve restringir a cursos com a presença dos mesmos. Essa é uma situação ideal, no entanto outros meios também devem ser utilizados, pois há muitos professores que têm interesse em melhorar sua atuação profissional, mas não encontram as informações necessárias. Qualquer meio que possibilite uma ajuda a eles deve ser considerado.

Aos pesquisadores cabe, então, a tarefa de desenvolver esses materiais de apoio aos professores. Fazer esse material chegar a eles é tarefa dos órgãos governamentais e das universidades.

### **III.6. Mostrando o caminho das pedras: onde buscar o conhecimento astronômico**

Alguns centros de pesquisas ou de divulgação das ciências, e até mesmo pesquisadores de forma individual, têm procurado disponibilizar o conhecimento sobre o cosmo para pessoas interessadas, tenham elas relação com o ensino ou não. Dessa forma,

alguém que tenha interesse ou necessidade de conhecer esse assunto encontrará uma série de recursos à sua disposição.

Com relação a cursos, há instituições que os oferecem regularmente: alguns são destinados especificamente para professores, outros são oferecidos para o público em geral, mas em todos pode-se obter um bom nível de conhecimento.

O Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da USP tem realizado anualmente, no mês de fevereiro, um curso – *Astronomia: uma visão geral* – destinado preferencialmente a professores de ensino médio e fundamental. O programa consta de uma parte teórica, quando são fornecidos conceitos básicos de Astronomia, além de oficinas, palestras e visitas a observatórios e planetário. Há também um outro curso – *Introdução à Astronomia e Astrofísica* – que se realiza na mesma época e é dirigido para pessoas que disponham de conhecimentos um pouco mais aprofundados em Física e Matemática.

O Instituto de Física da Universidade do Estado do Rio de Janeiro oferece, também no período de janeiro e fevereiro, uma *Oficina de Astronomia*, dirigida a professores, na qual eles têm a oportunidade de realizar uma série de atividades, cada uma com a finalidade de explicar algum fenômeno astronômico. Tais atividades foram planejadas de forma que o professor possa reproduzi-las posteriormente em suas aulas.

Tanto a Fundação Planetário da Cidade do Rio de Janeiro como a Escola Municipal de Astrofísica (ligada ao Planetário Municipal de São Paulo) realizam vários cursos no decorrer do ano, direcionados ao público em geral e não apenas a professores. Dessa forma, seus conteúdos são muito variados e sem uma aplicação direta no ensino oficial.

Em São José dos Campos, o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, por meio da Divisão de Astrofísica, oferece um *Curso de Introdução à Astronomia e Astrofísica*, cujo público alvo são professores de ensino médio e fundamental. Esse curso é realizado anualmente no mês de julho e procura fornecer atualização na área para profissionais do ensino, bem como contribuir para a divulgação, compreensão e desmitificação da pesquisa científica e mostrar sua importância.

Esses são apenas alguns exemplos, pois há outras instituições que oferecem cursos, em especial planetários, observatórios (como os relacionadas no item II.4) e associações ligadas à divulgação científica, mas é necessário entrar em contato com elas para conhecer sua programação.

Entretanto, nem todas as pessoas residem próximo a alguma instituição que oferece tais cursos ou mesmo dispõem de tempo para frequentá-los. Assim, uma outra alternativa para

se apropriar do conhecimento astronômico são os livros, onde se pode encontrar os mais variados temas astronômicos.

Um bom livro para se iniciar o contato com a Astronomia é *Atlas do Universo* (Matsuura, 1996), que é direcionado a alunos das últimas séries do ensino fundamental. Nele

*“... os temas astronômicos são apresentados como conteúdos suplementares aos programas curriculares, e abordados interdisciplinarmente. É dada uma visão geral do Universo, dando-se ênfase nas relações entre as suas partes e principalmente com o Homem. Na primeira parte do livro, o Homem é contextualizado no Universo. Na segunda, o espetáculo cósmico é apresentado como a coreografia do Sistema Solar à frente do cenário de fundo da esfera celeste. Na terceira, a noção de tempo é apresentada como medida da evolução dos movimentos celestes. Na quarta parte, a explicação científica dos movimentos celestes é apresentada como um flagrante histórico da eterna e compulsiva busca de explicações para os fatos observacionais, iniciada pelo Homem com interpretações míticas primitivas. Sem menção explícita à epistemologia científica, são subministradas informações que possibilitam o jovem leitor mais perspicaz a ter uma noção básica, mas precisa, da evolução e da validade dos conceitos científicos. O livro, amplamente ilustrado, explora o poder de comunicação das imagens. Para aprender conceitos científicos operacionais, o leitor é freqüentemente instado a fazer ele próprio observações simples, mas pessoais, do céu.”* (Matsuura, 1994)

*Já Fundamentos de Astronomia* (Faria, 1987) tem como meta fornecer uma visão geral e ampla do conhecimento astronômico e que, ao mesmo tempo, sirva como base para um posterior aprofundamento em tópicos mais específicos, onde seja necessário o uso de conceitos matemáticos e físicos mais elevados. Esse é um texto que pode complementar a primeira visão fornecida pelo livro anterior, pois estuda uma grande variedade de objetos e fenômenos astronômicos procurando não se utilizar de recursos matemáticos, o que certamente ajuda a atingir um número maior de leitores. No entanto, por ser um pouco antigo, o texto traz algumas informações desatualizadas, mas nada que seja muito comprometedor.

Para conhecer os movimentos que os astros realizam no firmamento, pode-se procurar *O Céu* (Caniato, 1990). Na verdade é um livro destinado ao ensino, mas não é um livro didático da forma tradicional. Ele traz uma série de atividades que podem ser reproduzidas

por um professor com seus alunos em sala de aula e que utilizam materiais que podem ser facilmente obtidos. Discute a abóbada celeste, a localização e a relação da Terra com os outros astros do universo e a origem da energia que temos disponível na Terra.

Finalmente, quem desejar algo mais completo e atualizado poderá procurar *Astronomia, Uma Visão Geral do Universo* (Friaça, 2000). O texto apresenta uma visão geral do cosmo e os conceitos fundamentais da Astronomia e da Astrofísica, com os assuntos sendo abordados com maior profundidade, utilizando conceitos mais complexos. Embora os organizadores afirmem que o texto seja dirigido para o público leigo, a compreensão de seu conteúdo exigirá ânimo e dedicação por parte do leitor, além de um certo conhecimento prévio de Física e Matemática.

Completando, há livros que tratam exclusivamente de assuntos mais específicos, como evolução estelar, buracos negros e origem do universo. Em geral são livros que requerem um maior conhecimento anterior e, em alguns casos, também mais esforço para serem compreendidos. Portanto, numa visita a uma boa livraria se encontrará uma grande variedade de livros sobre os mais diversos campos da Astronomia.

Em vídeo, há uma coleção distribuída pela Encyclopaedia Britannica do Brasil denominada *Galáctica, show cósmico*. A série é composta de 27 filmes, a maioria com cerca de dez minutos de duração. Os vídeos são muito bem produzidos, com dados atualizados e que abrangem boa parte do conhecimento atual sobre o universo, bem como uma pequena história da evolução desse conhecimento, inclusive mostrando os equipamentos utilizados pela moderna Astronomia. Também aborda a conquista espacial e quatro dos vídeos formam um “guia de observação do céu”, um para cada estação do ano, mostrando as constelações que podem ser vistas em cada uma delas.

Ao assistir a esses vídeos, que são acompanhados de um livreto com informações adicionais, pode-se adquirir uma visão razoável do panorama atual da Astronomia, se bem que de uma forma superficial.

A maioria das instituições brasileiras que trabalham com Astronomia tem *sites* na internet, onde se pode encontrar informações sobre esse assunto e também *links* para páginas de outras instituições ou que tratam de assuntos correlatos.

No *site* do Instituto de Física da UFRGS, há um curso de *Introdução à Astronomia e à Astrofísica* (Oliveira e Saraiva, 1999), de responsabilidade de dois professores do Departamento de Astronomia. Segundo os autores:

*“O texto foi escrito para permitir acesso por pessoas sem qualquer conhecimento prévio de Astronomia e com poucos conhecimentos de matemática. Embora alguns capítulos incluam derivações matemáticas, como Insolação Solar, Marés, Leis de Kepler Generalizadas e Interiores Estelares, estes capítulos não são fundamentais para a compreensão do texto geral. Mesmo que o leitor pule as seções mais matemáticas, deve obter uma boa visão da Astronomia Fundamental.”*

Embora não seja um curso propriamente dito, essa coleção de textos permite às pessoas interessadas obterem um bom conhecimento acerca dos fundamentos da Astronomia, uma vez que os tópicos abordados são bem variados, cobrindo vários aspectos dessa ciência, se bem que algumas vezes sejam bem específicos – precessão do eixo da Terra – e outras bem amplos – galáxias.

Observamos que existe material disponível para quem se interessa por Astronomia, não direcionado especificamente ao ensino dessa disciplina, mas a pessoas leigas que se interessam pelo tema e, por conta própria, dedicam-se a seu estudo.

Vimos que boa parte dos cursos de licenciatura em Física não oferece aos futuros professores conhecimentos ao menos básicos acerca de Astronomia e que os professores que realmente estão lecionando a disciplina Física no ensino médio não são formados em Física. Além disso, nos livros didáticos à disposição desses professores não há conteúdos de Astronomia que possa auxiliá-los. Dessa forma, para a introdução desses conteúdos no ensino médio, será necessária a preparação de professores por meio de situações de ensino-aprendizagem que os auxiliem de uma forma muito clara, e, se possível, que também os levem a adquirir os conteúdos necessários à sua prática diária. Como paliativo a essa situação, existe uma série de cursos, livros e outros materiais à disposição de professores autodidatas que se interessem pelo desenvolvimento de temas astronômicos com seus alunos.

## IV. O QUE JÁ FOI FEITO

Até o final dos anos oitenta, a Astronomia esteve praticamente ausente das aulas ministradas nos ciclos básicos das escolas brasileiras. Apenas alguns conceitos básicos eram ensinados nas aulas de Geografia. A partir desse período, seguindo uma tendência mundial, a Astronomia passou a ser inserida nos currículos de alguns estados, desde a pré-escola até as últimas séries do antigo primeiro grau. Entretanto, na maioria dos estados ela aparecia apenas na oitava série. Quanto ao antigo segundo grau, a situação era ainda pior, pois ou a Astronomia estava ausente ou apenas os tópicos de Gravitação e Concepções Cosmológicas, na verdade apenas os modelos geocêntrico de Ptolomeu e heliocêntrico de Copérnico, eram discutidos (Trevisan, 1999).

No entanto, a sugestão para se introduzir temas de Astronomia como parte integrante do ensino médio não é recente. Na década de 60, época em que surgiram os grandes projetos de ensino, um trabalho propôs a abordagem de Astronomia de forma implícita, colocando um tópico como parte do programa de Física (HPP, 1970), outro, de forma mais incisiva, propôs que se partisse de fenômenos astronômicos para introduzir o conteúdo desejado (Caniato, 1975).

A partir da década de 80, houve um grande aumento no número de títulos de livros didáticos editados no Brasil. Infelizmente, tal quantidade não gerou um aumento na qualidade e, como os livros mais bem sucedidos (em vendas, não em qualidade) não continham conteúdos de Astronomia, os que se seguiram, em grande parte baseados (na verdade, copiados disfarçada ou declaradamente) nos pioneiros bem sucedidos, também a desprezaram. Alavancados pelas estratégias agressivas de propaganda das editoras, esses livros terminaram por serem adotados por grande parte dos professores, alijando completamente a Astronomia do ensino médio.

Recentemente, com a inclusão da Astronomia como parte integrante dos currículos em alguns estados e com estabelecimento de novos conceitos sobre o ensino médio, uma série de trabalhos vêm sendo desenvolvidos com o objetivo principal de auxiliar os professores na

tarefa de ensinar temas astronômicos, uma vez que, na maioria dos casos, eles não têm uma formação adequada nessa área.

#### **IV.1. Os projetos de ensino de Física**

Surgidos nos anos 60 e 70, os grandes projetos de ensino propuseram uma renovação dos conteúdos e na maneira de se ensinar ciências. Em alguns deles, tópicos de Astronomia eram partes integrantes do programa de Física.

Um desses trabalhos foi desenvolvido na Universidade de Harvard, sob o título de *Harvard Project Physics* (HPP, 1970) e produziu livros-texto, manuais de atividades, filmes, coletânea de textos para leitura, transparências e equipamentos para experimentos com o objetivo de organizar um curso de Física com ênfase humanística, onde os assuntos tratados fossem apresentados numa perspectiva cultural e histórica, mostrando a ciência como construção humana, parte integrante da nossa cultura e que apresenta uma evolução contínua.

A epígrafe dos livros-texto é bem significativa e representativa das idéias dos autores:

*A ciência é uma aventura de toda a raça humana para aprender a viver e talvez a amar o universo onde se encontra. Ser uma parte dele é compreender, é conhecer-se a si próprio, é começar a sentir que existe dentro do homem uma capacidade muito superior a que ele pensava ter e uma quantidade infinita de possibilidades humanas.*

*Proponho que a ciência seja ensinada a qualquer nível, do mais baixo ao mais alto, de um modo humanístico. Deve ser ensinada com uma compreensão histórica, com um entendimento filosófico, com um entendimento social e humano, no sentido da biografia, da natureza das pessoas que fizeram a sua construção, dos triunfos, das tentativas e das tribulações.*

Isador Isaac Rabi  
Prêmio Nobel de Física

O curso foi dividido em seis unidades, sendo que a segunda, intitulada “Motion in the Heavens”, tem como conteúdo a evolução histórica da Astronomia. Inicialmente são descritos os movimentos que as estrelas, o Sol, a Lua e os planetas realizam no céu e apresentadas as primeiras tentativas de explicação desses movimentos realizadas pelos gregos, chegando até o

sistema geocêntrico de Ptolomeu. A seguir são comentadas as dificuldades encontradas por esse modelo e também os sucessos conseguidos por ele.

Depois é apresentado o trabalho de Copérnico, com seu sistema heliocêntrico, sendo que aqui também são discutidos argumentos a favor e contra o sistema proposto. De particular interesse é a discussão sobre a evolução posterior da obra de Copérnico e as conseqüências que esta nova visão do universo trouxe para o desenvolvimento da Astronomia e para o pensamento humano.

Segue com a apresentação dos trabalhos de Kepler, o abandono do dogma do movimento circular e o estabelecimento das três leis que regem os movimentos dos planetas, terminando com a Teoria da Gravitação Universal de Newton, seus sucessos e limitações.

No final do livro-texto há um manual de experimentos e atividades. Podemos citar como exemplos:

- observação do céu a olho nu para determinar os movimentos dos astros;
- medida da distância da Terra à Lua;
- observação do movimento de Marte e determinação de sua órbita;
- construção de um relógio solar;
- construção de um modelo em escala do sistema solar;
- discussão em sala de aula de alguns trechos da peça *Galileu Galilei* de Bertoldt Brecht.

Com o intuito de complementar o aprendizado, há oito filmes sem fim (loops) que versam sobre alguns assuntos tratados no livro-texto e uma coletânea de artigos enfocando os mais variados temas, tais como o prefácio do livro de Copérnico, passando pela gravitação universal até a expansão do universo.

Não há tradução do *Harvard Project Physics* no Brasil e, portanto, creio que ele não tenha sido utilizado por uma quantidade significativa de professores, embora exista uma versão em português editada pela Fundação Calouste Gulbenkian (HPP, 1978).

No entanto, há um trabalho brasileiro que utilizou a Astronomia como tema para abordar a Física: o PBEF – *Projeto Brasileiro para o Ensino de Física* (Caniato, 1975). Desse trabalho resultaram dois livros: o primeiro, *O Céu*, totalmente dedicado ao estudo de Astronomia, e que ainda é editado em uma versão revisada, e o segundo, *Mecânica*, trata obviamente de Mecânica.

O autor justifica o uso da Astronomia por ser ela a mais antiga das ciências, por ser um assunto que sempre preocupou a mente humana, tornando-se um desafio à sua inteligência, por ser uma síntese da Física, por ser altamente motivador e por permitir ao homem perceber o quanto é ínfimo perante a imensidão do universo. É difícil não concordar com essas justificativas.

O primeiro capítulo do livro procura descrever os movimentos dos astros pelo céu, não só por meio de atividades de observação e registro de tais movimentos, como também com a construção de um modelo de esfera celeste para simulação e melhor compreensão de tais movimentos.

O segundo capítulo é dedicado às explicações dos fenômenos celestes, desde os gregos até Newton. Mostra os trabalhos realizados pelos gregos, como a medida da circunferência da Terra por Eratóstenes e a determinação da relação entre as distâncias da Terra ao Sol e da Terra à Lua feita por Aristarco. A seguir, analisa o sistema heliocêntrico proposto por Copérnico, chegando às leis de Kepler e posteriormente aos trabalhos de Galileu e seu problema com a Inquisição, terminando com a grande obra de Newton sobre a gravitação universal.

O capítulo seguinte trata do Sistema Solar, analisando a Terra e sua fonte de energia: o Sol. Posteriormente são estudados a Lua e os demais planetas, assim como os cometas e meteoritos.

Encerrando a obra, são estudadas as estrelas e a galáxia, fornecendo uma rápida visão das enormes distâncias que nos separam dos demais corpos do universo, dando particular atenção às dimensões da nossa e de outras galáxias e das distâncias entre elas.

O livro é repleto de atividades que, segundo o autor, são parte obrigatória do curso e, como não requerem material sofisticado, são de possível execução em qualquer situação, mesmo a de grande carência material.

Infelizmente, apesar de toda qualidade que apresenta, a idéia defendida pelo PBEF não se propagou de forma significativa. Mesmo assim, seu autor tem desenvolvido trabalhos utilizando a Astronomia na busca de uma abordagem ativa no ensino e ministrando cursos no Brasil e em países da América Latina. Segundo ele:

*“É preciso que os jovens sejam confrontados com os elementos que fazem funcionar o seu habitat. Uma astronomia com seus ‘ingredientes’ vivos de ‘provocação’. Com seus aspectos mais fundamentais de iniciação científica é um dos mais férteis campos para a ‘alfabetização’ no campo do*

*conhecimento: UMA CIÊNCIA PARA VER E ENTENDER O FUNCIONAMENTO DO MUNDO.” (Caniato, 1999)*

Os outros dois projetos que foram utilizados no Brasil praticamente não se utilizam da Astronomia.

No projeto do Physical Science Study Committee (PSSC, 1968), há um capítulo que trata do espaço e sua medição e, evidentemente, as grandes distâncias estão relacionadas com o universo, onde é dada uma breve visão do que são planetas, estrelas, galáxias e suas dimensões. Mais adiante, há um capítulo onde é mostrada a evolução das idéias sobre os sistemas planetários, desde Platão até Kepler e de como Newton, utilizando-se das leis de Kepler, chegou à teoria da gravitação universal, que é o tema central do capítulo. No final é citado o problema da irregularidade da órbita de Mercúrio, não explicada pela teoria de Newton mas sim pela teoria da relatividade de Einstein.

Um ponto interessante é que na complementação desse capítulo há sugestões de atividades para observação dos movimentos de planetas, dos satélites de Júpiter e das estrelas fixas, mas não há indicação de como se aproveitar essas observações para explorar outros temas. Elas se encerram em si mesmas, deixando a sensação de que faltam “ganchos” entre elas e o restante do projeto.

No Projeto de Ensino de Física (PEF, 1981), desenvolvido na Universidade de São Paulo no início dos anos 70, também há um capítulo sobre gravitação universal, com um histórico dos sistemas planetários, iniciando com os babilônios e chineses (700 a.C.), passando por Ptolomeu, Copérnico, Galileu e Kepler e suas leis, até chegar a Newton e à teoria da gravitação universal. Completando o capítulo, há um texto para leitura suplementar que dá uma idéia geral do universo, tratando de galáxias e quasares, da formação de galáxias, estrelas e do Sistema Solar e encerrando com um pouco de Cosmologia. Curiosamente, no guia do professor está citado que a leitura desse texto desperta grande interesse por parte dos alunos, mas o assunto não tem continuidade e nem é aproveitado para introdução de outros temas.

Contudo, esses projetos não conseguiram se estabelecer como modo ideal de ensino, talvez por não focalizarem um ponto fundamental do processo.

*“... os projetos foram muito claros em dizer como se deveria ensinar a Física (experimentos, demonstrações, projetos, ‘hands on’, história da Física, ...) mas pouco ou nada disseram sobre como aprender-se-ia essa mesma*

*Física. Ensino e aprendizagem são interdependentes; por melhor que sejam os materiais instrucionais, do ponto de vista de quem os elabora, a aprendizagem não é uma consequência natural.*” (Moreira, 2000)

No período posterior, as escolas de ensino médio passaram a apoiar o ensino nos livros didáticos ou apostilas, que hoje são balizadas pelos programas dos grandes vestibulares. Como nesses programas nada consta sobre Astronomia ...

## **IV.2. Trabalhos recentes**

Como já afirmamos no início desse capítulo, atualmente há um movimento para a inclusão de conteúdos de Astronomia nos diversos níveis de ensino, existindo vários pesquisadores preocupados com essa questão, como se pode observar pela quantidade de trabalhos sobre o tema que têm sido apresentados, tanto em congressos de Astronomia quanto de ensino de Ciências.

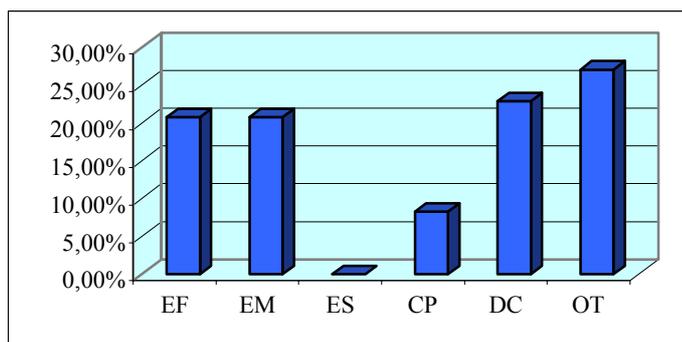
Esses trabalhos foram por nós separados em categorias:

- materiais e metodologias para o ensino fundamental (EF);
- materiais e metodologias para o ensino médio (EM);
- materiais e metodologias para o ensino superior (ES);
- cursos para professores do ensino fundamental e médio (CP);
- ensino não formal e divulgação científica (DC);
- outros (OT).

Em materiais e metodologias incluímos os trabalhos que apresentam experimentos, simulações, representações e outras atividades que têm a finalidade de observar, simular ou explicar algum fenômeno ou conceito astronômico e que possam ser reproduzidos de forma direta ou adaptada pelo professor em suas aulas nos respectivos níveis de ensino. Em cursos para professores foram incluídos os trabalhos destinados a fornecer aos professores de ensino médio ou fundamental conhecimentos dos conceitos básicos de Astronomia. Em ensino não formal e divulgação científica foram incluídos os trabalhos destinados ao público em geral, fora do ambiente escolar, tais como exposições e programas de observações realizadas por observatórios, curso de extensão cultural e trabalhos de clubes de Astronomia, o que não

significa que não possam ser utilizados também por professores. Evidentemente em outros, foram incluídos os trabalhos que não se enquadram nas classes acima, tais como estudos de currículos de cursos superiores de Astronomia e relatos das olimpíadas de Astronomia.

Nos quatro últimos Simpósios Nacionais de Ensino de Física (SNEF) (1993 a 1999) foram apresentados um total de 48 trabalhos sobre ensino de Astronomia. A distribuição desses trabalhos nas categorias anteriormente citadas está representada na figura IV.1.



IV.1 Distribuição dos trabalhos sobre ensino de Astronomia apresentados nos SNEFs

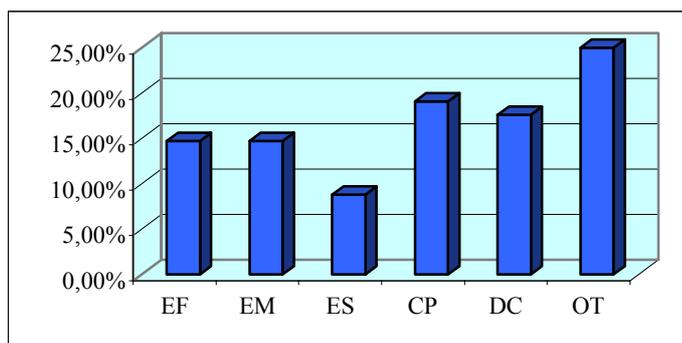
Desses dados percebemos que há uma preocupação dos pesquisadores em auxiliar os professores de ensino fundamental e médio por meio da apresentação de propostas de atividades e metodologias para serem desenvolvidas em suas aulas, certamente em função da reconhecida ausência de conteúdos astronômicos na formação acadêmica desses professores e nos livros didáticos. Se por um lado existe essa disposição em auxiliar os professores, por outro não ocorre uma incidência grande de cursos de atualização para esses mesmos professores, ou pelo menos, não foram apresentados trabalhos nesse aspecto.

Também percebemos uma tendência para a divulgação do conhecimento astronômico entre a população, pois há vários trabalhos nessa linha. Aliás, isso leva a um ponto interessante. Quando ocorre um fenômeno astronômico raro e que é fortemente divulgado pelos meios de comunicação, ocorre um natural aumento de interesse pelo tema, não só por parte da população, mas também por parte dos pesquisadores. No XI SNEF, ocorrido no ano de 1995, dos 18 trabalhos sobre ensino de astronomia, 8 eram referentes ao eclipse total do Sol ocorrido em 3 de novembro de 1994 e que pôde ser observado em sua totalidade na região sul do Brasil.

Entre os astrônomos, também existe preocupação com o ensino de sua disciplina. Tanto isso é verdade que na XXI Assembléia Geral Ordinária da Sociedade Astronômica Brasileira (SAB) (1993) foi aprovada a criação de uma Comissão de Ensino no interior da

SAB (Boletim SAB,1994). Entre a XIX (1993) e a XXVI (2000) Reuniões Anuais da SAB foram apresentados 68 trabalhos sobre o ensino de Astronomia, cuja distribuição por categorias está representada na figura IV.2.

Também aqui notamos a preocupação em auxiliar os professores da educação básica, mais até do que os do ensino superior, pois há menos trabalhos dedicados a esse nível de ensino do que para aquele.



IV.2 Distribuição dos trabalhos sobre ensino de Astronomia apresentados nas RASABs.

Consideramos isso um pouco surpreendente, pois acreditávamos que os astrônomos profissionais dedicassem uma atenção maior para a formação de novos astrônomos e não necessariamente para o ensino em níveis mais amplos. Na verdade, constatamos com satisfação que há vários deles seriamente preocupados com a melhoria da qualidade do ensino brasileiro como um todo e a isso têm se dedicado dentro de suas possibilidades, seja escrevendo artigos de divulgação científica, atuando como assessores para análise de conteúdos astronômicos em livros didáticos ou mesmo propondo atividades de auxílio a professores do ensino fundamental e médio.

Essa preocupação torna-se ainda mais evidente quando observamos a quantidade de trabalhos relacionados com cursos para professores do ensino fundamental e médio, que é em maior número do que os apresentados nos SNEF.

No entanto, apesar de todo esse empenho em melhorar as condições do ensino da Astronomia na educação básica por meio de subsídios aos professores, esses trabalhos apresentam problemas semelhantes aos que foram identificados nos grandes projetos de ensino: discutem muito bem o quê e como ensinar mas muito pouco como se aprende.

Em primeiro lugar, percebemos que, em geral, as atividades sugeridas apenas procuram ilustrar um fenômeno em particular e sua explicação se encerra em si mesma, deixando de relacioná-lo com outras situações ou aplicações.

Pode ser que, em alguns casos, essa seja uma situação inevitável, mas a Astronomia tem um potencial de integração com outros ramos do conhecimento que deveria ser melhor explorado. É bom que os alunos compreendam os mecanismos dos eclipses, mas se for acoplada a uma compreensão de como as idéias sobre sua explicação evoluíram é melhor. Ou ainda, compreender que hoje os cálculos das ocorrências de eclipses são tão precisos que se pode utilizá-los para localizar no tempo fatos históricos que aconteceram há vários séculos, desde que próximos à data de ocorrência de algum eclipse.

O conhecimento dos planetas do Sistema Solar e suas características é algo até corriqueiro. Mas a compreensão de como essas características são determinantes para o surgimento, evolução e manutenção ou não de formas de vida em um planeta já não é tão disseminada.

Essas ligações entre a Astronomia e outras áreas de conhecimentos precisam ser mais explicitadas; é preciso mostrar que os conhecimentos não são isolados, que a descoberta em uma área pode provocar alterações de conceitos em outra. Não basta ensinar Astronomia pela Astronomia.

Talvez essa não seja uma das preocupações dos autores, que esperam que o professor faça essas ligações posteriormente. Entretanto, a partir do que foi levantado sobre o conhecimento dos professores acerca de Astronomia, isso pode ser um pouco difícil para eles e seria interessante incluir mais esse item nas atividades para facilitar o seu trabalho.

Outro ponto que observamos é a falta de determinação dos conhecimentos prévios dos alunos. Não aparecem propostas para colocar os alunos nas atividades e realizar um levantamento dos conhecimentos que eles já apresentam sobre o tema com o objetivo de, posteriormente, gerar conflitos para que, ao resolvê-los, os alunos construam um aprendizado significativo. Vale lembrar que colocar o aluno na atividade, não significa fazê-lo simplesmente atuar, seguindo uma receita, é preciso uma participação efetiva em nível cognitivo, obrigá-lo a raciocinar, a confrontar seus conhecimentos prévios com o que está sendo proposto ou observado.

A existência das falhas apontadas é compreensível, uma vez que a maioria dos primeiros trabalhos foi desenvolvida principalmente por astrônomos e não por pesquisadores em ensino. Assim, a preocupação maior era com a transmissão do conhecimento, da mesma forma que ocorre com a maioria dos professores atuantes hoje no nosso país, pois, como já foi lembrado anteriormente, suas concepções de ensino incorporam todo o “aprendizado” incidental a que foram submetidos em longos anos de estudo.

Entretanto, acompanhando evolução temporal dos trabalhos na área, constatamos uma melhoria significativa em sua qualidade com relação a pontos importantes para o aprendizado do aluno, com a incorporação de aspectos como a proposição de hipóteses e da participação dos alunos em debates sobre elas.

Isso indica que uma das condições para melhorar ainda mais os futuros trabalhos é o intercâmbio de conhecimentos entre os pesquisadores em ensino e os astrônomos, proporcionando uma troca de experiências que só tem a contribuir para o ensino da Astronomia, desde o ensino fundamental até a formação de novos profissionais.

### **IV.3. Aproveitando experiências anteriores**

Apesar de, em nossa opinião, algumas das atividades propostas para o ensino de Astronomia serem incompletas em termos educacionais, elas trazem soluções criativas para a apresentação de vários fenômenos astronômicos e, com adaptações e complementos, podem se revelar ainda mais úteis para o ensino.

Os fenômenos que mais se procuram esclarecer para os alunos são os eclipses, as fases da lua e as causas das estações do ano (Augusto e Canalle, 1993; Canalle, 1999; Babichak et al, 1997). Embora sejam assuntos que, em princípio, deveriam ser tratados no ensino fundamental, verificamos que vários alunos do ensino médio, e infelizmente alguns professores, desconhecem os mecanismos que produzem tais fenômenos. Um dos fatores que certamente contribuem para esse desconhecimento é a representação bidimensional existente nos livros didáticos, e que os alunos não conseguem transpor mentalmente para três dimensões. Os dois primeiros trabalhos citados procuram desenvolver uma simulação tridimensional desses mecanismos (e de alguns outros) utilizando materiais de baixo custo e que podem ser facilmente obtidos. O terceiro propõe um debate sobre qual seria o melhor entre dois modelos, previamente apresentados aos alunos, para explicar as estações do ano.

Uma outra atividade faz uso de um gnômon para relacionar as estações do ano com a posição do Sol no céu (Afonso, 1996). Isso possibilita contestar a idéia de que o início do verão corresponde ao dia em que o Sol está mais alto no céu ao meio dia, o que só é verdade para localidades ao sul do Trópico de Capricórnio ou ao norte do Trópico de Câncer. É feita uma discussão detalhada do que ocorre com a sombra projetada pelo gnômon quando ele se encontra ao sul do Trópico de Capricórnio, sobre a linha do Equador e entre este e aquele.

Existe uma proposta para a determinação quantitativa da inclinação do eixo da Terra em relação ao plano de sua órbita, um dos fatores que contribuem para a existência de

estações climáticas (Trevisan et al, 1997b). É uma atividade interessante e criativa, porém sua realização nos parece um pouco inviável em um curso regular, pois requer a tomada de fotos do Sol nascendo nos quatro dias do ano em que ocorrem os inícios das estações, o que significa um ano inteiro para se completar a atividade. Talvez seja interessante realizá-la como atividade extra-curricular, ou então fazer uma coleção de fotos que possam ser utilizadas em anos subseqüentes, com os alunos tomando as fotos do início de uma estação e utilizando as outras existentes em arquivo.

As leis de Kepler são discutidas no ensino médio e, em geral, para sua explicação, faz-se um desenho de uma elipse representando a órbita de um planeta. Porém, no desenho, normalmente a excentricidade dessa elipse é exagerada, levando o aluno a supor que isso é sempre verdade, quando, na realidade, as órbitas planetárias são quase circulares. Para superar essa dificuldade, é proposta uma atividade onde se desenha as elipses correspondentes às órbitas de cada planeta com seus valores reais de excentricidade. Para mostrar a lei das áreas usa-se a órbita de Plutão, essa sim tem uma excentricidade elevada quando comparada com as demais. O planeta é localizado sobre sua órbita em intervalos de tempo iguais, assim, as linhas que unem o Sol a Plutão em cada caso dividem a área no interior da elipse em várias partes, as quais são posteriormente medidas para verificar sua igualdade (Crispin e Canalle, 1993).

Outros trabalhos têm propostas mais amplas do que simplesmente apresentar um fenômeno ou lei e têm trazido resultados animadores, como o curso optativo de Astronomia que foi oferecido para alunos do ensino médio em um colégio da cidade do Rio de Janeiro (Milone, 1998). O curso teve por objetivo levar os alunos a uma reflexão crítica sobre a relação do homem com o universo e, na avaliação de seu autor, foi bem recebido pelos estudantes. Destaca como motivos possíveis desse resultado o fato do curso ter proposto temas fundamentais, como a origem do universo e da vida, sua relação com outras áreas de conhecimento e a necessidade de observar a natureza com maior atenção. Podemos notar que houve a preocupação com a contextualização do assunto e com a pluralidade de enfoques, o que, certamente, ajudou a motivar os alunos.

Um projeto de pesquisa em andamento na Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul propõe a utilização de assuntos astronômicos como motivadores e orientadores dos conteúdos de Física no ensino médio (Mallmann e Rasia, 2000). O trabalho visa desenvolver materiais instrucionais com a finalidade de auxiliar os professores em suas aulas, tais como apostila com os roteiros das atividades, equipamentos para estudo e simulação de diversos fenômenos astronômicos além de instrumentos para a realização de

medidas de grandezas físicas relacionadas com esses fenômenos. Os autores poderiam avançar um pouco mais nessas idéias e propor temas astronômicos que também tenham relação com outras disciplinas e não só com a Física, integrando vários campos de conhecimento.

O Grupo de Reelaboração do Ensino de Física – IFUSP (GREF), embora não atue especificamente com o ensino de Astronomia, está elaborando uma coleção de leituras de Física que, em sua versão preliminar (GREF, 1998), apresenta oito capítulos sobre temas astronômicos, tratando dos seguintes assuntos:

- “mapa” do universo,
- a forma da Terra,
- relógio de Sol,
- a Terra e a Lua,
- o sistema solar,
- gravidade,
- evolução estelar,
- um pouco de cosmologia.

Segundo os autores, é uma obra “para ler, fazer e pensar”. É sugerida uma série de atividades e experimentos que não requerem material sofisticado para sua realização, acompanhados de perguntas que instigam o aluno a pensar e elaborar hipóteses. Tudo é tratado de uma forma divertida, bem humorada, mas sem perda de rigor científico. Há também dicas extremamente úteis para os alunos. Por exemplo, enquanto o aluno realiza uma experiência em casa,

*“se sua mãe gritar: ‘Meu filho o que estás a fazer?’ diga que é uma experiência científica e que falta pouco para acabar. Ela vai ficar orgulhosa!”*

Sem dúvida, uma dica fundamental!

Como vimos, há um grande número de trabalhos desenvolvidos com o intuito de se ensinar Astronomia, alguns de forma direta e outros de forma indireta. No entanto, é necessário fazer com que esse esforço seja aproveitado pelos professores de educação básica.

Vimos que várias instituições desenvolvem cursos que se propõem a transmiti-la, porém ainda é muito pouco. Faz-se necessária uma ação mais ampla para a divulgação e aplicação de todo esse trabalho.

## **V. ASTRONOMIA PARA O ENSINO MÉDIO**

Já mostramos que a Astronomia está presente em diversas formas de manifestações culturais e que alguns fenômenos estudados por ela estão diretamente ligados ao nosso cotidiano. Também mostramos que seu estudo está praticamente alijado do ensino, embora seja um assunto que provoca muita curiosidade e admiração na população, a qual busca entender seus mistérios por meio de cursos, palestras, livros e tudo o mais que trate desse tema.

Então, já que a curiosidade está despertada naturalmente, podemos aproveitá-la em prol do ensino. No entanto, a maioria dos professores não apresenta domínio dos conteúdos relativos à Astronomia, uma vez que, em seus cursos de licenciatura, receberam pouca ou mesmo nenhuma informação relativa ao tema.

Como proceder então para que o estudos dessa disciplina seja de fato efetuado nas escolas de ensino médio? Quais são os tópicos que devem ser abordados? De que maneira isso pode ser feito?

### **V.1. Como incluir conteúdos de Astronomia no ensino médio**

Há várias formas de introduzir temas de Astronomia, ou de qualquer outro assunto, no ensino médio. Não vamos defender a inclusão de mais uma disciplina no currículo, pois isso segmentaria ainda mais os conteúdos programáticos do ensino médio, quando o ideal é integrá-los, e também porque não haveria quantidade suficiente de professores habilitados para ministrar tal disciplina. Pretendemos que a Astronomia seja incluída nas disciplinas já existentes, preferencialmente ligada aos conteúdos da disciplina Física, já que esses dois assuntos são bastante próximos, como já foi mostrado no capítulo III. Admitindo-se essa possibilidade, como e quais temas poderiam ser incluídos?

Uma forma de inclusão pressupõe uma mudança radical, com a reorganização dos conteúdos da disciplina Física em torno de temas de Astronomia. Embora, em princípio, isso

seja possível, já que é ampla a ligação entre as duas áreas, não é aconselhável, pois não há material disponível em grande escala e o professor se veria obrigado a prepará-lo integralmente, necessitando transformar-se em um especialista no assunto antes de partir para essa tarefa, ou então, que especialistas se proponham a realizá-la. Uma mudança dessa ordem poderia beneficiar a Astronomia, mas ajudaria a Física? Afinal, a Física não é só Astronomia, existem outras áreas que abasteceram e ainda abastecem a Física de problemas interessantes e que não podem ser desprezadas. Beneficiar a Astronomia em detrimento de outros conhecimentos não me parece o modo correto de apresentá-la aos estudantes.

Um segundo modo é simplesmente agregar alguns blocos isolados de Astronomia ao currículo da disciplina Física já praticado nas escolas. Também não me parece uma boa idéia, pois sobrecarregaria o já extenso programa de Física e o próprio fato de serem blocos isolados, não contempla a busca da interdisciplinaridade recomendada para o ensino. Inserir mais conteúdos de forma isolada não é o que se propõe para um ensino realmente eficiente, como já está estabelecido nos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio.

Uma terceira alternativa é inserir os temas de Astronomia ligando-os, sempre que possível, a assuntos já tratados pelas disciplinas regulares do ensino médio. Prefiro essa alternativa, por ela não causar uma ruptura muito violenta nas estruturas hoje vigentes. Uma mudança muito radical acarreta sempre um enorme aumento no número de horas de trabalho dos já muito atarefados professores. Uma mudança mais suave, que permita aos professores se adaptarem gradualmente aos novos conteúdos, tem uma possibilidade maior de sucesso. Além disso, vale lembrar que o professor realmente atuante hoje no ensino médio, como já foi discutido no capítulo III, não possui a formação desejada com relação aos conteúdos de Astronomia. Assim, ele teria um pouco mais de tempo para se adaptar e buscar o conhecimento necessário.

Outra vantagem, a que considero a mais importante dessa terceira alternativa, é a possibilidade que ela oferece para a interdisciplinaridade, uma vez que os conhecimentos acerca da natureza encontram-se cada vez mais interligados. Podemos escolher inicialmente alguns temas que permitam ligação com as demais disciplinas estabelecidas no ensino médio, tais como a Física, evidentemente, a Química, a Biologia, a Geografia, a Filosofia e até a Literatura. Também esse terceiro modo possibilita a contextualização do conhecimento, pois a Astronomia está relacionada com alguns fatos da vida do estudante.

No entanto, é preciso alterar também a forma como as aulas são ministradas e não apenas o conteúdo. Ao observarmos as práticas existentes nas aulas de Física, em todos os níveis de ensino do nosso país, vemos que existe um domínio quase total da simples

transmissão do conhecimento já elaborado, com um enfoque muito abstrato. Assim, a Física aprendida (aprendida?) por esses alunos tem-se pautado pela memorização de fórmulas e símbolos, sem nenhuma relação com o mundo físico real. O conhecimento que o estudante armazena em sua memória ressurgem no momento da avaliação, ele manipula expressões que envolvem uma certa quantidade de símbolos e, finalmente, substitui letras por números para obter um resultado em cujo significado físico ele não se detém para analisar. Como consequência, se produz, no aluno, concepções erradas, pobreza na manipulação dos conceitos básicos e ele não chega a ter a percepção do que pode fazer com o conhecimento, sobretudo ao enfrentar novas situações.

Sabidamente esse processo de ensino não leva a um aprendizado efetivo e hoje temos claro alguns fatores que devem ser observados durante um processo de ensino-aprendizagem. Entre outros, podemos citar: a aprendizagem depende de conhecimentos prévios; compreender algo supõe estabelecer relações: os conhecimentos que permanecem permanentemente na memória não são isolados, mas muito estruturados e interrelacionados de múltiplas formas; quem aprende constrói ativamente significados; os estudantes são responsáveis por seu próprio aprendizado (Gil Perez, 1986).

Dentro desses parâmetros, uma estratégia muito utilizada é estabelecer estranhamentos ou conflitos com os conhecimentos que o aluno apresenta, desequilibrando-os, já que o aprendizado, em geral, se dá por meio do estabelecimento de relações entre os objetos de conhecimento já existentes com o novo objeto a ser aprendido, formando uma rede de significados, que leva ao aprendizado significativo, restaurando o equilíbrio. Dessa forma, não existe a obrigatoriedade do seqüenciamento linear do aprendizado das disciplinas. Ele pode ser desenvolvido de forma a se relacionarem vários conceitos ao mesmo tempo, sendo cada conceito um nó na rede e as malhas sendo formadas pelo relacionamento entre tais conceitos.

Assim, a introdução de temas astronômicos, ou qualquer outro, no ensino médio deve ser acompanhada de uma alteração na forma predominante de aulas existentes atualmente, sem o que os novos temas introduzidos terão um aprendizado tão ineficaz quanto os que são hoje ministrados.

## **V.2. Quais temas podem ser incluídos**

Não temos a ilusão de fornecer um amplo conhecimento astronômico para os alunos do ensino médio e sim a pretensão de proporcionar-lhes uma visão, ainda que superficial, porém articulada, da constituição e desenvolvimento do universo e de sua localização nele.

Também pretendemos que o aluno tenha uma idéia das várias áreas de conhecimento existentes dentro da própria Astronomia.

Partindo dessas premissas, sugerimos a seguir alguns temas que podem servir como base para a introdução dos assuntos de Astronomia no ensino médio e que apresentam alguma ligação com conteúdos que tradicionalmente são abordados nesse nível de ensino.

Um campo cujos conhecimentos são muito aplicados na Astronomia é a Matemática, em seus diversos ramos. As primeiras medidas de distâncias astronômicas e das dimensões dos corpos celestes, realizadas por volta do terceiro século antes de Cristo, foram feitas com a utilização de conceitos geométricos e trigonométricos, tais como a determinação das distâncias e dimensões do Sol e da Lua feita por Aristarco e a da circunferência da Terra realizada por Eratóstenes. Com relação a essa última, é uma medida que pode ser reproduzida sem grande dificuldade, existindo um trabalho que propõe essa realização (Trevisan et al, 1997c). Posteriormente, a determinação das distâncias até as estrelas por meio de paralaxe utilizou novamente conceitos de trigonometria. Nesses casos, a Astronomia está servindo mais como exemplo de aplicação e contextualização dos conceitos do que realmente uma interdisciplinaridade. Uma descrição mais detalhada dos exemplos citados, e de outros mais, sobre aplicações de geometria, trigonometria e triângulos esféricos na Astronomia pode ser obtida em Hogben (1946).

Uma visão estruturada do universo é algo que se espera que uma pessoa medianamente educada consiga desenvolver: ter uma idéia das dimensões planetárias, das distâncias que nos separam do Sol, dos outros planetas e das estrelas, das dimensões das galáxias e das distâncias entre elas e, finalmente, uma percepção das dimensões do universo. Ao olhar para o céu, ter uma noção das dimensões envolvidas: a que distância se está enxergando, qual o tamanho dos objetos visíveis e qual a relação entre eles.

Também relacionar o movimento dos astros com a contagem do tempo, já que o dia e o ano são determinados pelo movimento da Terra, enquanto o mês está ligado ao movimento da Lua. Lembremo-nos também que o deslocamento da Terra ao redor do Sol é um dos componentes responsáveis pelas condições climáticas no nosso planeta, o que tem implicações na distribuição populacional e nas atividades econômicas desenvolvidas em cada região.

O conceito de energia tem ótimo potencial para a interdisciplinaridade: as reações químicas ocorrem devido a arranjos de níveis de energia, os seres vivos precisam de energia para continuarem vivos, a ocorrência dos fenômenos físicos e o funcionamento de qualquer equipamento estão relacionados com transformações de energia. No entanto, nas aulas de

Física do ensino médio são apresentadas aos alunos várias formas de manifestação da energia – cinética, potencial gravitacional, térmica e elétrica entre outros – sem que se faça qualquer referência à energia como necessária à vida ou às reações químicas. Também não há qualquer discussão sobre a origem e transformação de toda essa energia que é utilizada na Terra.

O estudo desse problema leva ao Sol e à sua forma de gerar energia, que é de domínio da Astrofísica. É a partir dessas reações nucleares que ocorre a formação de alguns dos elementos químicos existentes na natureza.

Outra questão com grande potencial de interdisciplinaridade é a possibilidade de existência de vida inteligente fora da Terra, tema que tem atraído a atenção das pessoas já há várias décadas. Para esclarecer esse assunto é necessário o envolvimento de vários campos de conhecimento.

A Biologia fornece as condições que possibilitam o surgimento e a manutenção da vida, tais como temperatura média e a amplitude de sua variação, composição química da atmosfera e o tempo necessário para a evolução, entre outros dados.

A Química estabelece as condições necessárias para que as ligações entre os elementos formem moléculas complexas, levando ao surgimento dos organismos primitivos. Como consequência, estabelece quais os elementos químicos que devem estar disponíveis.

A Astrofísica mostra que são vários os fatores que devem ser observados para que um planeta apresente as condições citadas. Com relação ao planeta: distância até a estrela que orbita, excentricidade de sua órbita, dimensões e composição química, entre outros. Com relação à estrela: sua massa, sua composição inicial, sua idade. Todos esses assuntos são relacionados com a física das estrelas ou, mais especificamente, à evolução estelar, de onde se pode explicar também a formação dos elementos químicos mais pesados e sua abundância no universo.

Entretanto, a pergunta sobre a origem da vida é antecedida por uma outra questão.

*“A origem do universo é um tema que sempre interessou à humanidade. Em todos os povos, nas mais diversas épocas, surgiram muitas tentativas de compreender de onde veio tudo o que conhecemos. No passado, a religião e a mitologia eram as únicas fontes de conhecimento. Elas propunham uma certa visão de como um ou vários deuses produziram este mundo.*

*Há mais de 2 mil anos surgiu o pensamento filosófico. Ele propôs novas idéias, modificando ou mesmo abandonando a tradição religiosa. Por*

*fim, com o desenvolvimento da ciência, apareceu um outro modo de estudar a evolução do universo.*

*Atualmente a ciência predomina. É dessa ciência que muitos esperam obter a resposta às suas indagações sobre a origem do universo...*

*A ciência não é o único modo de se estudar e tentar captar a realidade. O pensamento filosófico e o religioso têm também grande importância. As antigas indagações ressurgem sempre: será possível que esse universo tenha surgido sem uma intervenção divina? Até que ponto a ciência e a religião se contradizem e se completam?” (Martins, 1995)*

Então, a discussão da gênese do universo pode ser tratada de uma forma integrada, mostrando a diversidade de pensamentos sobre o assunto, quer sejam mitológicos ou racionais, e também analisando os modelos atuais que tentam explicar a origem e a evolução do universo, desenvolvidos pela moderna Cosmologia.

Também é interessante uma discussão sobre as relações entre as idéias predominantes na sociedade e as concepções de universo existentes em determinadas épocas. A mudança de paradigma ocorrida quando da passagem do sistema geocêntrico para o heliocêntrico e todas suas implicações no pensamento humano podem gerar bons debates e relações com as disciplinas História, Literatura e Filosofia.

Temos assim alguns temas que podem ser usados como inter-relação entre os conteúdos já apresentados no ensino médio. É claro que são apenas algumas sugestões e certamente outros podem ser incluídos nessa pequena relação.

A seguir, apresentamos mais detalhadamente atividades que procuram integrar algumas disciplinas.

### **V.3. Uma visão estruturada do universo**

O propósito dessa atividade é fornecer ao aluno uma visão, numa perspectiva geométrica tridimensional das estruturas que compõem o universo, das relações entre suas dimensões e da localização da Terra em relação a elas. Essa proposta se justifica pelo fato de existirem várias pessoas que, mesmo após cursarem por anos o sistema educacional formal, possuem uma concepção muito pobre do universo, estruturando-o com base em relações de ordem, vizinhança e envolvimento entre seus constituintes, sem preocupação com relações de distâncias e proporções (Bisch, 1998).

Para iniciar o assunto, podemos solicitar aos alunos que façam um desenho do Sistema Solar, como eles o imaginam. Em geral, os alunos apresentam algum conhecimento sobre a constituição do Sistema Solar e da disposição de seus elementos; no entanto, não é um conhecimento construído e sim decorado sem nenhuma noção de dimensões. Após essa primeira representação, cuja finalidade é verificar as concepções dos estudantes sobre o assunto, devemos conversar com eles sobre seus desenhos, identificando algumas situações irreais, tal como a existência de estrelas no interior do Sistema Solar e levantando a questão das dimensões tanto das órbitas quanto dos planetas.

Em seguida sugerimos uma tentativa de reprodução do Sistema Solar, obedecendo a uma escala: os alunos se surpreenderão com a disparidade de suas representações quando comparadas com as dimensões reais.

Sugerimos a seguinte proporção:  $1 \text{ cm} = 150\,000 \text{ km}$ . Nessa escala, o Sol será representado por um objeto de 9,3 cm de diâmetro, algo como uma laranja grande (ou, com a permissão de Sir Isaac Newton, uma maçã, também das grandes), a Terra terá a dimensão aproximada da cabeça de um alfinete (diâmetro aproximado de 0,1 mm) e estará a aproximadamente 10 m da laranja, enquanto Plutão estará a cerca de 400 metros e a estrela mais próxima do Sol a 2 650 km, algo como se a laranja Sol estivesse em Curitiba, no Paraná, e a estrela, ou melhor, laranja mais próxima em Belém, no Pará! Aqui encontramos um problema: a distância entre Curitiba e Belém já foge à compreensão das pessoas que não tiveram a oportunidade de viajar a grandes distâncias. Podemos usar o artifício de dizer que a distância entre Sol e a estrela mais próxima é 6500 vezes maior do que a distância do Sol até Plutão, mas 6500 já é um número grande para muitas pessoas... A tabela V.1 mostra as demais dimensões envolvidas nessa escala.

A proporção citada aparece apenas como exemplo. É melhor deixar que os alunos escolham um objeto para representar o Sol (uma bola de basquete ou de voley, por exemplo) e em seguida calculem as dimensões que teriam os outros corpos se mantida a mesma proporção. Será surpreendente para eles verificar a impossibilidade de representar as distâncias interplanetárias, mantida a escala adotada, sem sair da escola. (Alguns irão sugerir que realmente saiam da escola!)

Aqui pode ser explorada uma inter-relação com a História e a Filosofia.

É muito provável que os alunos saibam que os planetas transladam ao redor do Sol e que a Terra realiza rotação, entretanto não é fácil provar esses fatos.

Propomos a realização de uma atividade de observação do céu por parte dos alunos. Nessa atividade, podemos observar o céu numa noite estrelada e constatar que ele gira sobre

nós, com novas estrelas nascendo no horizonte leste e outras se pondo no horizonte oeste. Uma alternativa melhor seria uma seqüência de observações, durante várias noites, ou até no decorrer de um ou vários meses, para mostrar o deslocamento da Lua ou de um planeta contra o fundo das estrelas, as quais mantêm suas posições relativas. Entretanto, a observação em uma única noite já traz bons resultados. Fica claro que a idéia de todo universo girando ao redor da Terra, como foi imaginado até o século XVII, não é algo tão absurdo.

Astro	Diâmetro (km)	Distância média ao Sol ( $10^6$ km)	Diâmetro (mm) Escala: 1cm=150000km	Distância ao Sol (m) Escala: 1cm=150000km
Sol	1 392 500	= =	92,83	= =
Mercúrio	4 880	57,9	0,33	3,86
Vênus	12 100	108,2	0,81	7,21
Terra	12 760	149,6	0,85	9,97
Marte	6 800	227,9	0,45	15,19
Júpiter	142 800	778,3	9,52	51,89
Saturno	120 000	1 427,0	8,00	95,13
Urano	52 400	2 869,6	3,49	191,31
Netuno	49 500	4 496,7	3,30	299,78
Plutão	2 200	5 900,0	0,15	393,33
Estrela mais próxima	= =	39 760 000	= =	2 650 700

V.1 Diâmetros dos planetas e suas distâncias ao Sol, reais e em escala 1 cm = 150 000 km

Nesse ponto seria interessante uma discussão sobre os motivos da mudança do modelo geocêntrico para o heliocêntrico. Não havia motivo “científico” que justificasse tal mudança proposta por Copérnico. Uma possibilidade para introduzir a discussão é pedir aos alunos para provarem que é a Terra que gira em torno de seu eixo e não o céu que gira em torno da Terra, reproduzindo os debates ocorridos no início do século XVII, com o auxílio da História e da Filosofia. Vale lembrar que, naquela época, não existia prova do movimento de rotação da Terra.

Continuando, é interessante observar que a maioria dos planetas se deslocam em órbitas cujos planos se encontram quase sobrepostos, sendo Mercúrio e Plutão as exceções: a órbita do primeiro tem uma inclinação de  $7,0^\circ$  em relação ao plano da órbita da Terra e a do segundo de  $17,2^\circ$ . Todas as órbitas dos demais planetas apresentam inclinação inferior a  $3,5^\circ$ . Esse é um fato que pode ser comentado com os alunos: o Sistema Solar se distribui praticamente sobre um mesmo plano.

No entanto, o eixo de rotação da Terra não é perpendicular ao plano da sua órbita, apresentando uma inclinação de aproximadamente  $23,5^\circ$  em relação a essa perpendicular, inclinação que se mantém durante o movimento de translação da Terra no decorrer do ano. Esses fatos acarretam as estações do ano e contribuem para estabelecer todo o clima na Terra. Há uma boa atividade para demonstrar e esclarecer esse assunto em Canalle (1999).

Nesse ponto, podemos fazer uma integração com a disciplina Geografia, relacionando os fatores astronômicos com o clima e com as atividades econômicas desenvolvidas em cada região do planeta, mostrando o processo de ocupação dos espaços físicos pela sociedade e sua relação com o meio. Podemos também agregar a Biologia, analisando o comportamento animal e vegetal segundo um ciclo anual, e também a diversidade das espécies, de acordo com as condições climáticas.

Ainda com relação ao Sistema Solar, podemos apresentar a visualização da posição do Sol e da Lua durante o mês, mostrando que é possível localizar o Sol olhando para a Lua, pois a forma (fase) apresentada por essa, no céu, depende da sua posição em relação àquele. Para isso, é necessário que os alunos compreendam anteriormente o mecanismo que produz as fases da Lua. Entretanto, embora aparentemente não pareça, o entendimento desse mecanismo é um tanto complexo, pois requer uma mudança no referencial adotado, fazendo com que o observador abandone a superfície da Terra e coloque-se em um ponto fora do planeta, para ter uma visão global dos acontecimentos.

Aqui pode acontecer de os alunos conhecerem o mecanismo que origina as fases da Lua ou não.

É muito provável que alguns deles, talvez a maioria, já saibam que as fases da Lua são consequência das posições relativas da Terra, da Lua e do Sol, causadas pela translação da Lua ao redor da Terra e porque vemos a Lua por meio da luz solar que é refletida em sua superfície. Dessa forma, só podemos ver a parte do hemisfério da Lua que se encontra voltado para a Terra e é iluminado pelos raios solares.

Caso os alunos não compreendam tal mecanismo, podemos propor que levantem hipóteses acerca do mecanismo que gera o fenômeno e proponham uma simulação, podendo iniciar as discussões em pequenos grupos e depois ampliá-la para todos os alunos. O professor também pode participar por meio de questões que conduzam a um resultado final mais elaborado e adequado. Se as hipóteses testadas não funcionarem, propõem-se novos modelos e tenta-se novamente.

Há várias propostas na literatura sobre esse tema, algumas já citadas no item IV.3 e que podem ser utilizadas caso seja necessário um esclarecimento maior sobre o assunto.



Entendido o processo das fases da Lua, vamos verificar como é possível olhar a Lua e “enxergar” o Sol. Para iniciar o trabalho, sugiro a proposição de algumas questões simples sobre as fases da Lua, por exemplo:

- Qual a posição da Lua em relação ao Sol quando é lua cheia ?
- E quando é lua nova ?
- Em qual fase da Lua podemos vê-la no céu pela manhã ?

As duas primeiras questões não devem trazer grande dificuldade, pois os próprios desenhos nos livros mostram essas posições. Contudo, é conveniente perceber que a órbita da Terra ao redor do Sol e a da Lua ao redor da Terra não podem estar no mesmo plano, pois se isso fosse verdade, teríamos dois eclipses por mês: um do Sol, quando da lua nova e outro da Lua, quando da lua cheia. Ocorre que o plano da órbita da Lua apresenta uma inclinação de  $5^\circ$  em relação ao plano da órbita da Terra, de modo que na lua nova, por exemplo, a Lua não se encontra necessariamente sobre a reta que passa pelos centros da Terra e do Sol..

Com relação à terceira questão, embora seja um fenômeno que pode ser observado com grande facilidade, alguns alunos se mostram surpresos (outros chegam a não acreditar) com a informação de que a Lua pode ser vista no céu durante o dia. Isso pode gerar boas discussões.

Sugiro novamente uma discussão em pequenos grupos para tentarem responder a essas questões e, após todos os grupos terem apresentado suas respostas, pode-se fazer uma discussão entre eles para elaborar um resultado final único.

Para simular algumas situações podemos, por exemplo, colocar a “lua-esfera” na posição de lua cheia (posição C na figura V.2). Vemos que ela se encontra oposta ao “sol-retroprojeter” com relação à “terra-cadeiras”. Um aluno sentado na cadeira 24 h verá a *lua* exatamente à sua frente (significa no alto do céu) e terá o *sol* às suas costas. Outro aluno sentado na cadeira 18 h verá a *lua* nascendo no horizonte leste (à sua direita) e o *sol* se pondo no horizonte oeste (à sua esquerda). Se cada aluno se deslocar de uma cadeira para outra, verá em que posição do céu se encontram a *lua* e o *sol* em cada horário.

Mudando a posição da *lua* para quarto minguante (QM na figura V.2), às 24 h teremos a *lua* nascendo e o *sol* invisível; às 6 h, o *sol* estará nascendo no leste e a *lua* no alto do céu e às 9 h, a *lua* já passou pelo ponto mais alto do céu e estará à esquerda, enquanto o *sol* ainda

estará a meio caminho entre o nascer e o ponto mais alto, sendo a *lua* visível pela manhã, respondendo a questão proposta.

Podemos propor outras questões e simular suas respostas, porém esse modelo é uma hipótese de funcionamento e os modelos devem prever resultados que possam ser testados. Assim, é essencial que a atividade seja complementada com observações reais da Lua. Podemos escolher uma determinada fase da lua e simular a visão a partir da Terra, usando o modelo, em alguns horários do dia para posteriormente buscar sua confirmação com observações reais da Lua. Se as previsões se confirmarem, o modelo continua sendo aceito; caso as previsões não se confirmem, o modelo deve ser adequado ou abandonado. Lembramos que as datas das fases da Lua podem ser facilmente obtidas em calendários, pois a maioria deles traz os dias correspondentes às fases cheia, quarto crescente, nova e quarto minguante.

Podemos aproveitar esse modelo e associá-lo às marés. No caso de cidades litorâneas é possível obter as alturas das marés por meio de observações diretas. No caso de outras cidades teremos que recorrer às tábuas de marés que são publicadas por alguns jornais. Sem esses dados a atividade ficará muito pobre. Será possível verificar que quando a maré está alta, a Lua estará no alto do céu ou do lado oposto e, na maré baixa, a Lua estará próxima do horizonte (na verdade, há uma pequena defasagem de tempo nesse processo). Também é possível observar que as marés mais altas e mais baixas, chamadas marés de sizígea, ocorrem nas luas cheia e nova, enquanto que, nos quartos crescente e minguante, elas atingem valores intermediários de altura (marés de quadratura).

Todo esse trabalho de relacionamento das posições do Sol e da Lua, juntamente com o fenômeno das marés, pode ser usado com o objetivo de desenvolver nos alunos a capacidade de análise de uma situação real, proceder o exame de um conjunto de dados, e construir argumentos que os expliquem de forma consistente, aproximando-se de uma atividade de pesquisa científica.

Saindo do Sistema Solar, podemos propor aos alunos uma viagem pelo universo. Já vimos que se o Sol tivesse o tamanho de uma laranja, a estrela mais próxima, representada por outra laranja, estaria localizada a 2600 Km de distância. E as outras estruturas do universo, onde estariam localizadas?

A representação em uma mesma figura e em escala das estruturas que compõem o universo constitui uma grande dificuldade devido à enorme disparidade existente entre as dimensões dos objetos e distâncias envolvidas.

Procurando superar essa dificuldade, construímos um pôster, em tamanho A1 (84,1 cm x 59,4 cm), contendo diversas figuras, iniciando com elementos facilmente identificados pelo

observador e que serão utilizados para comparação com os objetos astronômicos, tais como planetas, galáxias e o próprio universo (figura V.3 e encarte).

Começamos nossa representação utilizando um objeto de uso cotidiano mantendo suas dimensões reais no desenho e, a partir daí, cada figura subsequente está em uma escala 100 vezes maior do que a anterior. Dessa forma, foram necessárias 15 figuras para a representação desejada, sendo que a última está na escala  $1:10^{28}$  e cobre os limites do Universo observável atualmente. A distribuição das figuras no pôster procura fornecer uma noção de distanciamento progressivo, como se observador estivesse numa fuga constante a partir do ponto de origem.

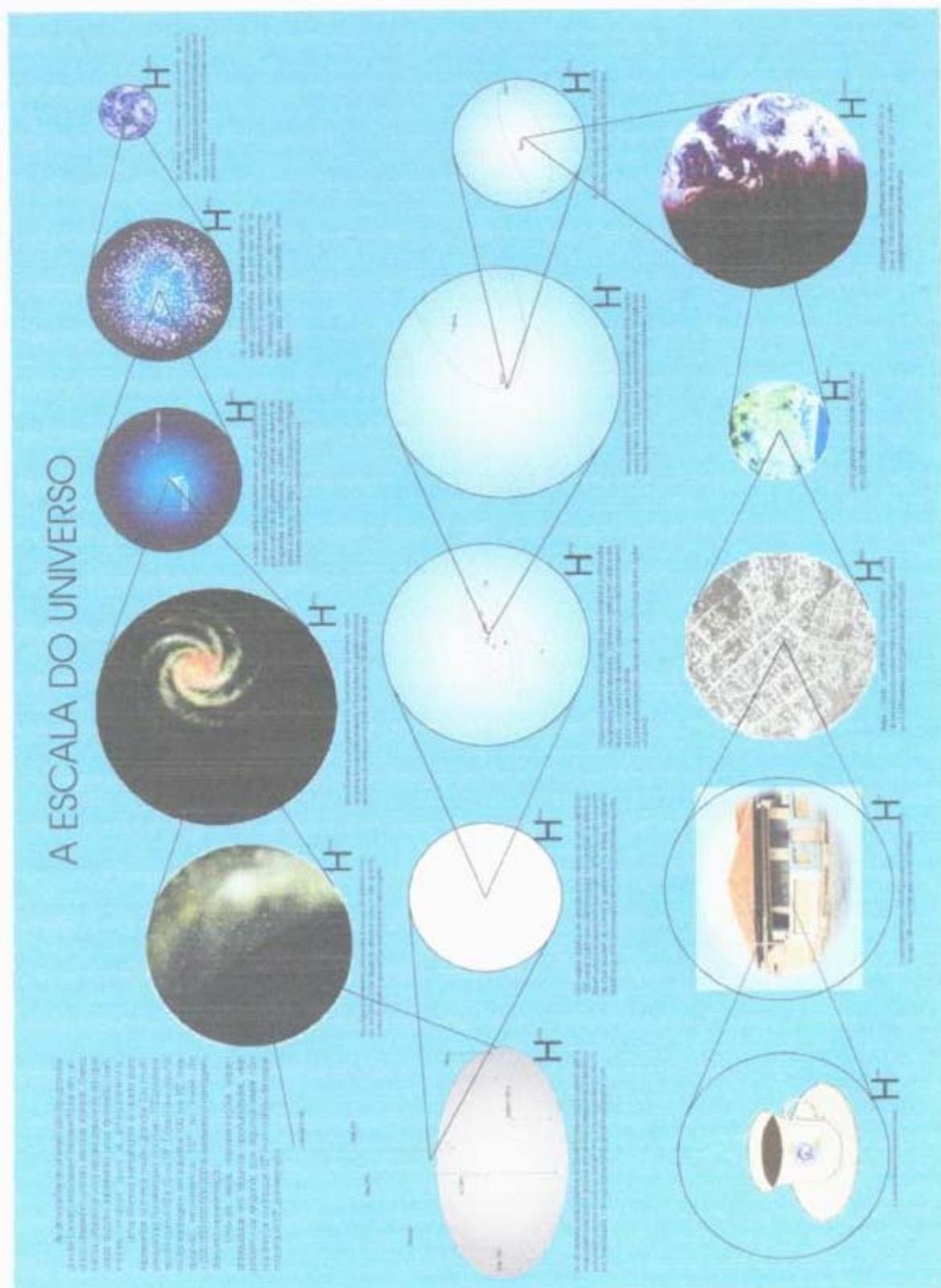
O primeiro quadro mostra uma xícara de café com cerca de 10 cm. O segundo apresenta uma casa na proporção de 1 para 100, de modo que uma casa com 12 metros de frente aparece no desenho com 12 centímetros. A próxima figura mostra uma foto aérea de uma parte de uma cidade e a quarta também é uma foto aérea, porém de uma região maior, com diâmetro de aproximadamente 100 km.

No quadro seguinte começam a surgir os objetos astronômicos. Na escala  $1:10^8$  aparece a Terra, com um diâmetro de aproximadamente 13 cm. Escolhemos uma representação na qual a Terra aparece com uma metade iluminada e a outra escura, para dar uma noção da posição do Sol relativamente a Terra no desenho. A seguir temos a órbita da Lua ao redor da Terra, ocupando cerca de 8 cm. Na próxima figura, aparece uma parte das órbitas da Terra e de Vênus. Todo o Sistema Solar está representado na oitava figura, sendo visíveis apenas as órbitas dos planetas além de Marte, pois as da Terra, Vênus e Mercúrio ficam tão pequenas nessa escala que não puderam ser representadas.

O nono desenho é bem interessante: está totalmente vazio! Isso porque, ao tomarmos uma região 100 vezes maior do que as dimensões do Sistema Solar, não encontramos nela nenhum objeto astronômico, além dos próprios integrantes desse sistema.

No quadro seguinte, temos as oito estrelas mais próximas do Sol, todas a uma distância menor do que dez anos-luz. O próximo desenho traz uma parte do braço da galáxia onde se encontra o Sol, sendo seguido de outro que mostra a Via Láctea com diâmetro de aproximadamente 10 centímetros.

O grupo local, aglomerado de galáxias do qual faz parte a Via Láctea, vem a seguir. Nas duas últimas figuras, temos um super aglomerado e os limites do Universo observável atualmente, com sua estrutura em forma de filamentos.



V.3 Estrutura geral do pôster sobre as dimensões do universo

Além das figuras mencionadas, o pôster também contém uma série de informações relacionados com cada uma das estruturas representadas, para que seja utilizado como uma fonte de informações e de consulta para assuntos referentes ao universo.

Acreditamos que esse pôster possa auxiliar as pessoas a visualizarem as dimensões dos objetos astronômicos e também as distâncias existentes entre eles.

Sabemos, no entanto, que dimensões muito grandes são difíceis de visualizar. Portanto, nosso objetivo é que, utilizando o pôster, se possa identificar, de modo fácil e rápido, a relação entre os tamanhos e distâncias dos objetos componentes do universo, o que pode ser feito por meio da contagem do número de figuras que existem entre as estruturas que se deseja comparar. Para que a comparação possa ser mais significativa, incluímos alguns objetos relacionados com o dia a dia das pessoas.

Para um melhor aproveitamento desse pôster, sugiro uma sessão de observação do céu e a comparação dos objetos vistos com a escala existente no pôster.

Os objetos possíveis de serem observados irão depender de uma série de fatores, tais como dia, horário e época do ano em que se realizam as observações e claridade do local. Portanto, nem todos os objetos contidos no pôster poderão ser observados em uma mesma noite. Por exemplo, a Lua, como já vimos anteriormente, não pode ser vista no céu em qualquer horário.

A Lua é o objeto celeste de mais fácil observação e reconhecimento e está localizada a uma distância de aproximadamente 380 000 km e representada na sexta figura do pôster, indicando que ela está a uma distância cerca de  $10^8$  vezes a dimensão de uma casa (são 4 quadros da casa até a órbita da Lua, ou seja,  $10^2 \times 10^2 \times 10^2 \times 10^2 = 10^8$ ).

As estrelas que vemos no céu estão, em sua grande maioria, localizadas na região delimitada pelo quadro 11, a uma distância de  $10^{15}$  km, enquanto os objetos mais distantes que conseguimos observar a olho nu estão representados no quadro 13 e são as Nuvens de Magalhães e a galáxia de Andrômeda. As Nuvens de Magalhães são bem visíveis no início das noites de verão como duas manchas esbranquiçadas na parte sul do céu. A galáxia de Andrômeda está localizada no hemisfério norte do céu, podendo ser observada como uma pequena nebulosidade no início das noites de primavera. Vale lembrar que é difícil a observação desses objetos em locais de muita luminosidade, como é o caso das grandes cidades. Essas galáxias encontram-se no quadro 13 do pôster, mostrando que, mesmo a olho nu, temos uma visão que alcança enorme distância no universo. Todavia, não nos esqueçamos que para atingir o quadro final do pôster temos um aumento de 10 000 vezes em relação à distância ao grupo local de galáxias.

É claro que uma figura bidimensional não produz uma idéia exata da realidade, pois sua visualização depende do conhecimento e das experiências do observador. Por esse motivo, o ideal seria construir em três dimensões as estruturas representadas em cada figura do pôster. Essas estruturas, em escala, poderiam ser acondicionadas em caixas de acrílico transparente e dispostas para observação dos alunos. No entanto, sua construção e distribuição acarretam muito mais dificuldades do que um pôster, razão pela qual optamos por este. Porém nada impede que tais estruturas possam ser construídas e montadas para exposição em museus de ciências, planetários, observatórios e congêneres.

Acreditamos que após a realização dessas atividades, o aluno terá uma idéia razoável das dimensões do universo em que vive e da pequenez desse planeta azul que gira em torno de uma estrela comum, localizada na periferia de uma galáxia que é só mais uma dentre as bilhões que compõem o universo.

#### **V.4. A evolução estelar como elemento essencial para o surgimento e manutenção da vida**

Essa atividade tem a intenção de mostrar aos alunos a importância que vários fatores astronômicos têm na manutenção das condições para o surgimento, sustentação e evolução da vida inteligente em um planeta. Uma excelente discussão sobre esse assunto é feita em Matsuura (1997).

Começamos a atividade colocando a questão: o que é necessário para a manutenção da vida na Terra?

Na verdade, existe uma questão que precede a esta: o que chamamos de vida?

Para responder às duas questões propostas, podemos desenvolver um trabalho integrado com a disciplina Biologia, sendo que nessa disciplina é que surgirão as respostas a serem utilizadas pela Física.

Na verdade, as respostas a essas questões são complexas, pois só conhecemos um tipo de vida: a que existe na Terra. Na essência, toda forma de vida existente na Terra guarda enorme semelhança quando observamos os detalhes de funcionamento básico de cada uma.

*“Todos os organismos se compõem de uma ou mais células. A organização e funcionamento dessas células mostram enormes semelhanças. Na bioquímica da fotossíntese e do aparelho respiratório, no comportamento reprodutor pormenorizado das células, na ubiquidade da molécula ADN como*

*material genético, nos pormenores da alteração química das matérias alimentares para extrair energia, na assimetria das moléculas constituintes, até na microestrutura das membranas e flagelos e na base molecular das cores dos animais, em tudo isso, os mesmos materiais e os mesmos métodos têm sido usados repetidas vezes no agregado extremamente diverso das plantas e animais que descrevemos coletivamente como ‘vida na Terra’.” (Sagan e Chklovskii, sem data)*

Como só temos esse exemplo, temos que nos contentar em definir vida com base nele. Porém, no universo podem existir formas de vida tão diferentes da que conhecemos, assentadas em composições químicas tão diversas da nossa e com necessidades básicas tão díspares que, se as encontrássemos, poderíamos não considerá-las como formas de vida. Assim, não devemos entrar em detalhes profundos a respeito da definição de vida, tomando como base um conceito amplo.

Consideremos que um organismo tem vida quando é capaz de completar o chamado ciclo vital: nascer, desenvolver-se, reproduzir-se e morrer. Está claro que essa é uma definição nada rigorosa, mas se presta a nossos propósitos.

O objetivo é que os alunos percebam que a vida se mantém devido às transformações de energia obtida por meio da alimentação. O conceito de energia é muito abstrato, mas como os alunos estão acostumados a trabalhar com ele no seu dia a dia, não há muito problema em aceitá-lo, mesmo que em suas mentes ele não esteja muito bem definido. Obviamente existem outros fatores que são necessários à permanência da vida, como a manutenção das características climáticas e químicas do ambiente, mas, inicialmente, vamos considerar a necessidade da alimentação para obtenção de energia.

Chegando a esse ponto, a próxima questão é: de onde vem a energia que consumimos na Terra? Devemos colocar a questão para discussão em pequenos grupos e posteriormente em uma discussão geral. Durante os debates em pequenos grupos, o professor pode circular por eles e ajudar os alunos a encaminharem as discussões. Não deve responder, mas sim conduzir a discussão para o ponto onde se deseja chegar.

Se pensarmos apenas na alimentação, é claro que ela vem dos vegetais, pois na base da nossa cadeia alimentar encontramos as plantas, e como os vegetais fazem fotossíntese para obter sua energia, concluímos que ela vem do Sol. Na verdade, quase a totalidade da energia que consumimos na Terra é originária do Sol.

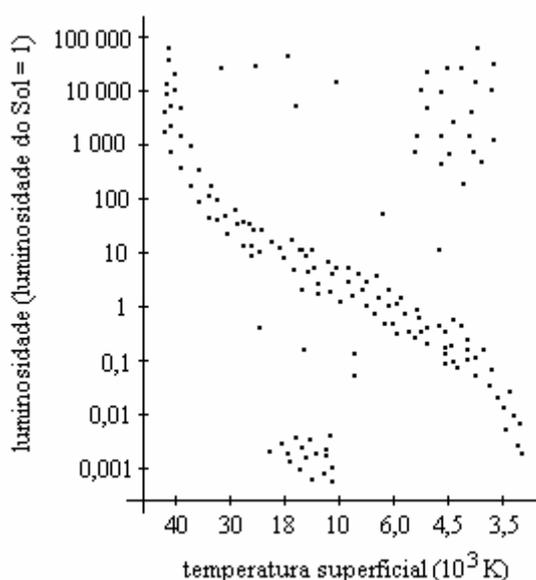
Quase toda a energia utilizada pela espécie humana provém basicamente de três fontes: derivados de petróleo, energia elétrica e biomassa renovável. Na verdade, todas provêm de uma fonte única, o Sol. No caso do petróleo, ele é originário da decomposição de matéria orgânica que foi soterrada a milhares de anos e, sob ação de bactéria, calor e pressão, transformou-se em petróleo e gás natural. Como a matéria orgânica obteve energia do Sol, podemos dizer que o petróleo é a “energia solar armazenada”. No caso da biomassa, é evidente que sua procedência é solar, pois, como vegetal, obtém energia realizando fotossíntese. E a energia elétrica? Ela pode ser obtida de vários modos: por centrais termelétricas, hidrelétricas ou nucleares, por células fotovoltaicas ou por baterias. As centrais termelétricas funcionam à base de queima de derivados de petróleo, resultando no que já foi analisado. As hidrelétricas dependem das quedas d’água para seu funcionamento, mas para isso é necessário que o ciclo da água seja completo, com a evaporação e conseqüente formação de chuvas para que a água possa ser armazenada em represas. E a evaporação depende da energia solar. As células fotovoltaicas transformam diretamente a energia solar em energia elétrica. As chamadas fontes alternativas de energia também são relacionadas com o Sol, como o álcool combustível, a energia eólica (os ventos são devidos a diferenças de temperatura e pressão causados pelo fornecimento de energia do Sol à atmosfera) e a energia solar (lógico!) dependem do Sol. Apenas as centrais nucleares de fissão geram energia de origem não solar. Na realidade, o urânio que utilizam foi “produzido” há bilhões de anos em uma explosão de supernova, antes do surgimento do Sol.

E como o Sol gera sua energia? Buscaremos aqui as hipóteses levantadas pelos alunos, tais como combustão, energia gravitacional (contração) e energia nuclear. A energia do Sol tem origem nuclear. A fusão de átomos de hidrogênio transformando-se em átomos de hélio no núcleo do Sol libera uma quantidade de energia que, após atravessar toda a camada interna, é lançada ao espaço através da superfície do Sol. Uma pequena parte dessa energia chega até a Terra, onde sofre algumas transformações até ser utilizada por nós.

Outra questão referente à origem e evolução da vida está ligada aos elementos químicos necessários para a formação de grandes cadeias de átomos que levam às estruturas orgânicas. Quais os elementos químicos que permitem a formação dessas grandes cadeias? A resposta pode ser obtida junto à disciplina Química. Por exemplo, o silício e o carbono. No caso da Terra, a composição dessas moléculas está baseada no carbono. Isso levanta outro problema: como surgiu a grande variedade de elementos químicos encontrados na Terra? As proporções com que esses elementos são encontrados na Terra é a mesma do universo? A

resposta à segunda questão é não. Para responder à primeira, é necessário entender com mais detalhes o mecanismo que dá origem à energia irradiada pelas estrelas.

Na segunda década do século XX, dois astrônomos, um dinamarquês, Ejnar Hertzsprung, e outro norte-americano, Henry Norris Russel, construíram um diagrama onde representavam luminosidade (brilho) das estrelas em função de sua temperatura superficial. Cada estrela está representada nesse diagrama por um ponto. Ao contrário do que seria esperado, a distribuição das estrelas pelo gráfico não é uniforme, mas agrupadas em algumas regiões, como pode ser visto na figura V.4. Esse diagrama é hoje conhecido como diagrama HR, de Hertzsprung e Russel.



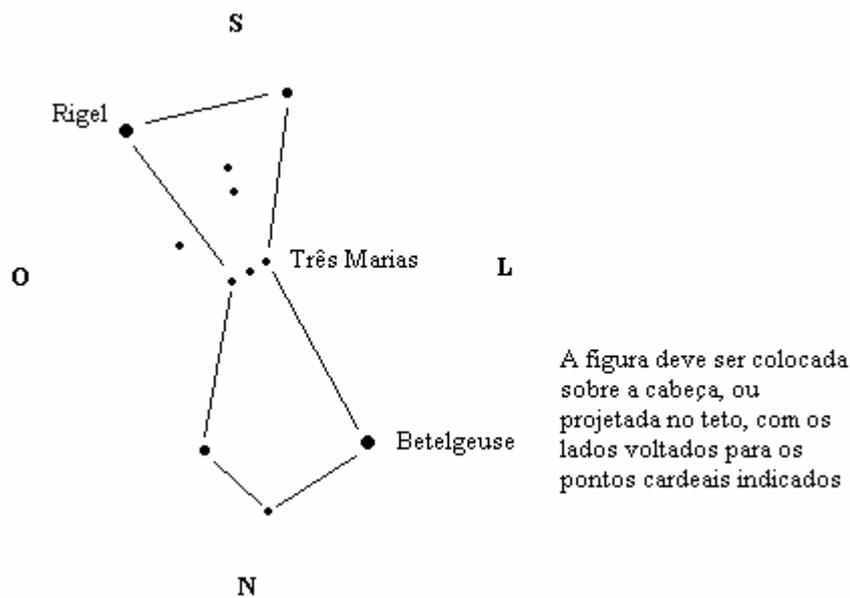
V.4 Diagrama Hertzsprung-Russel

Percebemos nitidamente a distribuição das estrelas em três regiões distintas: um grupo formando uma faixa diagonal, um grupo no lado superior direito e outro no parte inferior um pouco à esquerda. As estrelas da faixa diagonal, a qual recebeu o nome de seqüência principal, comportam-se como é esperado: quanto maior sua temperatura (veja que no diagrama HR a temperatura do lado esquerdo é maior do que a do lado direito) maior sua luminosidade (energia emitida por unidade de tempo).

No entanto, de que forma as estrelas mais frias, como as localizadas no canto superior direito, podem emitir tanta energia quanto as mais quentes? Isso só pode acontecer se ela tiver uma área maior: assim, embora emita menos energia por unidade de área, sendo muito grande, pode emitir muita energia. Então essas estrelas foram chamada de gigantes vermelhas (vermelhas porque, na temperatura em que se encontra sua superfície, predomina a emissão de

radiação nessa faixa do espectro). O inverso ocorre com as estrelas na parte inferior esquerda, pois são quentes e emitem menos energia, então devem possuir uma área superficial pequena, sendo denominadas anãs brancas.

Assim, no diagrama HR, as estrelas localizadas na parte inferior (portanto de pequena luminosidade) são estrelas pequenas, chamadas anãs, e as estrelas localizadas na parte superior são estrelas enormes, chamadas gigantes e supergigantes. Do lado direito do diagrama temos as estrelas mais frias, de coloração vermelha; em torno de 5 000 K elas se tornam amareladas, por volta de 8 000 K são brancas e acima de 10 000 K são azuis. Portanto, uma estrela localizada na parte superior esquerda do diagrama é uma estrela gigante e azul, enquanto que outra, localizada no canto inferior direito é vermelha e anã.



V.5 Constelação de Órion

Estamos citando as cores das estrelas, mas ao olharmos para o céu vemos as estrelas como pontos esbranquiçados. Realmente as estrelas têm diferentes cores que dependem da temperatura da sua superfície. Porém, nossos olhos não têm capacidade de distinguir cores quando a intensidade da luz é pequena, como ocorre com a luz que nos chega das estrelas. Contudo é possível contornar esse problema com uma simples observação do céu. Na constelação de Órion (figura V.5), visível facilmente no início das noites de verão, há três estrelas praticamente alinhadas popularmente conhecidas como Três Marias. As duas estrelas mais brilhantes dessa constelação estão localizadas em lados opostos das Três Marias: ao sul está Rigel e ao norte Betelgeuse. A simples vista podemos perceber que Rigel é uma estrela

azulada e que Betelgeuse é avermelhada. Não podemos distinguir claramente tais cores, mas uma comparação entre elas nos leva facilmente a essa conclusão.

Uma alternativa melhor, porém de realização mais complexa, é fazer uma foto de uma região do céu com filme colorido. Para isso, é necessária uma máquina fotográfica que permita o controle do tempo de abertura do diafragma. Por exemplo, uma foto do Cruzeiro do Sul com um filme comum, ASA 100, objetiva de distância focal 50 mm,  $f/5,6$  com tempo de exposição de três minutos revelará que das cinco estrelas principais do Cruzeiro do Sul, duas são brancas, uma azul, outra amarelada e a última alaranjada. O resultado será melhor se a foto for realizada com filme para diapositivos. Dessa descrição, fica evidente que é necessário ter conhecimento de técnicas de fotografia para realizar tal proposta. Convém lembrar que, devido ao movimento de rotação da Terra, as estrelas aparecerão na foto como traços e não como pontos, mas como o objetivo é revelar suas cores, isso não tem importância.

Voltando ao diagrama HR. Qual a interpretação para a distribuição que as estrelas apresentam nesse diagrama?

A interpretação dada foi que as estrelas não são objetos com um comportamento constante durante todo o tempo, e sim que sua estrutura, composição e aparência vão mudando com o passar do tempo. Em resumo, podemos dizer que uma estrela tem um ciclo de vida, e, o que observamos dela, depende do estágio em que se encontra. Dessa forma, a distribuição delas pelo diagrama HR é resultado dessas alterações que sofrem. Há um número maior de estrelas localizadas nas regiões onde elas permanecem por mais tempo durante sua vida e um menor número onde o tempo de permanência é também menor. Essa interpretação deu origem ao que hoje denominamos modelo da evolução estelar. Uma descrição sucinta desse assunto, destinada a pessoas leigas, pode ser encontrada em artigos de divulgação (Damineli, 1982) ou, com um pouco mais de detalhes, em livros (Mourão, 1995).

De uma forma extremamente simplificada vamos dar uma idéia geral desse processo.

A formação das estrelas ocorre a partir de nuvens de gás e poeira. Se a nuvem primordial contiver apenas hidrogênio e hélio, dizemos que a estrela daí originária é de primeira geração. Essas nuvens possuem diferentes densidades em várias regiões e isso pode ocasionar a concentração maior de matéria por atração gravitacional sobre os gases ao redor, fragmentando-as. Desses fragmentos se originam as estrelas, cuja vida é predominantemente determinada pela massa dessa fração da nuvem inicial. Com a contração, a temperatura desse glóbulo inicial vai crescendo e pode atingir valores suficientes para desencadear reações nucleares no seu centro. Se a massa da nuvem de gás for inferior a um décimo da massa solar,

a contração não produzirá temperaturas suficientes para ocorrerem reações nucleares e não se converterá em estrela.

Com o início das reações nucleares, dizemos que a estrela nasceu e ela entra na seqüência principal do diagrama HR. A primeira reação a ocorrer é a síntese do hélio a partir do hidrogênio. Como essas reações geram energia, surge uma pressão de dentro da estrela para fora, que contrabalança a atração gravitacional, atingindo um estado de equilíbrio cujo tempo, no qual a estrela nele permanece, depende de sua massa: quanto maior for a massa da estrela, mais rapidamente ela passa pelos estágios evolutivos. Atualmente o Sol encontra-se nessa fase.

Ao se esgotar o hidrogênio no centro da estrela, diminuem as reações nucleares e a força gravitacional passa a predominar, fazendo com que a estrela se contraia. No entanto, essa contração gera aumento de temperatura e ela pode passar a transmutar hidrogênio em hélio em uma casca ao redor do núcleo. Nesse estágio, o equilíbrio entre as forças gravitacional e de pressão do gás é rompido, a estrela aumenta de tamanho e sua superfície esfria, transformando-se em uma gigante vermelha.

Se as camadas exteriores da estrela estão em expansão, o núcleo continua a se contrair, pois não há mais reações nucleares, uma vez que todo o hidrogênio já foi convertido em hélio. Isso causa um aumento na temperatura do núcleo e, se a sua massa for suficiente para produzir as temperaturas e pressões necessárias, pode ter início a síntese do carbono no núcleo. Esse processo vai se repetindo, sempre dependendo da massa da estrela, e são obtidos novos elementos como oxigênio, neônio, sódio e magnésio. Se não possuir massa suficiente, o processo é interrompido e então ela caminha lentamente para a morte, transformando-se em uma anã branca.

A partir do núcleo de ferro, a estrela não pode mais produzir energia por reações nucleares. Se ela chegar a esse ponto tem uma morte violenta, pois o núcleo de ferro se torna instável e a estrela implode. Esse processo de implosão repentino, devido à ação gravitacional, gera enorme quantidade de energia em um intervalo de tempo muito curto e a estrela explode, num processo chamado de supernova. Durante essa explosão são produzidos os elementos com núcleos mais pesados que o ferro. Também devido à explosão, todos os elementos sintetizados na estrela são lançados para o espaço, semeando-o com elementos que anteriormente não possuía.

Desse modo, a evolução estelar explica como foram e são formados os elementos químicos: hidrogênio, hélio e lítio tiveram origem juntamente com o universo, elementos com número atômico entre o hélio e o ferro foram e são processados no interior das estrela e acima

do ferro nas explosões de supernovas. A disseminação desses elementos pelo espaço ocorre também com a explosão de uma supernova. Isso nos leva a concluir que, para que um planeta tenha possibilidade de vida, é necessário que a nuvem de gás que deu origem ao sistema planetário onde ele se encontra, tenha sido contaminada pelos materiais ejetados na explosão de uma supernova, como é o caso do Sistema Solar. Isso significa que a Terra é um corpo de, no mínimo, segunda geração e que os elementos químicos que temos no interior do nosso corpo, cujo número atômico seja superior ao do hélio, com certeza já fizeram parte de uma estrela que explodiu.

Já vimos que o surgimento da vida depende da existência de condições astronômicas. Mas não basta que a vida tenha a possibilidade de existir. Se estamos pensando em vida inteligente, é necessário um período de tempo considerável para que a vida possa evoluir nesse planeta.

Tomando a vida na Terra como parâmetro, lembrando novamente que é a única forma de vida que conhecemos, vamos supor que do surgimento da vida até a evolução para uma civilização inteligente e tecnologicamente avançada decorram algo em torno de três a quatro bilhões de anos. Dessa forma, não é qualquer estrela que poderia sustentar as formas de vida como conhecemos.

Como já vimos, a energia necessária para manter a vida em um planeta é fornecida pela estrela em que ele orbita. Então, é necessário que a estrela tenha um período estável em sua evolução e que seja suficiente para o surgimento e desenvolvimento da vida no planeta, portanto da ordem de bilhões de anos. O período mais estável na evolução de uma estrela ocorre quando ela está na seqüência principal, de modo que as gigantes ou supergigantes estão automaticamente descartadas, uma vez que o seu tempo de permanência na seqüência principal não atinge um bilhão de anos. Na verdade, estrelas com massas maiores do que 1,5 vezes a massa do Sol já não atingem esse tempo.

Se por um lado, estrelas de pequena massa passam grande parte do tempo na seqüência principal, por outro elas apresentam baixas temperaturas, o que obriga o planeta a ficar muito próximo a elas para ter uma temperatura compatível com a manutenção de vida. Isso traz um inconveniente, pois nessa situação, o período de rotação do planeta se torna igual ao de translação, devido a forças de maré, fazendo com que ele permaneça com a mesma face voltada para a estrela, acarretando uma diferença de temperatura muito elevada entre o hemisfério voltado para a estrela e o outro, o que também impediria o desenvolvimento de vida.

Outro fator está relacionado com os elementos químicos disponíveis para a síntese da vida. Já vimos que os elementos químicos de alto número atômico são gerados no interior de supernovas e espalhados pelo espaço quando da sua explosão. Assim, para que uma estrela seja acompanhada de um planeta com vida, ela não pode ser de primeira geração, de forma que a nuvem primordial precisa estar enriquecida com elementos mais pesados produzidos em outra estrela e espalhados pelo espaço por meio da explosão de uma supernova.

Não vamos considerar as qualidades do planeta em si, mas sua temperatura deve ser relativamente estável, de forma que a radiação incidente tem que ser praticamente constante, o que exige uma órbita estável em termos dinâmicos e de pequena excentricidade. Isso implica que a estrela tem que ser isolada, não podendo ser dupla ou múltipla.

Fechando esse assunto, podemos fazer uma síntese do que foi visto. A energia que mantém a vida na Terra provém do Sol, e é produzida no seu interior por meio de reações nucleares. Para que a vida na Terra evoluísse e atingisse o nível de inteligência e tecnologia que sustenta hoje, foram necessários bilhões de anos. Após essa evolução, a humanidade foi capaz de compreender os mecanismos por meio dos quais a energia é gerada no interior do Sol. Mas isso a levou a questionar outros problemas: como foram gerados os elementos químicos que são necessários para a constituição dos nossos corpos? Mais uma vez tivemos a capacidade de entender esses mecanismos, desenvolvendo uma teoria a respeito da evolução das estrelas. Ao final, essa mesma evolução das estrelas é fundamental para nossa existência e evolução, a qual permitiu entender todos esses processos.

### **V.5. Big Bang: mais um mito da criação?**

Nos últimos tempos, tem-se dado enorme destaque à Ciência e à Tecnologia, alguns chegando até a colocá-las como a solução de todos os males. É inegável o avanço científico e tecnológico ocorrido nos últimos 50 anos. Com certeza ele foi maior do que o ocorrido desde o surgimento da primeira civilização até o final do século XIX. No entanto, algumas pessoas têm devotado uma crença tão grande na Ciência que podemos dizer que acabaram por adotá-la como uma religião. A crença exagerada na Ciência é tão ruim quanto a sua rejeição.

Essa atividade procura mostrar que a Ciência também tem suas crenças, mas que seu ponto fundamental consiste no auto julgamento, na possibilidade de estar errada. A Ciência sempre procura negar a si mesma, oferecendo métodos para ser julgada pela própria natureza.

Escolhemos o tema origem do universo para essa empreitada pois ele apresenta uma ampla gama de possibilidades em relação a sua descrição, envolvendo aspectos científicos, religiosos e históricos entre outros.

Em termos científicos, a teoria sobre a origem do universo mais aceita atualmente é conhecida como Big Bang. Vamos apresentá-la a título de ilustração e de forma muito simplificada. Maiores detalhes poderão ser obtidos em Martins (1995) e Ferris (1990).

O ponto de partida da teoria do Big Bang foi a expansão do universo. Em 1929, o astrônomo Edwin Hubble descobriu que todas as galáxias distantes se afastam da Via Láctea e que quanto mais distante estiver a galáxia, maior é sua velocidade de afastamento. A interpretação dada a esse fato foi que universo está se expandindo, conseqüentemente as galáxias estavam mais próximas no passado e, levando ao extremo, elas devem ter estado em um único ponto.

Com base nessa suposição, George Gamow propôs, em 1947, que o universo havia começado em uma grande explosão inicial, tendo nesse instante altíssima temperatura e densidade. Essa teoria é conhecida por “Big Bang”, a grande explosão.

Com a evolução dos conhecimentos sobre o universo, surgiram alguns pontos que não poderiam ser explicados pela teoria do Big Bang em sua formulação original, por exemplo, a sua homogeneidade e composição química. Em 1981, Alan Guth apresentou uma teoria alternativa ou uma “correção” conhecida como teoria do universo inflacionário que também supõe que o universo teve origem em uma grande explosão.

Segundo essa teoria, no instante inicial, toda a matéria e energia do universo estavam concentrados em um minúsculo volume de densidade imensa, de modo que o espaço-tempo do universo passou a existir só após a explosão inicial, a expansão de um “denso vácuo”, que depois de expandir-se, borbulha em partículas e campos.

Logo após o nascimento do universo, suas características sofreram uma mudança radical devido a era inflacionária, um período em que seu volume aumentou pelo menos  $10^{50}$  vezes e sua temperatura caiu de  $10^{28}$  K para  $10^{23}$  K. Esse período foi de  $10^{-35}$  segundos de idade do universo até  $10^{-32}$  segundos.

Quando terminou a inflação, a liberação da energia acumulada durante aquele período criou uma grande quantidade de partículas atômicas, as quais reaqueceram o universo até a temperatura existente no início da inflação. Foi nesse mar de radiação e partículas exóticas, a uma temperatura de  $10^{27}$  K, que teve início a formação da matéria tal como a conhecemos hoje.

Quando o universo atingiu um minuto de idade, teve início a fusão nuclear. Inicialmente aglutinavam-se um próton e um nêutron, formando um núcleo de hidrogênio pesado, o deutério. Posteriormente alguns desses núcleos capturavam um nêutron formando o trítio. Ao reagir com outro próton, o trítio gerava o núcleo de um novo elemento, o hélio. Continuando as reações nucleares, formaram-se outros núcleos tais como hélio 3, berílio 7, e lítio 7, porém em proporções infinitamente menores.

Com alguns poucos minutos de idade, a radiação ainda desempenhava papel importante na formação e dissociação de partículas e elementos químicos (na verdade isso ocorreu até os 100 000 anos). Com a constante expansão e resfriamento do universo, os fótons foram perdendo energia e, 10 000 anos após o Big Bang, as partículas nucleares passaram a dominar sobre a radiação. Mesmo assim, a energia dos fótons era suficiente para romper qualquer átomo que houvesse se formado no encontro de um elétron com um núcleo. Somente após 300 000 anos é que os fótons perderam suficiente energia para permitir a formação e sobrevivência dos átomos.

Ocorreu então uma nova era: a do desacoplamento entre matéria e radiação. Ambos passaram a existir de forma quase que totalmente independente pois os átomos, eletricamente neutros, muito pouco contribuíam para o espalhamento da radiação, ao contrário do que aconteceu quando da separação entre prótons e elétrons.

Nessa altura, o universo tornou-se transparente, o “fundo do céu” ficou muito brilhante, a temperatura era de 3000 K, e 75% da matéria era constituída de hidrogênio e o restante praticamente apenas hélio.

Após o gás ter-se expandido e resfriado durante  $2 \times 10^8$  anos, ocorreu outro fato marcante na evolução do universo. Em alguns pontos, o gás se expandiu com velocidades menores devido à própria ação gravitacional e em alguns casos ocorreu até uma reversão, gerando contração. Foi nessas regiões que se concentrou a matéria que deu origem às futuras galáxias.

Talvez as regiões com maior densidade de gases tenham começado a se contrair em grandes nuvens de matéria fria e escura que posteriormente se separaram em nuvens menores que deram origem às galáxias. Essas galáxias se formaram em grandes aglomerados que se atraíram mutuamente, formando aglomerados ainda maiores e assim até atingirem os estágios hoje chamados de super enxames de galáxias.

No interior das galáxias, as contrações geraram as estrelas e em seus interiores foram sintetizados os elementos químicos existentes no universo, uma vez que nos instantes iniciais apenas os elementos leves puderam ser formados. Essa conclusão só foi possível na década de

50, com os estudos sobre a fusão nuclear e a evolução das estrelas, o que já apresentamos anteriormente.

Apesar do grande sucesso que essa teoria obteve ao explicar vários aspectos observados do universo, alguns problemas ainda persistem. A teoria prevê que a densidade média do universo deve ser de  $4 \times 10^{-30}$  g/cm<sup>3</sup> e, no entanto, as medidas atuais levam a um valor dez vezes menor. Como a teoria tem explicado bem a maioria dos acontecimentos cósmicos, os astrônomos acreditam que a previsão está correta e estão procurando a massa que falta para completar o valor previsto. Outro ponto de discussão é quanto à homogeneidade do universo. A teoria foi criada com a intenção de explicar por que o universo era homogêneo, mas novas observações mostraram que o universo apresenta certos desvios nessa suposta homogeneidade. Se a teoria foi criada para explicar um fato, como modificá-la para explicar a não ocorrência desse fato?

Quanto ao futuro do universo, ainda não há dados suficientes para saber se sua expansão será para sempre ou se ela será revertida e teremos no futuro o chamado “Big Crunch”. Tudo parece depender da quantidade de “matéria escura” existente no universo, difícil de avaliar, até por ser escura...

Esses são pequenos exemplos de quanto ainda há para ser revelado a respeito do universo e sua evolução e talvez, daqui a alguns séculos, essas teorias pareçam tão bizarras quanto a das esferas de cristal que envolveram o universo dos gregos.

Voltando à atividade, propomos iniciá-la convidando os alunos a explicarem a origem do universo. Esse início pode ser com uma pesquisa fora da escola em busca de relatos da criação do universo de diferentes culturas ou então, na sala de aula, com as explicações dos próprios alunos ou com textos trazidos pelo professor ou uma mistura de todos.

A primeira sugestão tem a vantagem de possibilitar uma variedade maior de relatos, já que cada aluno poderá trazer uma proposta diferente. No entanto, sabemos que muitos alunos não se preocupam em realizar as tarefas solicitadas, o que pode reduzir significativamente o número de textos disponíveis. Outro problema é que os alunos poderão buscar a resposta científica, a que eles acham que o professor deseja, e não darem atenção a outros tipos de narrativas, mas isso pode ser contornado com orientações do professor, se bem que isso pode enfraquecer o estranhamento desejado para a atividade.

A segunda possibilidade, os alunos darem seus depoimentos, pode resultar em um impasse, com os alunos não apresentando propostas ou apresentarem uma única proposta, empobrecendo a discussão.

No terceiro caso, os textos seriam trazidos pelo professor, o que limita a participação dos alunos, mas é uma alternativa se eles não apresentarem propostas.

Pensamos que a melhor solução seja uma mistura de todas essas, com os alunos apresentando suas próprias idéias em um primeiro momento, seguido de uma pesquisa realizada fora da sala de aula e uma posterior discussão sobre os relatos, inclusive com textos apresentados pelo professor.

Qualquer que seja a escolha, há que se tomar cuidado com implicações de ordem religiosa que podem provir das discussões. Um aluno, com firmes convicções religiosas a respeito da criação, pode não aceitar os argumentos contrários, por mais lógicos e estruturados que eles sejam. Aqui devemos exercitar nossa tolerância e aceitar as crenças de cada um, quaisquer que sejam. De todo modo, é interessante que se incluam, nas discussões, descrições religiosas sobre a criação do universo pois elas, assim como os mitos, estão presentes, se não em todas, ao menos na grande maioria das civilizações.

Como exemplo de narrativa de criação do universo que pode ser utilizada, tomemos a de Anaxágoras, filósofo grego que viveu de 500 a 428 a.C.

*No princípio, o universo era uma mistura uniforme, sem movimento. A “mente” entrou então em ação e fez com que todo o sistema girasse; no vórtice resultante, a matéria fria, densa e escura ficou no centro, dando origem à Terra, em forma de disco, enquanto toda a matéria quente, seca e rarefeita era expulsa. O Sol, a Lua, as estrelas e os planetas foram arrancados da Terra e aquecidos por fricção enquanto giravam no redemoinho de matérias. O Sol, nada mais é do que uma pedra aquecida, até tornar-se rubra. (Ronan, 1987)*

Outros relatos semelhantes podem ser encontrados em Martins (1995) e Gleiser (1997).

Sugerimos que a narrativa a seguir, escrita por nós, ou outra semelhante, também seja utilizada como descrição da origem do universo.

*No início existia apenas um ovo onde residia todo o universo. Esse ovo eclodiu e a matéria, muito quente, se espalhou, expandindo-se para todos os lados, dando origem ao tempo e ao espaço. Com esse espalhar, o mundo foi esfriando e os elementos puderam se agrupar em nuvens que se fragmentaram formando ilhas de matéria. Dentro dessas ilhas, novas fragmentações*

*formaram ilhas menores. E, dentro dessas, outras cada vez menores, até que se formaram as estrelas, os planetas, O Sol, a Lua e a Terra.*

Uma leitura mais atenta reconhecerá nessa narrativa os elementos do Big Bang, que pode muito bem ser apresentado aos alunos como um mito juntamente com outros, para que ele não o identifique como uma teoria científica.

Podemos estabelecer algumas questões que orientem as discussões dos alunos:

- Qual desses textos descreve melhor a criação do universo?
- Quais os motivos para a escolha?
- Como seria a escolha em bases científicas atuais?
- Como poderíamos verificar a “exatidão” dessa escolha?
- Como podemos testar o “modelo” escolhido?
- Se passar pelo teste, ele é definitivo?
- Há alguma “crença” subjacente a essa escolha?

Provavelmente a escolha inicial se dará a partir de “gosto” pessoal de cada aluno, pois não há dados para subsidiar a escolha. Alguns alunos poderão dizer que um ou outro relato não corresponde à realidade, quando se pode questionar o que é “realidade”. Partindo do princípio de que “realidade” é o que observamos, claro que não é uma definição mas apenas uma tomada de posição para continuar a discussão, podemos chegar à conclusão que é necessário confrontar o relato com observações da natureza. Por exemplo, hoje sabemos que o Sol não é uma pedra incandescente. Dessa forma, teremos chegado à base de uma ciência: o teste de uma teoria no confronto com dados experimentais e observacionais.

A diferença entre as teorias científicas e os relatos mitológicos é que aquelas permitem a previsão de fenômenos e podem ser testadas. Se as previsões se confirmarem, a teoria continua válida, caso contrário é necessário adaptá-la aos novos dados ou, se isso for impossível, abandoná-la. Não existe apenas uma teoria em cada momento, podem existir várias competindo e a que melhor se ajustar às observações deve ser a que prevalecerá.

Voltemos à teoria do Big Bang. Na época em que foi proposta por Gamow, outras teorias surgiram, como a proposta por Fred Hoyle, Hermann Bondi e Thomas Gold que sugeria que, embora o universo esteja se expandindo, sua densidade não se altera, pois enquanto as galáxias se afastam uma das outras, ocorre a criação de matéria no espaço entre elas. Essa matéria criada iria se acumulando até tornar-se suficiente para a formação de novas

galáxias, aumentando o número de galáxias existentes. Dessa forma, o universo sempre foi como é hoje e também continuaria assim indefinidamente. Essa teoria ficou conhecida como teoria do estado estacionário.

Nessa época não havia dados suficientes para se decidir por uma ou outra, sendo a escolha puramente de caráter pessoal de cada pesquisador. Somente na década de 60 surge algo novo para determinar qual a escolha mais adequada.

Em 1965, os engenheiros Arno A. Penzias e Robert W. Wilson estavam testando antenas para recepção de sinais de satélites quando detectaram uma radiação de microondas que vinha igualmente de todas as direções do espaço. Cerca de dez anos antes, Ralph A. Alpher e Robert Herman haviam calculado que, com a expansão do universo após a explosão inicial, este deveria esfriar continuamente e, hoje, se poderia observar uma radiação correspondente à temperatura atual do universo. Essa radiação correspondia praticamente à que foi detectada por Penzias e Wilson. Estava decidido a favor do Big Bang, pois era impossível explicar essa radiação com a teoria do estado estacionário.

No entanto, essas teorias podem conter no seu interior algumas “crenças”. Para aceitar a teoria do Big Bang, é necessário supor que o universo seja “igual” em todos os pontos e que as leis da Física têm validade em todo o universo.

Outro ponto que pode ser destacado é que a Ciência não estaciona. As teorias sempre estão sendo testadas, estão sempre em evolução, contando para isso com o trabalho de um grande número de cientistas. Enfim, tanto os mitos quanto as teorias científicas são criações da mente humana.

Apresentamos, assim, três conjuntos de atividades para que professores do ensino médio introduzam temas de Astronomia em suas aulas. Elas fornecem uma indicação de como trabalhar esses assuntos, mas não são definitivas. Os professores que porventura as utilizarem podem acrescentar sua contribuição pessoal, enriquecendo seu trabalho. Destacamos, ainda, que essas atividades não precisam necessariamente ser aplicadas de uma única vez, podendo ser realizadas em partes, distribuídas durante as aulas no decorrer do ano. Cada assunto que necessite de conceitos de outra disciplina pode ser programado entre os professores para que se encontrem no devido tempo. É um processo difícil, mas que pode ser realizado.

## VI. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A questão sobre se há espaço para a Astronomia, e que espaço seria este, na educação básica brasileira precisa levar em conta uma série de fatores específicos para poder ser respondida. A Filosofia e a Psicologia também estão ausentes ou sub-representadas na nossa educação básica mas, possivelmente, a discussão sobre a inclusão ou não de seus estudos é de outra natureza.

Se mal universalizamos o acesso ao ensino fundamental, se estamos longe de garantir que todos que nele ingressam o completem e de efetivamente erradicar o analfabetismo, se nossa escola média ainda não consegue ensinar as muitas linguagens essenciais, seja o vernáculo ou as linguagens matemáticas, gráficas e artísticas, não parece um “luxo” incompreensível a inclusão real da Astronomia entre os conteúdos formativos? “Ora (dizeis) ouvir estrelas ! Certo perdeste o senso!”...

A resposta a tal possível questionamento tem a ver com a natureza mesma da Astronomia. Ao investigar o universo e, em decorrência, nosso lugar no universo, ela se torna um dos fundamentos da cultura humana, hoje e sempre, de forma que uma educação voltada para a construção da cidadania não pode abrir mão desse componente.

A compreensão sobre nosso lugar no universo nunca esteve desvinculada de valores humanos mais gerais, de convicções filosóficas e religiosas, não dependendo só de conceitos e percepções do mundo material. Tanto os aspectos mais gerais da cultura e da fé, quanto a ciência, são construções históricas com variáveis étnicas e regionais. Assim, a compreensão da Astronomia através dos tempos é importante para a compreensão das sociedades humanas.

Também em associação com as ciências da natureza, a Astronomia é indissociável de sua história. Galileu, Newton e Einstein podem não ser reconhecidos como astrônomos, como Ptolomeu, Copérnico e Kepler, mas seus trabalhos foram essenciais à Astronomia e, reciprocamente, essa foi essencial para seus trabalhos. Pelo menos a Física estaria realmente “mutilada” se despida de seus elementos astronômicos, seja a gravitação no Sistema Solar, seja a relatividade geral nos modelos cosmológicos. Também no ensino da Biologia, a idéia

de vida e de seu surgimento precisa ser desenvolvido no contexto de nosso habitat, um certo planeta a uma certa distância de uma certa estrela. A falta dessa perspectiva astronômica pode despir de significado a própria discussão sobre a origem e as condições para a ocorrência e evolução da vida.

Alguns elementos de Astronomia já estão ou deveriam estar presentes, na Geografia ou nas Ciências, no ensino fundamental mas, no presente trabalho, nos concentramos no seu ensino (ou na sua ausência) no nível médio. Duas questões relacionadas com isso são: quais as intenções formativas centrais e qual a necessária qualificação do professor para ensinar Astronomia nesse nível de ensino?

Aprender a compreender o céu, distâncias e natureza dos corpos celestes, ordens de grandeza, estruturas, escalas... Perceber o universo quando visto a partir da Terra, ter uma noção das estruturas que o compõem, de suas dimensões e das distâncias entre elas, mas também ter uma visão da Terra inserida nesse universo, como um ir e vir da Terra para o universo e do universo para a Terra. Perceber a pequenez da nossa presença na Terra e desse planeta no universo e que esse insignificante planeta azul é uma nave que viaja rapidamente pelo espaço e nos transporta para um destino que independe da nossa vontade.

Que nossa existência é produto de uma série de características ímpares e que a falta de apenas uma delas seria suficiente para que a vida não tivesse surgido. Saber que as condições para que a vida se mantenha na Terra são muito particulares e que um pequeno desequilíbrio introduzido nessas condições pode levar à extinção de várias espécies, inclusive a humana, ou até de toda vida no planeta. E que nós somos responsáveis por grande parte das alterações ocorridas ultimamente.

Questionar se estamos sozinhos ou não nesse universo incomensurável. Da possibilidade de existência de civilizações em outros sistemas estelares. É preciso que se reconheçam as dificuldades de comunicação e contato com essas possíveis civilizações, que esse contato, se existir, será feito, num primeiro momento, muito provavelmente por meio de ondas eletromagnéticas, deixar claro a pequeníssima probabilidade de contato físico, devido às enormes distâncias existentes entre as estrelas. Dessa forma, os aproveitadores da ingenuidade da população teriam dificuldades em propagar informações sobre discos voadores e seres extra terrestres supostamente capturados por forças de segurança.

Também é interessante um conhecimento da evolução desse universo, que não é uma coisa estática, mas que estamos inseridos num “ente” que evolui e desenvolve-se com o passar do tempo. Perceber que a criação dos modelos que pretendem explicar o universo é um produto da mente humana, que o conhecimento astronômico faz parte de um conhecimento

maior e que o avanço de todo esse conhecimento é algo que está relacionado com a própria evolução do universo, pois o tempo para o desenvolvimento é algo que também está relacionado com eventos astronômicos, como a evolução das estrelas.

Entender que a Astronomia é uma ciência ímpar, pois não é possível realizar experimentos para corroborar as teorias, é uma ciência observacional por natureza. Os dados devem ser colhidos diretamente no universo, trabalhados e processados para posterior desenvolvimento de teorias. Que ela é um belo exemplo da capacidade da mente humana, seu poder de investigação e criação. Enfim, uma ciência que estampa claramente toda a dimensão da capacidade da raça humana!

Sabemos, no entanto, que o conteúdo desse nosso trabalho não basta como instrumento para que os professores o utilizem. As sugestões aqui apresentadas devem ser encaradas como um estímulo e reforço para que os professores ousem tratar de Astronomia. A educação no país, tão desvalorizada atualmente, tem solução e não devemos esperar decisões superiores para tentar mudar alguma coisa. O trabalho de cada professor é fundamental para atingirmos um patamar educacional para todos os jovens brasileiros. Hoje temos um aumento no número de alunos que freqüentam as escolas, estamos vencendo a batalha da quantidade. Precisamos agora lutar para aumentar também a qualidade desse ensino. Esse aumento na qualidade passa também por uma mudança metodológica na prática dos professores, substituindo a simples transmissão de conhecimento, hoje predominante, por um trabalho que permita a participação ativa dos alunos. Não basta acrescentar novos conteúdos.

Reconhecemos que essa mudança esbarra em várias dificuldades. É evidente que a maioria dos professores não age da forma normalmente conhecida como “tradicional” porque quer. Eles são levados a essa situação pelas circunstâncias que encontram em seu trabalho: falta de material, salas com grande número de alunos, excesso de aulas para poderem conseguir um rendimento aceitável, entre outros problemas, além de reproduzirem a metodologia de ensino a que foram submetidos.

Outra dificuldade enfrentada por essa proposta é a necessidade de integração entre professores de diversas disciplinas. É necessária a colaboração de várias disciplinas e professores. Com as relações de trabalho hoje existentes em grande parte das escolas, onde o professor “recebe por aula”, não é fácil encontrar quem se disponha a permanecer na escola fora do horário de trabalho para discutir possíveis alternativas de ensino, para articular disciplinas. De qualquer modo, consideramos esse trabalho como mais uma alternativa para os professores, prazerosa e estimulante.

Finalizando, queremos comentar que as atividades aqui apresentadas foram em parte testadas em cursos de Astronomia para leigos, tendo obtido resultados animadores, pois os alunos mostraram entusiasmo na sua participação. Entretanto, não houve uma preocupação sistemática em medir os resultados, lembrando que as turmas nas quais foram aplicadas as atividades não eram de cursos regulares e sim formadas por alunos voluntários que se dispuseram a frequentar cursos extra de Astronomia, fora do horário normal de aulas. Dessa forma, os alunos já estavam predispostos a uma participação mais ativa, pois frequentavam um curso sobre assunto de seu interesse e sem a obrigatoriedade da presença.

De qualquer modo, é possível perceber que o aluno participa ativamente do processo de ensino-aprendizagem quando lhe são oferecidas alternativas e assuntos que despertem seu interesse. Cabe a nós, professores, não deixar que a curiosidade inerente ao ser humano seja destruída por um processo de ensino “burocrático” e desinteressante.

A Astronomia não deve ser apresentada como mais um conteúdo frio para se somar aos outros, mas como um tempero cultural de magnífico sabor, em que se pode filosofar sobre a extensão do cosmo, sobre o sentido da vida e sobre a ousadia desse “bicho astrônomo” que habita o planeta Terra.

## BIBLIOGRAFIA

- AFONSO, Germano B. Experiências simples com o gnômon. *Revista Brasileira de Ensino de Física*. São Paulo, v.18, nº3, p.149-154, setembro 1996.
- AUGUSTO, João Vianey e CANALLE, João Batista Garcia. Eclipses e fases da Lua. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 10, 1993, Londrina, *Anais*. São Paulo, SBF, 1993, p.675-678.
- AVENY, Anthony F. *Observadores del cielo en el México antiguo*, tradução de Jorge Ferreira, Ciudad de México: Fondo de Cultura Económica, 1991.
- BABICHAK, Cezar Cavanha, CUNHA, Marcelo de O. Terra e ALMEIDA, Maria José P. M. de. Estações do ano – uma atividade para o 2º grau. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 12, 1997, Belo Horizonte, *Anais*. São Paulo, SBF, 1997, p.327-331.
- BEAUREGARD, Diane Costa e SAIRIGNÉ-BON Catherine de. *O céu e seus mistérios*, tradução de Leny Werneck. São Paulo: Melhoramentos, 1994.
- BILAC, Olavo. Poesias. *Nossos Clássicos: Olavo Bilac*, organizado por LIMA, Alceu Amoroso. Rio de Janeiro: Agir, 3ª edição, 1965.
- BISCH, Sérgio Mascarello. *Astronomia no 1º grau: natureza e conteúdo do conhecimento de estudantes e professores*. 1998. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- BOCZKO, Roberto. *Conceitos de Astronomia*. São Paulo: Edgard Blücher, 1984.
- BRASIL. Ministério da Educação. Lei 9394, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional.
- BRASIL. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. Resolução nº 3 da Câmara de Educação Básica, 26 de junho de 1998. Institui as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino médio.
- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. *Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio*. Brasília: MEC/SEMT, 1999.

- CAMÕES, Luís de. *Os lusíadas* comentados por Otoniel Mota. São Paulo: Melhoramentos, 15ª edição, 1964.
- CANALLE, João Batista Garcia. Explicando Astronomia básica com uma bola de isopor. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*. Florianópolis, v.16, nº2, p.314-331, dezembro 1999.
- CANALLE, João Batista Garcia, TREVISAN, Rute Helena e LATTARI, Cleiton Joni Benetti. Análise do conteúdo de Astronomia de livros de geografia de 1º grau. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*. Florianópolis, v.14, nº3, p.254-263, dezembro 1997.
- CANIATO, Rodolpho. *O Céu – um projeto brasileiro para o ensino de física*. Campinas: Nobel, 1975.
- CANIATO, Rodolpho. *O que é Astronomia*. São Paulo: Brasiliense, 5ª edição, 1987.
- CANIATO, Rodolpho. *O céu*. São Paulo: Ática, 1990.
- CANIATO, Rodolpho. Uma ciência para ler o mundo. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE ENSINO DE ASTRONOMIA, 4, 1999, Rio de Janeiro. *Resumos*. Rio de Janeiro: Fundação Planetário, 1999.
- CORTAZAR, Pedro Felipe. *Documental del Perú: enciclopedia nacional basica*. Lima: Desa, 1986.
- CRISPIN, Sebastião Carlos e CANALLE, João Batista Garcia. A lei das áreas de Kepler na balança. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 10, 1993, Londrina, *Anais*. São Paulo, SBF, 1993, p.692-695.
- DAMINELLI, Augusto. Nascimento, vida e morte das estrelas. *Ciência Hoje*. São Paulo, v.1, nº2, p.10-19, setembro/outubro 1982.
- DUARTE JR, João Francisco. *Fundamentos estéticos da educação*. Campinas: Papirus, 5ª edição, 1998.
- EINSENSTAEDT, Jean e PASSOS VIDEIRA, Antonio Augusto. A prova cearense das teorias de Einstein, ou como a cidade de Sobral entrou para a história da ciência. *Ciência Hoje*. São Paulo, v.20, nº115, p.24-33, novembro 1995.
- FARIA, Romildo Póvoa, organizador. *Fundamentos de Astronomia*. Campinas: Papirus, 3ª edição, 1987.
- FERRIS, Timothy. *O despertar na Via Láctea: uma história da Astronomia*, tradução de Waltensir Dutra. Rio de Janeiro: Campus, 2ª edição, 1990.
- FLEMING, Henrique. Hawking: uma história apaixonada do Universo. *Ciência Hoje*. São Paulo, v.9, nº51, p.26, março 1989

- FRIAÇA, Amâncio C. S. e outros, organizadores. *Astronomia, uma visão geral do Universo*. São Paulo: EDUSP, 2000.
- GLEISER, Marcelo. *A dança do universo: dos mitos de criação ao Big Bang*. São Paulo: Companhia das Letras, 1997.
- GIL-PÉREZ, Daniel. La metodología científica y la enseñanza de las ciencias: unas relaciones controvertidas. *Enseñanza de las Ciencias*, Valência, v.4, n<sup>o</sup>2, p.111-121, 1986.
- GIL-PÉREZ, Daniel e CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. *Formação de professores de ciências*. São Paulo: Cortez, 2<sup>a</sup> edição, 1995.
- GRAF - Grupo de Reelaboração do Ensino de Física. *Leituras em Física*, edição preliminar. São Paulo: IFUSP, 1998.
- GUTH, Alan H. *O Universo inflacionário: um relato irresistível de uma das maiores idéias cosmológicas do século*, tradução de Ricardo Inojosa. Rio de Janeiro: Campus, 1997.
- HANI, Jean. *O simbolismo do templo cristão*, tradução de Eduardo Saló. Lisboa: Edições 70, 1981.
- HAWKING, Stephen W. *Uma breve história do tempo: do Big Bang aos buracos negros*, tradução de Maria Helena Torres. Rio de Janeiro: Rocco, 12<sup>a</sup> edição, 1989.
- HOGBEN, Lancelot. *Maravilhas da Matemática*, tradução de Paulo Moreira Silva. Porto Alegre: Livraria do Globo, 1946.
- HPP – Harvard Project Physics. *Project Physics Course, unit 2: Motion in the Heavens*. New York: Holt, Rinehart and Winston, 1970.
- HPP – Harvard Project Physics. *Projecto Física, unidade 2: movimento nos céus*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1978.
- HUIZINGA, Johan. *Homo Ludens: o jogo como elemento da cultura*, tradução de João Paulo Monteiro. São Paulo: Perspectiva, 4<sup>a</sup> edição, 1999.
- KRAUSS, Lawrence M. *A Física de Jornada nas Estrelas – Star Trek*, tradução de Eduardo Teixeira Nunes. São Paulo: Makron Books, 1996.
- KRUPP, E. C. Crônicas de Stonehenge. *En busca de las antiguas astronomias*, organizado por E.C. Krupp, traduzido por Manuel Martínez Luque-Romero. Madrid: Pirámide, 1989.
- MALLMANN, Jaime Augusto Hiller e RASIA, Luís Antônio. A Astronomia como eixo orientador e motivador de conteúdos do ensino médio de Física. In:

- REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE ASTRONÔMICA BRASILEIRA, 26, 2000. *Boletim da SAB*, v.20, n°1. São Paulo: SAB, 2000.
- MARTINS, Roberto de Andrade. *O Universo: teorias sobre sua origem e evolução*. 3ª ed. São Paulo: Moderna, 1995.
- MARTINS, Roberto de Andrade. Como distorcer a Física: considerações sobre um exemplo de divulgação científica. 1 - Física Clássica. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, Florianópolis, v.15, n°3, p.243-264, dezembro 1998.
- MATSUURA, Oscar Toshiaki. “Atlas do universo”, um livro paradidático de Astronomia. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE ASTRONÔMICA BRASILEIRA, 20, 1994. *Boletim da SAB*, v.14, n°1. São Paulo: SAB, 1994.
- MATSUURA, Oscar Toshiaki. *Atlas do Universo*. São Paulo: Scipione, 1996.
- MATSUURA, Oscar Toshiaki. Exploração do Universo e busca de vida extraterrestre. In: MASSANBANI, Oswaldo e MANTOVANI, Marta S. M. *Marte: novas descobertas*. São Paulo: Diagrama&Texto, IAGUSP, 1997.
- MAZA, José. *Astronomía contemporánea*. Santiago de Chile: Universitaria, 2ª edição, 1990.
- METZGER, Rainer e WALTHER, Ingo F. *Van Gogh*, traduzido por Cristina Rodriguez e Artur Guerra. Lisboa: Benedikt Taschen, sem data.
- MILONE, André. Astronomia no 2º grau: um curso multidisciplinar. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE ASTRONÔMICA BRASILEIRA, 24, 1998. *Boletim da SAB*, v.18, n°1. São Paulo: SAB, 1998.
- MOREIRA, Marco Antonio. Ensino de Física no Brasil: retrospectiva e perspectivas. *Revista Brasileira de Ensino de Física*. São Paulo, v.22, n°1, p.94-99, março 2000.
- MOURÃO, Ronaldo Rogério de Freitas. *Nascimento, vida e morte das estrelas: a evolução estelar*. Petrópolis: Vozes, 1995.
- MOURÃO, Ronaldo Rogério de Freitas. *Astronomia em Camões*. Rio de Janeiro: Lacerda Editores, 1998.
- NIEL, Fernand. *Stonehenge: templo misterioso da pré-história*, tradução de Isabel Braga. Lisboa: Edições 70, 1976.
- OLIVEIRA FILHO, Kepler de Souza, SARAIVA, Maria de Fátima Oliveira. *Introdução à Astronomia e à Astrofísica*. <<http://www.if.ufrgs.br/~kepler/fis207/index.html>>, Porto Alegre: UFRGS, 1999. Acesso em 27 ago. 2000.

- OSTROWER, Fayga. *Criatividade e processos de criação*. Petrópolis: Vozes, 1987
- OVERBYE, Dennis. *Corações Solitários do Cosmo: a busca científica do segredo do Universo*, tradução de Cecília Camargo Bartalotti. São Paulo: Mercuryo, 1993.
- PEF – Projeto de Ensino de Física – IFUSP. *Mecânica*. Rio de Janeiro: Premen – Fename, 1981.
- PENEREIRO, Júlio César. A filatelia como forma de divulgação da Astronomia. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*. Florianópolis, v.14, nº1, p.64-82, abril 1997.
- PSSC – Physical Science Study Committee. *Física*, tradução de Marcio Quintão Moreno, Rachel Gevertz e colaboradores. São Paulo: Edart, 4ª edição, 1974.
- RONAN, Colin A. *História ilustrada da ciência*, 4 volumes, tradução de Jorge Enéas Fortes. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1987.
- RONAN, Colin A. *História natural do Universo: do Big Bang até ao fim do tempo*, tradução de Raul de Souza Machado. Lisboa: Verbo, 1991.
- SAGAN, Carl. *Cosmos*, tradução de Angela do Nascimento Machado. Rio de Janeiro: Francisco Alves, 4ª edição, 1983.
- SAGAN, Carl e CHKLOVSKII, Iosef Chmuelovitch. *A vida inteligente no universo*, tradução de Francisco de Oliveira Faia. Lisboa: Europa-América, 3ª edição, sem data.
- SHAKESPEARE, William. *Tróilo e Cressida e Timão de Atenas*, tradução de Carlos Alberto Nunes. Rio de Janeiro: Edições de Ouro, 1966.
- STEINER, João Evangelista. (coordenador) *Introdução à Astronomia e Astrofísica*, 2 volumes. São Paulo: IAGUSP, 1978.
- TAYLOR, Kenric. *The Gustav Holst Website*, disponível em <<http://wso.williams.edu/~ktaylor/gholst/>>. Acesso em 15 out. 2000.
- TEN, A. E. , MONROS, M. A. “Historia y enseñanza de la Astronomía. Los primitivos instrumentos y su utilizacion pedagogica. I”. *Enseñanza de la ciencia*, Valência, p.49-56, 1984.
- TREVISAN, Rute Helena, LATTARI, Cleiton Joni Benetti e CANALLE, João Batista Garcia. Assessoria na avaliação do conteúdo de Astronomia dos livros de ciências do primeiro grau. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*. Florianópolis, v.14, nº1, p.7-16, abril 1997(a).
- TREVISAN, Rute Helena, SOUZA Edmilson de e LATTARI, Cleiton Joni Benetti. Didática no ensino de Astronomia: medindo a inclinação do eixo da Terra. In:

- SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 12, 1997(b), Belo Horizonte, *Anais*. São Paulo, SBF, 1997, p.659-661.
- TREVISAN, Rute Helena, CASTRO Vanessa M. Barbieri de e LATTARI, Cleiton Joni Benetti. Aperfeiçoamento de professores de ciências - Astronomia no primeiro grau: cálculo do raio terrestre. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 12, 1997(c), Belo Horizonte, *Anais*. São Paulo, SBF, 1997, p.614-617.
- TREVISAN, Rute Helena. A Astronomia no ensino fundamental e no ensino médio. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE ENSINO DE ASTRONOMIA, 4, 1999, Rio de Janeiro, *Resumos*. Rio de Janeiro, Fundação Planetário, 1999.
- VARGAS, Víctor Angles. *Machupijchu*. Lima: Industrial, 1986.
- VILLARROEL V., Irene e MUÑOZ M., Héctor. El perfeccionamiento docente abordado como un proceso de enseñanza. *Revista Brasileira de ensino de Física*. São Paulo, v.14, nº4, p.199-204, dezembro 1992.
- VYGOTSKY, Lev Semenovitch. *Pensamento e linguagem*, tradução de Jefferson Luiz Camargo. São Paulo: Martins Fontes, 2ª edição, 1998.
- WEINBERG, Steven. *Os três primeiros minutos: uma discussão moderna sobre a origem do universo*, tradução de A. Macedo. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1980.
- WINTER, Othon. 'Netuno: 150 anos de história e ciência'. *Ciência Hoje*. São Paulo, v.21, nº125, p.38-47, novembro/dezembro 1996

## **ENCARTE**

Pôster: A ESCALA DO UNIVERSO