

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL**

**INSTITUTO DE FÍSICA**

**Programa de Pós Graduação em Ensino de Física  
Mestrado Profissional em Ensino de Física**

**O USO DA ASTRONOMIA COMO INSTRUMENTO PARA A INTRODUÇÃO AO  
ESTUDO DAS RADIAÇÕES ELETROMAGNÉTICAS NO ENSINO MÉDIO<sup>1</sup>.**

**César Eduardo Schmitt**

Porto Alegre

2005

---

<sup>1</sup> Trabalho parcialmente financiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES)

**O USO DA ASTRONOMIA COMO INSTRUMENTO PARA A INTRODUÇÃO AO  
ESTUDO DAS RADIAÇÕES ELETROMAGNÉTICAS NO ENSINO MÉDIO.**

**César Eduardo Schmitt**

Dissertação realizada sob a orientação do Dr. Basílio Xavier Santiago, apresentada ao Instituto de Física da UFRGS em preenchimento parcial dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Porto Alegre

2005

Dedico este trabalho às pessoas que, de alguma forma, me incentivaram na minha carreira de professor.

À Cirlene, minha esposa, a melhor companhia que poderia ter em minha vida e principal incentivadora.

Aos meus pais, que não mediram esforços para me dar uma ótima educação.

Aos meus colegas de estudo, por tudo que passamos juntos.

Aos meus colegas de trabalho, pela paciência e dedicação que tiveram comigo.

## **AGRADECIMENTOS**

Esse trabalho proporcionou uma experiência desafiadora, que foi encarada com muita dedicação e possibilitou um engrandecimento pessoal e profissional. Tive o apoio de muitas pessoas, mas gostaria de agradecer em especial ao meu orientador, Prof. Basílio Xavier Santiago, pelas conversas, conselhos, correções e, principalmente, pela relação de amizade que sempre pontuou o nosso trabalho. Agradeço também, de forma especial, à minha esposa Cirlene, que sempre estava disposta a me ajudar e pela enorme paciência com que acompanhou este processo. Agradeço à direção e aos professores do Instituto Estadual de Educação Sapiroanga por terem possibilitado a aplicação desta proposta. Não poderia deixar de agradecer aos meus alunos da turma EM 311 / 2004 pela receptividade com que encararam esta proposta de trabalho. Agradeço à colega Ângela Berlitz pelas inúmeras caronas e disposição em me ajudar quando do meu acidente em dezembro de 2003, bem como aos professores do Instituto de Física da Ufrgs, pela compreensão e preocupação que demonstraram nesta etapa difícil.

## RESUMO

Este trabalho relata a utilização de tópicos ligados à Astronomia, como motivação educacional, a fim de inserir o estudo das radiações eletromagnéticas com abordagem na Física Moderna e Contemporânea. Em geral, a bibliografia atual disponível trata deste assunto (sob o título “ondas eletromagnéticas”) no capítulo relacionado a “ondas”, dentro da Física Clássica, não abordando assim, conceitos da Física Moderna: dualidade onda partícula, quantização da energia, efeito fotoelétrico, Lei de Planck, etc. O tema foi abordado utilizando atividades práticas: observação do Sol, observação do céu com telescópio, simulação computacional através de applets disponíveis na Internet, atividades de laboratório, sempre partindo de aspectos relacionados à Astronomia. A proposta foi aplicada em uma turma de terceira série de Ensino Médio, do Instituto Estadual de Educação de Sapiranga, cidade do Vale do Rio dos Sinos. Este trabalho foi embasado pela Teoria de Aprendizagem Significativa de Ausubel e de Novak, e pela Teoria de mediação de Vygotsky. A partir dos dados colhidos através de testes comparativos, entrevistas e depoimentos dos alunos, foi possível detectar que eles estiveram motivados para a aprendizagem, sendo que alguns inclusive passaram a interessar-se mais pela disciplina de Física. Ao finalizar a aplicação desta proposta de trabalho, foi criado um CD com textos, simulações e sugestões para aplicações em sala de aula.

## **ABSTRACT**

This work has made use of Astronomy topics, as a motivational drive, in order to implement the study of electromagnetic radiations at High School level, with emphasis on Modern Physics. In general, the available current bibliography deals with this matter (under the title “electromagnetic waves”) in the chapter related to “waves”, using only classical physics, therefore not covering concepts of modern physics: wave-particle duality, energy quanta, photo-electric effect, Planck law, etc. The work was developed using practical activities: observation of the Sun, observation of the night sky with a telescope, computer simulations through available applets in the internet, laboratory activities, always stressing the aspects related to Astronomy. The project was applied to a group of senior High School students, at the State Institute of Education of Sapiranga, city located at the valley of Rio dos Sinos. This work was based on the theory of Significant Learning by Ausubel and Novak, and on the theory of mediation by Vygotsky. Starting from the data collected from comparative tests, interviews and the students' opinions, it was possible to detect that the students were motivated to learn, and some became much more interested on the study of Physics. At the end of this educational project, a CD was generated, containing computer presentations, texts, teachers guides, simulations and suggestions for its classroom application.

## SUMÁRIO

Agradecimentos	P
Resumo	
Abstract	
1. Introdução.....	10
2. A proposta.....	11
2.1 O Ensino Médio no Brasil: A reforma que precisa ser implementada...	11
2.2 Justificativa.....	13
2.3 Objetivos da Proposta.....	14
2.4 Metodologia Aplicada.....	14
3. Bases Teóricas e Revisão Bibliográfica.....	15
3.1 Bases Teóricas.....	15
3.1.1 Uma teoria sobre a sócio-gênese: Construtivismo social de Vygotsky.....	15
3.1.1.2 As Funções Mentais.....	16
3.1.1.3 Habilidades psicológicas.....	17
3.1.1.4 A zona de desenvolvimento proximal.....	17
3.1.1.5 Ferramentas Psicológicas.....	18
3.1.1.6 A mediação.....	18
3.1.2 Uma aprendizagem significativa.....	20
3.2 Consulta de Temas Relacionados.....	24
4. Local de aplicação da proposta.....	27
4.1 A proposta de Trabalho.....	28
4.1.1 Etapa 1 – Introdução à Astronomia	29
4.1.2 Etapa 2 - Experimentos envolvendo radiação eletromagnética: Aplicação e discussão.....	36
4.1.3 Etapa 3 – Pesquisa sobre aplicações da radiação eletromagnética.....	37

4.1.4 Etapa 4 – Simulação computacional sobre dualidade onda-partícula.	38
4.1.5 Etapa 5 – Comportamento corpuscular e seu efeito nas estrelas.....	39
4.1.6 Etapa 6 – Construção de um radiômetro.....	39
4.1.7 Etapa 7 – Fundamentos da espectroscopia e modelo atômico de Bohr.....	40
4.1.8 Etapa 8 – Atividade de espectroscopia e Lei de Wien.....	42
4.1.9 Etapa 9 – Simulação de algumas curvas de Planck.....	44
4.1.10 Etapa 10 – Determinação da velocidade da luz com tabletes de manteiga.....	45
4.1.11 Etapa 11 – Determinação da constante solar.....	46
4.1.12 Etapa 12 – Efeito Doppler e a Lei de Hubble.....	46
4.1.13 Etapa 13 – Avaliação do conteúdo.....	47
4.1.14 Etapa 14 – Espectroscopia manual do Sol.....	48
4.1.15 Etapa 15 – Classificação morfológica de galáxias.....	48
4.1.16 Etapa 16 – Vídeo sobre as radiações eletromagnéticas.....	49
4.2 .1 Avaliação.....	50
4.2.2 Avaliação da Aprendizagem durante o processo.....	51
4.2.3 Análise individual.....	53
5. Depoimentos dos alunos.....	55
6. Conclusões.....	61
Referências.....	65
Apêndices	
Apêndice A – Atividade 1 – Produzindo Ondas Eletromagnéticas.....	68
Apêndice B – Atividade 2 – Investigando Algumas Ondas Eletromagnéticas.....	79
Apêndice C – Atividade 3 – Simulação da dualidade onda-partícula.....	70
Apêndice D – Atividade 4 – Análise Espectral.....	71
Apêndice E – Atividade 5 – Determinando a velocidade da luz.....	74
Apêndice F – Atividade 6 – Classificação Morfológica de Galáxias.....	75
Apêndice G - Atividade 7 – Determinação da Constante Solar.....	77

Apêndice H – Atividade 8 – Expansão do Universo.....	80
Apêndice I – Atividade 9 -Atividade sobre corpo negro.....	82
Apêndice J – Texto sobre radiação Eletromagnética.....	83
Apêndice L – Questionário Opinativo.....	86
Apêndice M – Pré-teste e Pós-teste.....	87
Apêndice N – Espectroscópio de PVC.....	89
Apêndice O – Texto sobre a potência do Sol.....	93
Apêndice P – cd-rom.....	102
Anexos	
Autorização para publicação de entrevistas com os alunos.....	104

## 1. Introdução

Nas últimas décadas a tecnologia avança a passos largos e as práticas pedagógicas não conseguem seguir no mesmo ritmo, pois os processos cognitivos do cérebro humano são processos que estão relacionados à própria evolução biológica desta maravilhosa máquina computacional, diferentemente dos processos computacionais que ocorrem nas máquinas eletrônicas, aliás, frutos deste cérebro humano.

A sala de aula não conseguiu em termos de atratividade ao aluno, uma interação que promova a aprendizagem de forma mais dinâmica, em que esse aluno abandone a passividade em sala de aula e torne-se mais crítico em relação ao seu meio, tornando-o mais capaz de enfrentar os desafios da vida moderna. Os professores, em muitos casos, ainda não se familiarizaram com as novas tecnologias e continuam a fazer do giz e do quadro negro os únicos recursos pedagógicos. Isso, no ensino de Física, torna-se muito mais agravante, pois essa disciplina sempre teve uma desmotivação maior no Ensino Médio, tanto pela matematização da Física, quanto pela não inserção da disciplina no mundo do educando. Infelizmente se insiste em ensinar a Física Clássica apenas, deixando de lado tópicos da Física Moderna, que estão muito mais próximos ao cotidiano dos alunos, acostumados com computadores, aparelhos de televisão de plasma, celulares com câmaras digitais, etc.

Acreditamos que com um pouco de imaginação em sala de aula, e tratando a Física sob uma abordagem que atraia o aluno, com assuntos relacionados ao cotidiano, poderemos de certa forma reverter esse quadro de desânimo nas salas de aula. Desse modo, entendemos que a utilização de assuntos, como por exemplo, a Astronomia, pode gerar no aluno uma motivação que o leve a aprender sem sofrer os famosos traumas da disciplina de Física: *ficar horas memorizando fórmulas para calcular coisas de que não se tem a menor idéia do que realmente são.*

O papel do professor em sala de aula vai muito além de apenas transferir conhecimentos, passa pelo papel de orientador emocional e de valores e, principalmente o de motivador para a vida em sociedade, com quem o aluno deverá adquirir a consciência de que o seu sucesso profissional gerará resultados para o seu meio social. E para isso acontecer os processos educacionais deverão ser processos que se aproximem da realidade desse aluno e não se tornem um mundo paralelo, que tenha como único papel fadigá-lo para o aprender a não-aprender.

## **2. A Proposta**

### **2.1 O Ensino Médio no Brasil: A reforma que precisa ser implementada**

"A educação pode ser definida como uma metodologia: a aprendizagem do aprender."  
(Pierre Furter)

A prática docente do professor de Física no Ensino Médio no Brasil não é uma tarefa fácil, pois envolve questões sócio-econômicas, a maioria delas além da sua capacidade de atuação. Soma-se a isso, uma atuação profissional prejudicada por uma carga horária reduzida, disponível à disciplina de Física, uma infra - estrutura das escolas muitas vezes aquém do mínimo esperado, a fim de se desenvolver um trabalho de qualidade. Dentro deste quadro de desalento profissional e emocional, a proposta da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB) [1], de reforma do Ensino Médio está prejudicada, pois não encontra uma classe de trabalhadores em Educação motivada para a sua implementação.

A LDB 9394/96 [1] propõe através de ações pedagógicas uma reforma de valores e práticas centrando a formação de indivíduos como atores sociais conscientes. Essas ações devem ter por objetivo desenvolver competências com as quais o indivíduo possa assimilar informações e saber utilizá-las em diversos contextos de sua vida. Os conhecimentos adquiridos pelo indivíduo, no Ensino Médio, deverão consolidar e aprofundar os conhecimentos que trouxe consigo do Ensino Fundamental, garantido uma preparação para o mercado de trabalho e para a cidadania, permitindo a ele a contínua aprendizagem dos processos tecnológicos e científicos dos processos produtivos. A partir daí, fez-se necessário a construção integrada de uma matriz curricular por competências, tendo por princípios pedagógicos a flexibilidade, a interdisciplinaridade e a contextualização.

Para dar sustentação a este novo projeto de educação para o Ensino Médio no Brasil, foram criadas as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (DCNEM), onde estão expressas a filosofia e práticas pedagógicas gerais da LDB.

Os Parâmetros Curriculares Nacionais em Ação (PCNs) [2], programa da Secretaria de Educação Fundamental do MEC, foram implementados em 1997 a fim de dar conta da nova formação de alunos que se faz necessária, orientando cada disciplina dentro de sua respectiva área de atuação, adaptada ao presente momento histórico.

Essa reformulação do ensino brasileiro procura romper com a prática de uma educação pautada pelo “conteudismo”, pela fragmentação dos conhecimentos e a dissociação do contexto social do aluno. A escola agora deve ser a fonte para o indivíduo aprender a desenvolver a sua cidadania, preocupando-se com a sua comunidade, formando um espírito crítico perante o seu meio social, estimulando-o a pertencer de modo ativo na construção de

uma sociedade evoluída, frente às necessidades humanas. Conforme Perrenaud [3], *“a escola básica não deve ser uma preparação para estudos longos. Deve-se enxergá-la como uma preparação de todos para a vida. Formulando-se mais explicitamente os objetivos da formação em termos de competências lutamos abertamente contra a tentação da Escola de ensinar por ensinar, de marginalizar as referências às situações da vida e não reservar tempo para treinar a mobilização dos saberes para situações complexas”*.

Há a necessidade de se criar um novo currículo escolar focado na aprendizagem e no aluno, dando um novo significado aos conteúdos, formando uma rede integradora do conhecimento, dando a oportunidade à construção do aprender a aprender. O aluno deverá ter condições de transferir o conhecimento adquirido para resolver situações-problema que surgirão à sua frente em sua vida na sociedade. Ou seja, a prática pedagógica deverá ser enfocada na vida social e no mercado de trabalho. Neste conjunto de ações é essencial a ação integradora entre as disciplinas, procurando promover a efetiva inserção social do educando, tendo a preocupação de levar em conta as peculiaridades regionais em nosso país, pois *“... um currículo construtivo é aquele que emerge através da ação e interação dos participantes; ele não é estabelecido antecipadamente (a não ser em termos amplos e gerais)”* (Doll)[4].

A base nacional comum, foi dividida em três áreas de atuação, sendo que a disciplina de Física está inserida na área denominada Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias, que tem por finalidade possibilitar ao aluno uma compreensão, através dos conhecimentos adquiridos, do mundo em que vive. Conforme os PCNs, o aluno deverá ser capaz de *“...compreender e utilizar a ciência como elemento de interpretação e intervenção, e a tecnologia como conhecimento sistemático de sentido prático...”*. Ou seja, o aluno deve ser capaz de contextualizar os conteúdos adquiridos, mostrando uma relação de reciprocidade entre o aluno e objeto de conhecimento, provocando aprendizagens significativas, pois de acordo com Machado [5] *“compreender é apreender o significado” e “apreender o significado de um objeto ou acontecimento é vê-lo em suas relações com outros objetos ou acontecimentos”*.

A elaboração de um currículo baseado em um desenvolvimento de competências que capacitem o aluno para o exercício da cidadania, obriga o professor a requerer metodologias de ensino que estejam abertas às realidades de cada situação, presentes no processo ensino-aprendizagem. Além disso, os PCNs recomendam que a apropriação dos conhecimentos físicos sejam feitos de forma gradual, a fim de que o abstrato seja construído a partir de elementos próximos e vivenciais do aluno, provocando a contextualização com as situações reais vividas por ele.

A partir deste enfoque educacional, a construção de um currículo para a disciplina de Física necessita de elementos que promovam a compreensão do significado da ciência e da

tecnologia na vida humana. Para isto, este currículo deverá ter a flexibilidade que possibilite a criação de alternativas pedagógicas e ferramentas que auxiliem o professor de Física a atingir os objetivos da filosofia de educação, prevista nos PCNs.

Um dos principais instrumentos para se alcançar os objetivos de uma educação contextualizada é a motivação, pois sem motivação não existe aprendizagem. Um aluno motivado significa um aluno predisposto a aprender. A motivação ativa o seu organismo na tentativa de satisfazer as suas necessidades, dirigindo o seu comportamento para um determinado fim.

Deste modo, buscar formas para a motivação do aluno a fim de que ele possa aprender os fenômenos físicos é, atualmente, um dos grandes desafios para o professor de Física.

## **2.2 Justificativa**

A necessidade de reformar-se as práticas de ensino envolve a mudança de paradigmas, portanto, formas de pensar e atuar. O sucesso do processo de ensino-aprendizagem depende de vários fatores, como: um currículo factível de ser executada em sala de aula, a formação continuada dos professores, uma abordagem dos conteúdos que estimule a aprendizagem e, principalmente, uma estrutura constituída de bons materiais pedagógicos. Nesse sentido, a criação de materiais que possam ser utilizados pelos professores de Física, terão um papel fundamental na implementação da reforma do ensino de Física, como propõe a LDB.

Devido às frágeis condições econômicas de muitas regiões de nosso país, faz-se necessário que os materiais pedagógicos desenvolvidos tenham um custo mínimo, além de serem facilmente utilizáveis em sala de aula.

As abordagens dos conteúdos deverão ter a capacidade de motivar o aluno a querer aprender. Assim, a utilização de situações-problema ou da introdução focada em experiências anteriores, facilitará a assimilação de novos conceitos.

## 2.3 Objetivos da Proposta

Discutir e relacionar temas da Física Moderna, através de um dos ramos da Física que mais atraem as pessoas, a Astronomia, uma vez que ela apresenta um poder especial de atração ao aluno de Ensino Médio, pois conforme Kepler Souza [6] “ ..o estudo da Astronomia tem fascinado as pessoas desde os tempos mais remotos . A razão para isso se torna evidente para qualquer um que contemple o céu em uma noite limpa e escura..... e a curiosidade para saber o que há além do que podemos enxergar é inevitável”.

A Astronomia utiliza o conhecimento humano adquirido sobre a radiação eletromagnética emitida pelos corpos celestes e observado por nós, trazendo as mais variadas informações para poder desvendar o que acontece nos limites mais remotos de nosso Universo. Podemos a partir daí, explorar o poder de sedução da Astronomia com a sua capacidade de se conhecer este Universo e assim, transmitir ao aluno noções básicas da Física envolvida nesse processo.

Através desta proposta de trabalho, elaboramos roteiros de atividades que privilegiem uma intensa participação do aluno e professor no processo de ensino-aprendizagem de forma a aumentar a eficiência pedagógica.

Nesta proposta são apresentados textos, atividades práticas e a utilização de *softwares* livres, além de aplicativos disponíveis na Internet (*applets*), criando condições para desenvolver as habilidades e competências necessárias para o professor de Física no Ensino Médio, capacitando-o a desenvolver os conteúdos de Física Moderna sob uma ótica mais atrativa, do ponto de vista do aluno, através de um eixo motivador: a Astronomia.

## 2.4 Metodologia Aplicada

Esta proposta de trabalho teve como início uma apresentação, através de um projetor de multimídia, de imagens ligadas a fenômenos astronômicos, além de uma discussão sobre temas relacionados. Nessa é apresentada uma idéia dos processos de observação dos corpos celestes. Assim, o aluno começa a ser apresentado aos conceitos ligados à radiação eletromagnética, tais como: espectro eletromagnético, radiação de corpo negro, Lei de Planck, Lei de Wien, dualidade onda-partícula, etc. Esta apresentação teve como papel fundamental a motivação da aprendizagem, mostrando as potencialidades do conhecimento científico a partir da assimilação de eventos da Natureza, como a radiação eletromagnética.

A partir daí, os alunos foram levados a realizar uma série de atividades que incluem: pesquisa bibliográfica e na Internet, entrevistas, experiências em laboratório, utilização de softwares livres e laboratórios virtuais disponíveis na Internet.

Tais atividades foram desenvolvidas no Instituto Estadual de Educação de Sapiranga, com uma turma do 3ª série do Ensino Médio, que dispunha de 3 períodos semanais de Física.

Foram feitas entrevistas individuais com os alunos, além de testes comparativos, onde foi possível colher dados e impressões sobre a qualidade das informações assimiladas por eles durante o processo.

Com o objetivo de possibilitar esta proposta de trabalho a outros professores foi elaborado um cd contendo um hipertexto de apoio, além de simulações desenvolvidas para a utilização em sala de aula e também subsídios para a utilização deste material.

### **3. Bases Teóricas e Revisão Bibliográfica**

#### **3.1 Bases Teóricas**

##### **3.1.1 Uma teoria sobre a sócio-gênese: Construtivismo social de Vygotsky**

A diferença básica entre as três grandes correntes de pensamento sobre as teorias de aprendizagem (condutivismo, cognitivismo e o construtivismo) está na forma em que se concebe a educação. Para o condutivismo, o conhecimento consiste fundamentalmente em uma resposta passiva e automática do conhecimento a fatores ou estímulos externos que se encontram no ambiente. O cognitivismo considera o conhecimento basicamente como representações simbólicas na mente dos indivíduos. O construtivismo concebe o conhecimento como algo que se constrói, algo que cada indivíduo elabora através de um processo de aprendizagem.

Para o construtivismo, o conhecimento não é algo fixo e objetivo, sem ser algo que se constrói, mas uma elaboração individual relativa e transformadora. O construtivismo também se considera uma teoria cognitiva, pois postula a existência de processos mentais internos, ao contrário dos condutivistas.

Lev Semionovich Vygotsky (1896-1934) é considerado o precursor do construtivismo social. A partir dele, tem-se desenvolvido diversas concepções sociais sobre a aprendizagem. Algumas delas ampliam ou modificam alguns de seus postulados, mas a essência do enfoque construtivista de Vygotsky permanece. O enfoque fundamental de Vygotsky [7] consiste em considerar o indivíduo como resultado do processo histórico e

social, onde a linguagem desempenha um papel essencial. Para ele, o conhecimento é um processo de interação entre o sujeito e o meio social e cultural.

Há cinco conceitos fundamentais para Vygotsky [8]:

- as funções mentais;
- as ferramentas mentais;
- as habilidades psicológicas;
- a zona de desenvolvimento proximal (ZDP)
- a mediação

### **3.1.1.2 As Funções Mentais**

Para Vygotsky [7] existem dois tipos de funções mentais: as funções inferiores e as funções superiores.

As funções mentais inferiores são aquelas com as quais nascemos, são as funções naturais e estão determinadas geneticamente. O comportamento derivado das funções mentais inferiores é limitado, está condicionado pelo que podemos fazer.

As funções mentais inferiores limitam o nosso comportamento a uma reação ou resposta ao ambiente. A conduta é basicamente impulsiva.

As funções mentais superiores adquirem-se e desenvolvem-se através da interação social, uma vez que o indivíduo se encontra em uma sociedade específica, com a sua cultura concreta. As funções mentais superiores estão determinadas pela forma de ser dessa sociedade. Essas funções são mediadas culturalmente. O comportamento derivado das funções mentais superiores está aberto a maiores possibilidades e, portanto, o conhecimento é resultado dessa interação social; pois na interação com os demais adquirimos consciência de nós mesmos, aprendemos o uso dos símbolos que, por sua vez, nos permitem pensar em formas cada vez mais complexas. Para Vygostky [7], quanto maior interação social, maior o conhecimento, mais possibilidades de atuar e, melhores serão as funções mentais.

Assim, o ser humano é antes de tudo um ser cultural e isto é que estabelece a diferença entre o ser humano e os outros seres vivos. A distinção fundamental entre as funções mentais inferiores e superiores é que o indivíduo não se relaciona apenas de forma direta com o seu ambiente, mas através da interação com os demais indivíduos.

### **3.1.1.3 Habilidades psicológicas.**

Vygotsky [8] propõe que as funções mentais superiores se desenvolvem em dois momentos. Num primeiro momento, as habilidades psicológicas ou funções mentais superiores se manifestam no âmbito social, num segundo momento, no âmbito individual. A atenção, a memória, a formulação de conceitos são primeiro um fenômeno social e depois, progressivamente, transformam-se em uma propriedade do indivíduo.

### **3.1.1.4 A zona de desenvolvimento proximal**

A possibilidade ou potencial que os indivíduos têm para desenvolver as habilidades psicológicas, num primeiro momento, depende dos demais indivíduos. Este potencial de desenvolvimento mediante a interação com os demais foi chamado, por Vygotsky, de *zona de desenvolvimento proximal (ZDP)*.

Tal zona de desenvolvimento proximal é a possibilidade dos indivíduos aprenderem em uma ambiente social, na interação com os demais indivíduos.

Nosso conhecimento e a experiência com os demais é o que possibilita a aprendizagem; e assim, quanto mais ricas e freqüentes são as interações com os demais, mais rico e amplo será o nosso conhecimento. A zona de desenvolvimento proximal está determinada socialmente, pois aprendemos com a ajuda dos outros, aprendemos no âmbito da interação social e esta interação social como possibilidade de aprendizagem é a zona de desenvolvimento proximal.

As pessoas que interagem com o estudante são as que, em certo sentido, são responsáveis pelo que este indivíduo aprende. Nesta etapa, podemos dizer que o indivíduo está em sua zona de desenvolvimento proximal e, gradualmente, assumirá a responsabilidade de construir o seu próprio conhecimento e guiar seu próprio comportamento.

Tais zonas de desenvolvimento proximal são estágios mentais que o indivíduo potencializa através das suas capacidades cognitivas reais em conjunto com as capacidades potenciais, estas relativas às capacidades que o indivíduo tem graças a orientação de outros. Poderíamos dizer que as zonas de desenvolvimento proximal são as capacidades cognitivas ocultas que podem ser trabalhadas para chegar-se a estágios mais desenvolvidos intelectualmente. Vygotsky [8] afirma que *“aquilo que é a zona de desenvolvimento proximal hoje, será o nível de desenvolvimento real amanhã - ou seja, aquilo que uma criança pode fazer com assistência hoje, ela será capaz de fazer sozinha amanhã”*.

### **3.1.1.5 Ferramentas Psicológicas**

A relação entre o indivíduo e o objeto ocorre de forma mediada e não de forma direta. Assim, o indivíduo não tem acesso direto aos objetos de estudo, mas um acesso mediado. Essa mediação ocorre através de símbolos ou signos e de instrumentos. Um instrumento é algo que pode ser usado para fazer uma coisa; um signo é algo que significa alguma outra coisa (Moreira) [9]. Tais símbolos ou instrumentos são as ferramentas psicológicas.

As ferramentas psicológicas são a ponte entre as funções mentais inferiores e as funções mentais superiores e, dentro destas, a ponte entre as habilidades inter-psicológicas (sociais) e as intra-psicológicas (pessoais). As ferramentas psicológicas mediam nossos pensamentos, sentimentos e condutas. Nossa capacidade de pensar, sentir e atuar depende das ferramentas psicológicas que usamos para desenvolver essas funções mentais superiores.

A ferramenta psicológica mais importante é a linguagem. Inicialmente, usamos a linguagem como meio de comunicação entre os indivíduos nas interações sociais. Progressivamente, a linguagem se converte em uma habilidade e numa ferramenta com a qual pensamos e controlamos nosso próprio comportamento.

A linguagem é a forma primária de interação com os indivíduos e, portanto, a ferramenta psicológica com a qual o indivíduo se apropria da riqueza do conhecimento, e desta perspectiva, a aprendizagem é o processo pelo qual as pessoas se apropriam do conteúdo, e ao mesmo tempo, das ferramentas de pensamento.

Assim, as demais ferramentas sejam símbolos ou instrumentos também possibilitam a consciência do que se é, de afirmar ou negar, de atuar com vontade própria.

### **3.1.1.6 A mediação**

Ao nascermos, temos somente as funções mentais inferiores, as funções mentais superiores ainda não estão desenvolvidas. Através da interação com os outros, vamos aprendendo e, ao ir aprendendo, vamos desenvolvendo nossas funções mentais superiores, algo completamente diferente do que recebemos por herança genética. Tudo o que aprendemos depende das ferramentas psicológicas que possuímos, as ferramentas psicológicas dependem da cultura em que vivemos. Assim, nossos pensamentos, nossas experiências, nossas intenções e nossas ações estão culturalmente mediadas.

A cultura proporciona as orientações que estruturam o comportamento dos indivíduos, os seres humanos percebem aquilo que é aceitável ou não dependendo da sociedade em que vivem, depende da cultura a que pertencem. Na teoria de Vygotsky [7], o eixo central de sua teoria é o eixo da mediação.

O ser humano não tem acesso direto aos objetos, o acesso é mediado através das ferramentas psicológicas de que dispõe, o conhecimento se adquire, se constrói, através da interação com os outros, mediada pela cultura, desenvolvida historicamente e socialmente.

Para Vygotsky [7], a cultura é o fator primordial do desenvolvimento individual. Os seres humanos são os únicos que criam a cultura e é nela onde nos desenvolvemos, e através da cultura, os indivíduos adquirem o conteúdo do seu pensamento, o conhecimento. Logo, a cultura é que proporciona os meios para adquirir o conhecimento.

O professor tem o papel explícito de interferir na zona de desenvolvimento proximal dos alunos provocando avanços que não ocorreriam espontaneamente. “O único bom ensino, afirma Vygotsky, é aquele que se adianta ao desenvolvimento” (Oliveira, 1997) [10]. O professor tem o papel de favorecer a organização do conhecimento de forma hierárquica, onde o indivíduo possa conceber conceitos cada vez mais genéricos e científicos. O ensino corretamente organizado desperta o desenvolvimento do educando.

O professor como mediador deve ter como premissas de seu trabalho características que potencializem uma aprendizagem através da colaboração. Tais características devem estar pautadas em idéias básicas como: o educando deve obter o êxito acadêmico. Não a idéia do fracasso, como acontece hoje na maioria das escolas do Brasil. Cabe ao professor mostrar que o educando tem todas as condições para atingir as metas educacionais, motivando-o ao aprimoramento de suas habilidades. A aprendizagem é um processo dinâmico, onde se cometem erros e se buscam soluções, portanto as falhas são inerentes a esse processo de aprendizagem.

O professor deve ser participante ativo na aprendizagem, deve investigar como o educando pesquisa, como ele é levado ao trabalho da pesquisa. Como mediador, o professor cria as condições para o educando buscar o conhecimento e construir o seu desenvolvimento.

O professor como avaliador do desenvolvimento deve ter a capacidade de conhecer as diferentes formas de desenvolvimento humano e trabalhar com estas diferentes formas de desenvolvimento. O professor é o parceiro mais competente que analisa o desenvolvimento real do educando e estabelece uma previsão do seu desenvolvimento potencial. Deve ter a consciência de que a *capacidade de ensinar pode ser diferente da capacidade de aprender e que todos somos seres com capacidade de aprender em ritmos próprios*.

O professor é um facilitador, pois pode utilizar diferentes meios culturais para facilitar o currículo. Ele deve propor atividades que atuem sobre a zona de desenvolvimento proximal, promovendo que o seu nível de desenvolvimento potencial passe para um novo nível de desenvolvimento real. Isso pode ser feito através de atividades instigantes, cuja capacidade possa imergir o educando numa gama de habilidades, muitas vezes superior às pretensões das atividades propostas.

A inserção do estudo da radiação eletromagnética através de assuntos ligados à Astronomia, tem como papel inicial, provocar o interesse do educando. As atividades de pesquisa, sejam bibliográficas ou eletrônicas, promovem o espírito da pesquisa, onde o aluno aprende que é capaz de elaborar conclusões que estejam de acordo com os conceitos aceitos pela comunidade científica. As simulações em computador e atividades de laboratório proporcionam um engrandecimento das capacidades do aluno à medida que auxiliam o aluno na interpretação dos símbolos alcançados pelo professor.

### **3.1.2 Uma aprendizagem significativa**

O ser humano se desenvolve devido a sua capacidade de articular ações entre o seu conhecimento prévio e as novas informações que pretende absorver. Esse processo de assimilação das novas informações é um processo idiossincrático, uma vez que é um processo único para cada indivíduo. Tal processo se dá ao longo do tempo da vida desse indivíduo, através de uma sucessão de acontecimentos, esses carregados de informações novas. A capacidade de assimilação dessas informações e a elaboração de novos conhecimentos são ancoradas pela estrutura cognitiva do indivíduo.

David Ausubel, através de sua Teoria da Aprendizagem Significativa [11], propôs uma nova forma de tratar a capacidade humana em construir o conhecimento. Neste trabalho o autor mostra que existe uma diferença importante nos tipos de aprendizagem: a aprendizagem significativa e a aprendizagem mecânica.

A aprendizagem significativa está relacionada com o próprio conteúdo da estruturação lógica do pensamento do indivíduo, bem como àquilo que tem potencial para ser aprendido de modo significativo. A primeira idéia trata da existência ou não de uma estrutura lógica do conteúdo a ser aprendido, se é organizado e, portanto, lógico. A segunda idéia, se refere ao alcance da compreensão que o indivíduo pode ter a partir de seu desenvolvimento psicológico e das suas experiências anteriores, ou também conhecidas como conhecimentos prévios.

Moreira [12] afirma que Ausubel propõe que a aprendizagem do indivíduo depende de sua estrutura cognitiva prévia, a qual se relaciona com a nova informação. Tal estrutura cognitiva representa todos os conceitos e idéias que este indivíduo traz, como consequência de suas experiências prévias. No processo de aprendizagem o aluno já traz uma idéia na qual irá ancorar a nova informação que deverá aprender e este processo terá sucesso se o aluno já tiver uma estrutura de conceitos, idéias, proposições que sejam possíveis de ancorar a nova informação.

Irá ocorrer a aprendizagem significativa quando a nova informação conseguir se conectar-se com um conceito relevante preexistente na estrutura cognitiva do indivíduo, chamado de subsunçor por Ausubel, isto significa que haverá a aprendizagem quando a mente do educando consegue utilizar os conhecimentos prévios como alavancas para um novo conhecimento, muito mais abrangente que os anteriores.

A aprendizagem significativa será portanto, aquela que produzir uma interação entre os conhecimentos prévios mais relevantes da estrutura cognitiva do indivíduo com as novas informações de modo que estas adquirirão um significado e serão integradas a estrutura cognitiva de maneira não arbitrária, favorecendo a diferenciação, evolução e a estabilidade dos subsunçores pré-existentes e conseqüentemente de toda a estrutura cognitiva desse indivíduo.

Conforme Moreira e Masini [11], a aprendizagem significativa pode ser alcançada se o educador utilizar um *organizador prévio*, ou seja, um material didático introdutório que faça a ponte entre o conhecimento prévio do seu aluno e o objeto a ser aprendido. Entretanto, este organizador prévio não deve ser uma síntese do que vai ser apresentado ao aluno, ele deve ter um grau de abstração e ou generalidade para facilitar a ancoragem da nova idéia com os subsunçores, atuando como uma ponte com a estrutura hierárquica de conhecimentos.

A aprendizagem mecânica, ao contrário da aprendizagem significativa, ocorre quando não existem os subsunçores adequados, de tal forma que as novas idéias ou informações são armazenadas de forma arbitrária, sem interagir com os conhecimentos prévios do indivíduo. Podemos tomar como exemplo, o caso de um aluno que simplesmente decora equações de física, em que estas informações são incorporadas à sua estrutura cognitiva de maneira apenas literal, uma vez que não passam de puras associações arbitrárias, sem uma hierarquia, carecendo de conhecimentos prévios relevantes e necessários que o alavanquem a uma aprendizagem potencialmente significativa. A aprendizagem mecânica pode ter um papel especial, quando o indivíduo carece de conhecimentos prévios que possam ancorar as novas informações. Mas, mesmo assim, Ausubel [13] reforça que somente a aprendizagem significativa permanece na memória do indivíduo, enquanto que aquilo que foi aprendido de forma mecânica, facilmente se perde.

A aprendizagem significativa pode ser diferenciada em três categorias: a aprendizagem representacional, a aprendizagem de conceitos e a aprendizagem proposicional.

A aprendizagem representacional está relacionada à aprendizagem de símbolos e das palavras como representação simbólica. A aprendizagem de conceitos permite ao indivíduo reconhecer as características ou atributos de um determinado conceito. A aprendizagem proposicional implica em aprender o significado que está por de trás dos significados das palavras e dos conceitos que compõem as preposições. Essas três categorias de aprendizagem

estão relacionadas de forma hierárquica, como se pode deduzir dos seus diferentes graus de complexidades: primeiro é necessário possuir um conhecimento representativo, ou seja, saber o que significam determinados símbolos ou palavras para poder formar a compreensão de um conceito que é, por sua vez, requisito prévio para a tarefa da aprendizagem proposicional, na qual se geram novos significados através das relações entre conceitos, símbolos e palavras.

Desse modo, a utilização da astronomia como instrumento na introdução das radiações eletromagnéticas está de acordo com Ausubel, no que diz respeito a utilização de um organizador prévio, que fará a ponte entre o conhecimento prévio dos alunos e as novas informações que se deseja ensinar, no caso, as radiações eletromagnéticas.

A utilização de imagens e simulações tem também a função de tornar o objeto de estudo significativo ao aluno, de modo que ele se sinta motivado à aprendizagem, pois conforme Ausubel [13], o objeto de estudo torna-se potencialmente significativo se houver: um aluno disposto a aprender, um material didático capaz de prender a atenção de seu aluno e um professor que mostre satisfação em ensinar.

A interação entre o novo material a ser aprendido e a estrutura cognitiva existente origina uma organização dos novos e dos antigos significados para formar uma estrutura cognitiva diferenciada. A esta relação, Ausubel chamou de Teoria da Assimilação, onde esta interação da nova informação com as idéias pertinentes que existem na estrutura cognitiva propicia a sua assimilação.

A assimilação é o processo mediante o qual a nova informação é vinculada com aspectos relevantes e pré-existentes na estrutura cognitiva, processo em que se modifica a informação recém adquirida e a estrutura pré-existente. A esse aspecto Ausubel [13] ressalta: “Este processo de interação modifica tanto o significado da nova informação como o significado do conceito ou proposição em qual está ancorada.”

Se durante a assimilação as idéias já estabelecidas na estrutura cognitiva são reconhecidas e relacionadas no curso de uma nova aprendizagem, possibilitando uma nova organização e a atribuição de um novo significado, podemos denominá-lo, segundo Ausubel [13], reconciliação integradora. *Tal processo está presente durante as aprendizagens superordenadas e combinatórias, pois dependem de uma recombinação dos elementos existentes na estrutura cognitiva* (Moreira) [12].

A aprendizagem é subordinada quando a informação nova é assimilada ao *subsunçor* passando a alterá-lo.

A aprendizagem superordenada ocorre quando uma nova proposição se relaciona com idéias subordinadas específicas já estabelecidas e conforme Ausubel [13], dá-se quando o aluno é exposto ao objeto de estudo e através da reelaboração dos seus conceitos, consegue sintetizar as idéias que o compõe.

A relação entre as aprendizagens superordenadas e subordinadas não ocorre em apenas um sentido, mas também pode ocorrer o inverso, aprimorando os conceitos anteriores, numa dinâmica constante da evolução da estrutura cognitiva do indivíduo. Como por exemplo, a situação em que o aluno aprende conceitos simples de Física (ex: massa, força, etc) e chega a um conceito mais elaborado como a segunda lei de Newton e, em seguida ocorre a reelaboração dos conceitos mais simples, a partir do conceito mais amplo.

A aprendizagem combinatória é aquela onde a nova informação não se relaciona de maneira subordinada, nem superordenada com a estrutura cognitiva prévia, sem se relacionar de maneira geral com aspectos relevantes da estrutura cognitiva. É como se a nova informação fosse potencialmente significativa com toda estrutura cognitiva. Ou seja, quando a informação nova não é suficientemente ampla para absorver os *subsunçores*, mas em contrapartida é muito abrangente para ser absorvida por estes. Neste tipo de aprendizagem, as proposições são provavelmente menos relacionáveis e menos capazes de conectarem-se aos conhecimentos existentes, e portanto, mais difícil para se aprender e reter que as proposições subordinadas e superordenadas. Isto é, consequência direta da disponibilidade de subsunçores relevantes e específicos para a aprendizagem significativa. Relações como massa e energia são elaboradas e diferenciadas em funções de aprendizagem derivadas e correlatas, onde há análise, diferenciação, generalização, etc.

A diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa são processos que se apresentam durante a aprendizagem significativa. A estrutura cognitiva caracteriza-se por apresentar uma organização dinâmica dos conteúdos aprendidos. Segundo Ausubel [13], esta organização para uma determinada área do saber na mente do indivíduo tende a ter uma estrutura hierárquica, onde as idéias mais inclusivas situam-se na parte superior desta estrutura e progressivamente induzem proposições, conceitos e dados menos inclusivos e menos diferenciados. Moreira [9] afirma que durante a aprendizagem significativa a diferenciação progressiva, está mais ligada à aprendizagem subordinada, enquanto que a reconciliação integrativa está relacionada às aprendizagens superordenada e combinatória.

Toda a aprendizagem produzida pela reconciliação integrativa também dará uma maior diferenciação dos conceitos e proposições já existentes, pois a reconciliação integrativa é uma forma de diferenciação progressiva durante o processo da aprendizagem significativa.

Os conceitos de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa podem ser aproveitados no trabalho de se educar, uma vez que a diferenciação progressiva pode auto-induzir o indivíduo a provocar-se, apresentando desde o início do processo educativo, as idéias mais gerais e inclusivas que serão ensinadas, assim é possível afirmar-se que é mais fácil para o educando captar elementos diferenciados de uma totalidade inclusiva previamente aprendida, que chegar a essa totalidade a partir de seus componentes diferenciados, pois a

organização mental do conhecimento de uma certa disciplina no educando é uma estrutura hierárquica.

A diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa são processos extremamente relacionados que ocorrem à medida que a aprendizagem significativa ocorre. Na aprendizagem subordinada ocorre uma assimilação que conduz à diferenciação progressiva de um conceito ou preposição subsunçora, enquanto que no processo de aprendizagem superordenado e no combinatório à medida que as novas informações são adquiridas, os elementos já existentes na estrutura cognitiva podem ser negociados, relacionados e como consequência ser organizados numa nova estrutura hierárquica, mais abrangente e sólida.. Nisto consiste a reconciliação integradora

### **3.2 CONSULTA DE TEMAS RELACIONADOS**

Na sua grande maioria, os livros disponíveis aos alunos do Ensino Médio no Brasil tratam as radiações eletromagnéticas dentro do capítulo referente a ondas. Fazem, portanto, uma análise dessas radiações sob uma ótica exclusivamente ondulatória e, muitas vezes, não fazem referência alguma aos conceitos relativos às propriedades corpusculares das radiações, quanto menos a conceitos como: corpo negro, Lei de Planck, Lei de Wien, Lei de Stefan-Boltzmann, Lei de Kirchhoff, Efeito Compton, quantização da energia das radiações eletromagnéticas, etc.

Alguns autores, como no caso de Paulo César M. Penteado [14], no livro “Física 2” da editora Moderna, introduzem a Lei de Stefan-Boltzmann e a Lei de Kirchhoff, bem como o conceito de corpo negro no capítulo referente ao estudo do calor. Essa abordagem ao nosso ver, parece-nos um tanto restritiva, pois trata do assunto dentro de apenas um tipo de radiação (calor), quando na verdade se refere a todo o espectro eletromagnético. Essa perspectiva, portanto, não enfatiza que os conceitos pertinentes às radiações sejam interpretados pelo aluno de forma mais ampla, como seria o desejado. O mesmo autor, no último capítulo do livro “Física 3” da mesma editora, faz uma abordagem das ondas eletromagnéticas, introduzindo de forma qualitativa as equações de Maxwell e também diferentes tipos de ondas eletromagnéticas como: calor, luz ultra-violeta, raios – x e raios gama. Mas toda a abordagem se dá sob a ótica ondulatória das ondas eletromagnéticas, omitindo idéias importantes da Física Moderna e Contemporânea como, por exemplo, a propriedade corpuscular das radiações. A mesma perspectiva do assunto é adotada no livro “Os Fundamentos da Física” de Francisco Ramalho Júnior *et al* [15], também não adotando os conceitos sob a ótica da Física Moderna.

Os livros mais utilizados, isso quando utilizados na rede escolar, são os chamados livros de volume único, pois o grande entrave na educação brasileira é o baixo poder aquisitivo de nosso povo, o que contribui contra a aplicação de uma educação de qualidade e que, portanto, dê aos estudantes uma base sólida para o futuro de seu desenvolvimento intelectual. Logo, dentro desse quadro o estudo das radiações eletromagnéticas, por uma perspectiva de conceitos relativos à Física Moderna, fica muito prejudicado. Um dos livros mais utilizados nas escolas, por ser um dos mais baratos, é o livro “Física Completa” de Regina Bonjourno *et al* [16] da Editora FTP. Podemos dizer que esse é o grande exemplo de que o estudo da Física no Ensino Médio carece de uma renovação estrutural nos currículos das escolas, pois a Física Moderna está excluída dos conteúdos abordados, deixando de ser atrativa aos alunos, pois nesse mundo de tecnologias avançadas a Física tratada em sala de aula é a do século XVIII e muitas vezes mal alcança o século XX.

Outro livro muito utilizado é o livro “Física”, volume único, de Djalma Nunes da Silva (Paraná) [17] da Editora Ática. De forma muito pouco detalhada, ele faz um breve comentário de que o calor irradiado é uma forma de onda eletromagnética de mesma natureza da luz e das ondas de rádio; faz ainda uma observação sobre a idéia de radiador ideal (corpo negro), dando inclusive um exemplo de corpo negro: a fuligem, também chamada de negro – de - fumo , que absorve 99% da energia radiante incidente. Mas nada trata de corpo negro. O autor não faz referência alguma às outras formas de radiações, além de não introduzir mais conceitos da Física Moderna.

O livro “Física – de olho no mercado do trabalho” de Antônio Máximo e Beatriz Alvarenga [18], da Editora Scipione, apresenta, como a maioria dos livros do Ensino Médio, o mesmo tipo de abordagem específica ao calor como uma das formas de radiação. E, ao final do livro, há um capítulo sobre conceitos gerais da Física Moderna, onde são apresentadas outras formas de radiação: luz visível, raios – X, raios gama, radiação alfa, beta, etc. Mas não há referência a outros conceitos como: Lei de Planck, efeito Compton, etc. Há apenas, como na maioria dos livros, referências às diversas frequências do espectro eletromagnético, nada mais incisivo que isso.

Diferentemente, o livro “Física” de Alberto Gaspar [19], da Editora Ática, apesar de tratar-se de um livro volume único, traz uma abordagem bem abrangente quanto aos conceitos inerentes ao estudo das radiações, dando uma boa base qualitativa ao aluno do Ensino Médio. Faz uma análise da dualidade onda – partícula, do efeito Compton, níveis de absorção e emissão de energia dos diferentes elementos químicos, Lei de Planck, radiação de corpo negro, além de dar uma boa introdução à relatividade restrita e à Mecânica Quântica.

Para nossa surpresa, o livro “Física – Série Brasil”, também de Alberto Gaspar [20], introduz o tema radiações eletromagnéticas a partir de uma foto de galáxia com o comentário:

*“Raios X coloridos em azul, emissões de rádio em rosa e verde e a radiação luminosa em laranja e amarelo mostram uma galáxia em turbulência, fenômeno extraordinário que deve ter iniciado há cerca de 100 milhões de anos. Radiações e partículas emitidas pelas galáxias chegam até nós continuamente – são os raios cósmicos”.* Há nessa abordagem, também a partir de um fenômeno astronômico, a introdução qualitativa de conceitos inerentes à Física Moderna.

Encontramos também, um artigo publicado (Apêndice O) no sítio eletrônico da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio) em que o autor Alexandre Cherman, através de um experimento para determinar a potência do Sol, introduz os principais conceitos do estudo da radiação eletromagnética, tais como: espectro eletromagnético, radiação de corpo negro, Lei de Planck, equivalência massa-energia, Lei de Wien. Este artigo foi repassado aos alunos na primeira aula da aplicação deste projeto, como forma de introduzir o tema que seria abordado durante o processo.

Em pesquisas nas publicações especializadas em ensino de Física, não encontramos artigos referentes à utilização de temas relacionados à Astronomia como elementos de motivação ao estudo da radiação eletromagnética. As pesquisas foram feitas através da consulta em periódicos da Revista Brasileira de Ensino de Física [21] e do Caderno Brasileiro de Ensino de Física [22].

Assim, analisando a bibliografia disponível aos alunos da disciplina de Física no Ensino Médio do Brasil, vemos que, em sua maioria, o tratamento aos assuntos relativos ao estudo das radiações e, principalmente, dos conceitos da Física Moderna pertinentes a esse assunto, é de maneira geral muito pobre. Não que se deseje uma Física no Ensino Médio avançada, mas sim uma Física que atraia o aluno, mostrando a realidade do seu cotidiano. Ou seja, é necessário mostrar que os benefícios, e também os problemas gerados pela tecnologia atual estão embasados em uma pesquisa que se utiliza de conceitos avançados, sendo que estes podem ser compreendidos de forma qualitativa, sem o exercício de cálculos enfadonhos que levem os alunos ao desespero e ao desânimo toda vez que o professor de Física entra na sala de aula.

Nesse sentido é que propomos a utilização da astronomia como um meio de atrair a atenção dos alunos no estudo da radiação eletromagnética.

#### **4. Local de aplicação da proposta**

Esta proposta de trabalho foi aplicada no Instituto Estadual de Educação Sapiranga, escola de Ensino Médio e Normal, localizada na cidade de Sapiranga, no Vale do Rio dos Sinos, Região Metropolitana de Porto Alegre.

A escola tem aproximadamente 2200 alunos, distribuídos em séries do Ensino Médio, Normal e Curso Técnico de Contabilidade. A proposta de trabalho, utilizando a Astronomia para inserir o estudo das radiações eletromagnéticas foi aplicada na 3ª série do Ensino Médio, turma EM 311, num total de 33 alunos.



*figura 1. Instituto Estadual de Educação Sapiranga*

A cidade de Sapiranga, localizada às margens da rodovia RS-239, a 60 km de Porto Alegre, é uma cidade com origens na imigração alemã, ocorrida no início do século XIX, e com uma economia voltada para a indústria de calçado, sendo um dos pólos exportadores de calçados do estado do Rio Grande do Sul. A cidade também é conhecida como a Cidade das Rosas e é chamada de Capital Gaúcha do Vôo-Livre, pois está situada na base do Morro Ferrabráz, uma ponta da serra do mar, com altura de 560 m e, considerada pelos adeptos desse esporte como um dos cinco melhores lugares do mundo para a prática do vôo-livre, devido as ótimas correntes térmicas ascendentes do ar, muito importantes para esse esporte. Sapiranga possui atualmente uma população aproximada de 80.000 habitantes.



*figura 2. Mapa de localização da cidade de Sapiiranga*

O Instituto Estadual de Educação Sapiiranga, dispõe de laboratório de informática com 15 computadores e acesso à Internet, biblioteca, laboratório de ciências, além de auditório

com projetor multimídia. Localizada no centro de Sapiranga, foi inaugurada em 14 de Abril de 1955 e junto com outras 5 escolas, compõe a rede de ensino público, em nível de Ensino Médio na cidade.

#### **4.1 A proposta de Trabalho**

Este trabalho foi desenvolvido durante 24 horas-aula, em 8 semanas, sendo 3 horas-aula por semana, durante o último trimestre da série.

Os alunos da 3ª série tiveram uma introdução à cosmologia (sistema solar, estrelas, universo, etc) na 2ª série do Ensino Médio, no capítulo sobre Gravitação Universal. Assim acreditamos que a astronomia pôde ser abordada sem maiores preocupações quanto ao nível de conhecimento prévio necessário para a assimilação das novas idéias pertinentes ao estudo em questão. Além disso, também na 2ª série os alunos tiveram o capítulo sobre ondas, onde tiveram esclarecidos conceitos básicos sobre ondas, como por exemplo, a diferença entre uma onda mecânica e uma onda eletromagnética, mas dentro de uma perspectiva da Física Clássica. No início da terceira série, os alunos tiveram a oportunidade de aprender os conceitos relativos à eletrostática e ao eletromagnetismo, já possuindo portanto, um conhecimento prévio de campo elétrico e campo magnético.

Foi aplicado, inicialmente, aos alunos um pré-teste para a verificação do nível de conhecimento dos mesmos quanto aos novos conceitos que iríamos inserir aos mesmos.

A utilização de novas tecnologias no ensino está, sem dúvida, plenamente justificada se levarmos em conta que um dos objetivos principais da educação é a de ser “a preparação dos jovens para serem cidadãos de uma sociedade plural, democrática e tecnologicamente avançada”. Portanto nesse sentido, utilizamos a projeção de imagens, a simulação computacional e a pesquisa eletrônica como recursos didáticos, voltados a esse papel de transformação social e inclusão tecnológica. Sem deixar de relevar a importância desses recursos quanto ao seu alcance como recurso pedagógico.

O início desse trabalho deu-se através de uma projeção de imagens e associação de idéias sobre a Astronomia e a radiação eletromagnética, introduzindo, de maneira singela, conceitos importantes da Física Moderna inerentes ao estudo da radiação eletromagnética, como por exemplo: a radiação de corpo negro, espectro eletromagnético, propriedade corpuscular das radiações eletromagnéticas, níveis de absorção e emissão de radiação dos diferentes elementos químicos, etc. Essa introdução teve como objetivo ser uma espécie de organizador prévio (Moreira) [9] onde são abordados os conceitos gerais que serão desenvolvidos durante a execução da proposta de trabalho.

### 4.1.1 Etapa 1 – Introdução à Astronomia

Na primeira semana de aula (3 períodos) foi apresentada uma projeção em PPT, através de um canhão multimídia, onde procuramos mostrar alguns tópicos de Astronomia, a fim de despertarr o interesse dos alunos pela aprendizagem.

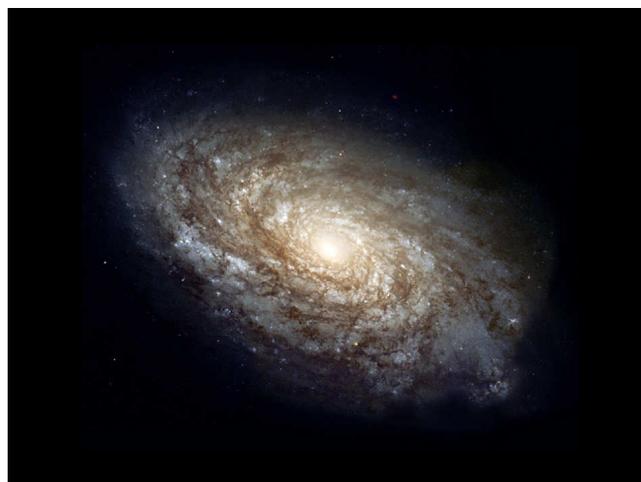
As primeiras imagens projetadas foram de corpos celestes:



*figura 3. nebulosa*



*figura 4. galáxia*



*figura 5. nebulosa*



figura 6. nebulosa



figura 7. encontro de galáxias

A seguir foi mostrado um questionamento:



figura 8. slide nº5 da apresentação aos alunos

Nesse momento buscamos introduzir no aluno a curiosidade sobre como realmente podemos saber tanto do Universo a nossa volta, se o que vemos, a princípio, são somente imagens.

Após isso, foi comentado que a Astronomia é uma das mais antigas ciências da humanidade, onde o homem começou a procurar utilizar os meios oferecidos pela natureza e usá-los em benefício da comunidade.

A seguir, a apresentação em PPT abordou as possibilidades da Astronomia Óptica. Nesse aspecto, procuramos relembrar ao aluno que as distâncias envolvidas no estudo do

Universo são enormes, e portanto, faz-se necessária a utilização de uma escala de medida de distância conveniente. E uma das escalas mais utilizadas é o ano-luz.

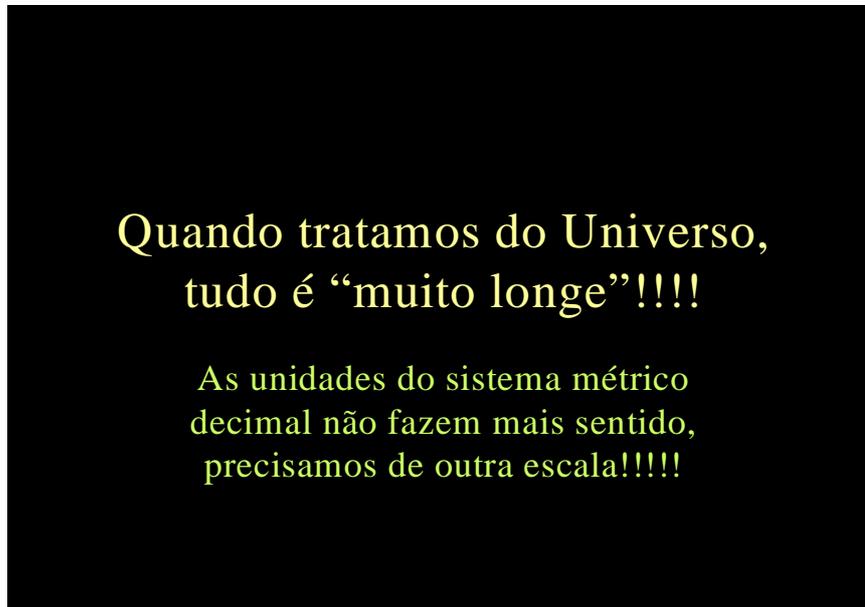


figura 9: slide nº 11 da apresentação



figura 10 slide nº 12 da apresentação

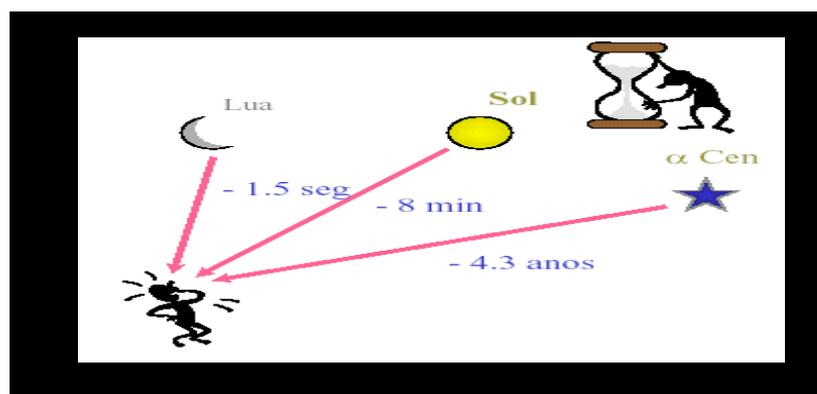


figura 11. slide nº 13 da apresentação aos alunos

Nesse aspecto, foi importante ressaltar ao aluno que a captação de imagens muito distantes de nós possibilita “enxergarmos” o passado do nosso Universo, pois as informações que aqui chegam através da radiação eletromagnética, inclusive a luz visível, são informações das suas fontes referentes ao passado e que somente agora chegam até nós. Assim, é possível especular sobre a própria formação do nosso Universo.

Essa reflexão é importante, pois amplia o poder de abrangência das idéias pré-concebidas no aluno, por exemplo, a de que um astrônomo passa o seu tempo a apenas admirar o espaço, gastando fortunas em equipamentos sofisticados, sem um retorno desejado à sociedade humana.

Nesse momento, lembramos aos alunos que, como as distâncias envolvidas são da ordem de grandeza do ano-luz, e que, portanto, as imagens provenientes da luz visível são muito tênues para corpos celestes muito distantes da Terra, foi necessário que se procurasse uma forma de complementar as informações obtidas através da Astronomia Óptica. E que a luz visível é somente parte de um espectro mais amplo das radiações eletromagnéticas.

Conforme o currículo da escola, os alunos tiveram a oportunidade de tratar da luz, no capítulo referente à Óptica. Mas, nesse capítulo, o tratamento se deve apenas a Óptica Geométrica, com uma preocupação apenas na formação das imagens, não havendo, portanto, um direcionamento à natureza física da luz. Assim, foi necessário demonstrar que a luz é parte do espectro da radiação eletromagnética, e isso se fez abordando o espectro eletromagnético.

Assim , foi desenvolvida uma maneira de se obter informações do céu, além das oferecidas pela astronomia ótica!!!



As radiações provenientes dos limites do universo são muito tênues para observarmos apenas a luz visível!!!!

figua 12. slide nº 23 da apresentação aos alunos

Mas a luz visível é apenas uma parte da radiação eletromagnética!!!

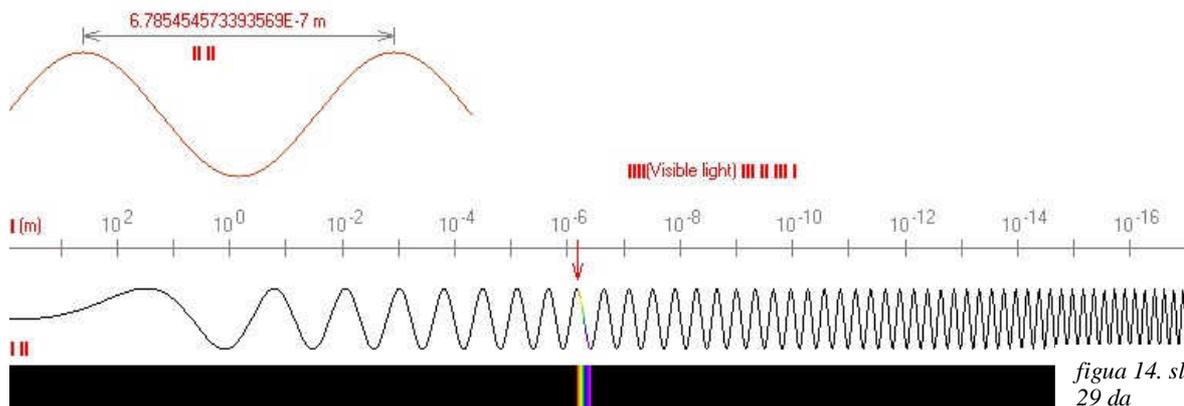


Isaac Newton

“A luz das estrelas fixas é da mesma natureza que a luz do Sol.”

Isaac Newton  
(1642 - 1727)  
Físico inglês

figua 13. slide nº 26 da apresentação aos alunos



figua 14. slide nº 29 da apresentação aos alunos

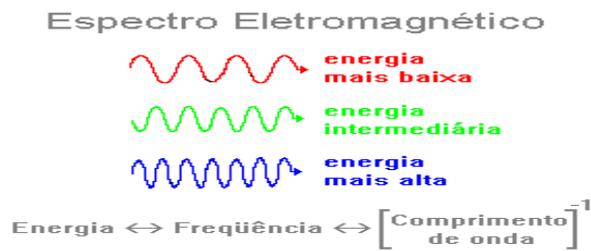


figura 15. slide 29  
apresentação aos alunos

Nesse ponto, tivemos a oportunidade de introduzir o conceito de energia discreta através da apresentação da equação de energia de Planck  $E = h \cdot f$ , mostrando a relação entre a freqüência de uma onda e a energia do fóton, tratando da imposição natural de que essa energia possa assumir apenas certos valores, ou seja, a energia é transmitida em “pacotes” (os quanta de energia). Com isso, foi possível introduzir o Modelo Atômico de Bohr, através da apresentação das linhas de emissão e absorção, além das Leis de Kirchoff. Essa abordagem coloca ao aluno a necessidade de verificar que o modelo ondulatório da luz não atende à todas as observações, pois a radiação eletromagnética absorvida ou emitida por um corpo apresenta um espectro discreto, sendo esta peculiaridade natural o fundamento da espectroscopia.



figura 16. slide nº 38 da apresentação aos alunos

A espectroscopia é um processo que consiste basicamente em decompor a luz emitida por vários gases em laboratório e comparar os resultados com a decomposição da luz estelar. Quando decompos a luz vinda de um corpo, através de um prisma, por exemplo, obtemos o espectro desse objeto, ou em que cores ele emite quando aquecido. A luz branca ou um sólido aquecido emite um espectro contínuo, ou luz branca, por apresentar todas as freqüências de luz (ou cores). Os gases, no entanto, emitem espectros específicos, como se fossem suas impressões digitais. O gás hidrogênio emite apenas certas freqüências determinadas de luz, o hélio outras, e assim por diante. Com isso podemos demonstrar que é possível determinar a composição química dos corpos celestes pela radiação emitida por estes.

Nesta apresentação em PPT também introduzimos o conceito de radiação de um corpo negro, inicialmente questionando o aluno de como é possível determinar a temperatura na superfície de uma estrela. A partir daí é possível trabalhar de forma qualitativa a Lei de Planck, a Lei de deslocamento de Wien, além da Lei de Stefan-Boltzmann. Para introduzir esse conceito havíamos realizado o experimento do Apêndice I.



figura 18. slide nº 66 da apresentação aos alunos

Desta forma, demonstramos ser possível apresentar de forma qualitativa conceitos relativos à Física Moderna, com característica de ser uma abordagem com alto poder de significação ao aluno, pois o tratamento através de uma perspectiva da Astronomia envolve o aluno, uma vez que ressalta a curiosidade deste aluno sobre aspectos relevantes a questionamentos que o mesmo traz desde que começou a contemplar o céu que o cerca.

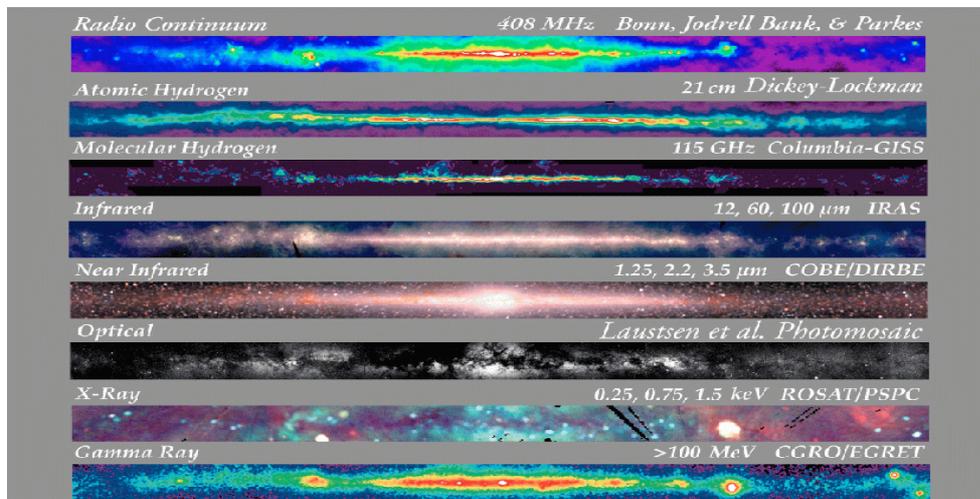


figura 19. No slide acima é apresentada uma visão geral, onde uma galáxia é analisada através das diferentes radiações provenientes dela, mostrando um conjunto de informações muito mais rico da fonte, do que apenas observar a sua luz que chega até nós.

#### **4.1.2 ETAPA 2 – Experimentos envolvendo radiação eletromagnética: Aplicação e discussão**

No quarto e quinto períodos de aula da aplicação do projeto, foram realizados seminários, onde os alunos discutiram os resultados da ATIVIDADE PRÁTICA Nº1 (Apêndice A), que consistia em uma atividade a ser desenvolvida em casa, demonstrando a possibilidade de se gerar ondas eletromagnéticas através de perturbações de campo eletromagnético. Nesta atividade é sugerida aos alunos que verifiquem a interferência causada em um rádio quando se liga e desliga um interruptor de luz ou quando se liga um aparelho eletrodoméstico, como por exemplo, um liquidificador. Também é solicitado que se ligue e desligue, e fale ao telefone celular, checando a possibilidade de detectar a sua radiação eletromagnética através de um rádio nas faixas AM e FM, e que o aluno justifique por que não alcança sucesso nesta tentativa.

Desse modo, foi possível trabalhar as características do espectro eletromagnético, quanto às suas diversas frequências e o conceito de ressonância eletromagnética, de forma que o aluno identifique que uma fonte geradora de frequências eletromagnéticas somente pode ser analisada se nosso receptor dessas frequências estiver sintonizado na mesma faixa de frequências desta fonte.

A seguir foi solicitado também ao aluno que envolvesse o rádio ligado com volume no máximo em alguns materiais diversos, como por exemplo, casaco de lã, plástico, papel celofane, papel alumínio e lata. O aluno deveria demonstrar se é possível ouvir o rádio quando envolto nesses materiais. Assim introduzimos o conceito de blindagem eletrostática.

Por último, os alunos deveriam realizar alguns testes com o controle remoto do aparelho de TV. Entre as atividades propostas estava a de que testasse se é possível que a radiação infra-vermelho do controle remoto, possa atravessar os mais diversos materiais da atividade acima e verificasse uma diferença entre os diferentes tipos de onda do rádio e controle remoto. Também foi solicitado pelo professor, durante o seminário, que os alunos explicassem porquê o ser humano não percebe o feixe de radiação do controle remoto, como forma de reforçar que aquilo que enxergamos, ou seja, detectamos, é apenas parte da radiação eletromagnética existente. Os alunos deveriam utilizar o controle remoto para demonstrar as propriedades da reflexão das ondas eletromagnéticas, tentando ligar e desligar o aparelho de TV apontando o controle remoto para um espelho, de modo que apenas a reflexão da radiação gerada no controle ligue e desligue o aparelho. Assim, foi possível destacar o comportamento ondulatório da radiação eletromagnética, pois a mesma apresenta a propriedade da reflexão, além é claro, da refração.

Essa atividade foi muito bem sucedida pelos alunos, visto que toda a turma conseguiu realizá-la e todos obtiveram as respostas esperadas.

#### **4.1.3 ETAPA 3 – Pesquisa sobre aplicação da radiação eletromagnética**

Nesta etapa, proposta através da ATIVIDADE PRÁTICA N°2 (Apêndice B), foi solicitado aos alunos que pesquisassem as diferentes radiações eletromagnéticas presentes em nosso cotidiano, muitas das quais frutos de nossa vida moderna. Também nessa pesquisa foi solicitado ao aluno que procurasse descobrir as radiações eletromagnéticas utilizadas como tratamento terapêutico na Medicina e que elaborasse um painel com as suas diferentes frequências e aplicações.

Esta atividade foi aplicada em três períodos de aula, além de disponibilizar que os alunos tivessem a oportunidade de entrevistar médicos que atuem nas mais diversas áreas da Medicina. Dois períodos foram disponibilizados para que os alunos tivessem acesso à biblioteca da escola, além de utilizar o laboratório de informática da escola, a fim de pesquisar na rede Internet. A apresentação das conclusões desta pesquisa foi a elaboração de um material para ser exposto no corredor da escola a fim de socializar o conhecimento com os demais colegas da escola. Esse procedimento da construção do material para exposição tomou um período.



*imagem 20. laboratório de informática do IEES*

É importante salientar o papel do professor durante a pesquisa como motivador (Vygotsky) [8], onde o mesmo promove a orientação dos estudos e oferece sugestões durante o aprendizado. A aprendizagem ocorre internamente, quando o aluno faz a decodificação do novo conhecimento, de forma pessoal e intransferível através das orientações daqueles “que sabem mais sobre o assunto”, como disse Vygotsky [8].

#### 4.1.4 Etapa 4 – Simulação computacional sobre a dualidade onda-partícula da radiação eletromagnética

A nona e décima aulas foram disponibilizadas na sala de informática, onde os alunos deveriam utilizar um software livre, disponível na rede, chamado Doppelspalt e encontrado na Internet no endereço <http://www.physik.uni-muenchen.de/didaktik/Computer/Doppelspalt/doppelspalt.htm>.

Durante esta atividade (ATIVIDADE nº 3, Apêndice C), os alunos utilizam um simulador de canhão de partículas (elétrons, fótons, bolinhas), onde os mesmos deverão reconhecer o comportamento dualístico dos elétrons e fótons. Inicialmente os alunos utilizam um canhão de elétrons monoenergéticos direcionados a uma fenda dupla, simulando a experiência de Young. Neste momento, os alunos são incentivados a identificarem os comportamentos corpusculares e ondulatórios do elétron, a partir do que aparece na tela.

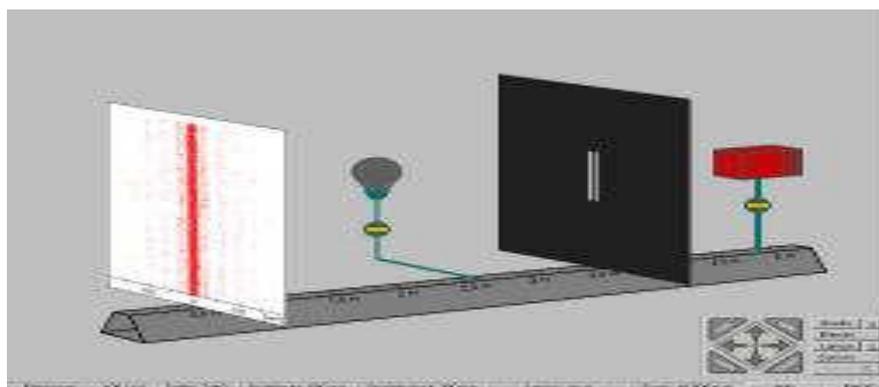


imagem 21: tela do programa

Em seguida os alunos deverão realizar o experimento trocando de partículas, utilizando bolinhas e depois fótons. A partir da simulação na tela, os alunos deverão reconhecer os padrões que caracterizam o comportamento ondulatório e ou corpuscular destas partículas.

Importante ressaltar que as simulações são imitações de aspectos específicos da realidade e, portanto, estão comprometidas com um modelo matemático que possibilita a geração destas simulações. Sendo um modelo que representa parte da natureza, pode este não representar verdadeiramente o que realmente acontece, pois as simulações podem imitar aspectos específicos da realidade, mas jamais a total complexidade deste incrível processo dinâmico chamado de natureza. Mas o valor das simulações está no fato de que as mesmas possibilitam ao aluno a mudança de parâmetros, o *feedback*, tornar conceitos abstratos mais compreensíveis, etc.

#### **4.1.5 ETAPA 5 – Comportamento corpuscular da radiação e seu efeito nas estrelas**

A décima primeira aula foi utilizada para fazer a contextualização da atividade anterior, onde os alunos deveriam reconhecer a propriedade onda-partícula dos elétrons e fótons, com um fenômeno astronômico que ocorre na natureza. Esse fenômeno a ser analisado é a alteração nas dimensões de uma estrela devido ao embate da força gravitacional X pressão de radiação e a pressão da expansão dos gases, no interior estelar.

Para isso desenvolvemos uma simulação simples através de um *software* de animação FLASH (disponível no cd, em anexo), onde aparece uma estrela alterando o seu volume, com a demonstração das forças que atuam no momento. Nesta simulação também é demonstrada que tal alteração do volume da estrela provoca a mudança da cor que ela emite, ou seja, da frequência de radiação emitida, devido às variações de energia que ocorrem em seu interior.

Lembramos aos alunos que grande parte das radiações provenientes do interior da estrela não provocam a pressão da radiação, pois conforme visto anteriormente em aula, a matéria pode ser transparente para algumas frequências de radiação. Comentamos para os alunos que esta contribuição constitui no máximo 11%, para estrelas com 100 massas solares (Kepler O. Filho) [6], da pressão total exercida contra as paredes externas da estrela.

#### **4.1.6 Etapa 6 – Construção de um radiômetro**

A décima segunda e décima terceira aulas foram utilizadas para a construção de um radiômetro, para mostrar o comportamento corpuscular da radiação, que pode explicar a contribuição da pressão da radiação na evolução das estrelas.

Na construção desse radiômetro foi utilizada uma maneira totalmente experimental, onde não tínhamos a certeza de que tal experimento teria sucesso. Mas mesmo assim, resolvemos testá-lo, pois em caso de fracasso teríamos a oportunidade de demonstrar que o trabalho de um pesquisador envolve fracassos também e, portanto, cabe ao mesmo superar tais fracassos e na impossibilidade da superação, por motivos alheios a tecnologia disponível, deve-se procurar respostas do tipo: “Quais as causas para não funcionar?”- descobrir por que algo não funciona, pode ser muitas vezes tão importante quanto descobrir aquilo que inicialmente se procurava provar. Thomas Edison quando pesquisava a construção da lâmpada elétrica, teve que mudar de projeto várias vezes, uma vez que não alcançava o sucesso desejado, mas quando indagado sobre por que não desistia então, o mesmo respondia: “*Desistir?? Não, pois acabo de descobrir mais uma vez como não se deve construir uma*

*lâmpada!!!! Estou contribuindo para o futuro, os futuros pesquisadores não precisarão cometer os meus erros!!” Mentz [23]*

A idéia inicial constituía em utilizar a parte superior de uma ampola de injeção como suporte das hélices do radiômetro. Essa foi apoiada sobre uma agulha, pois devido à pequena área de contato entre a agulha e a ampola, além do baixo coeficiente de atrito envolvido entre os mesmos, conseguimos um reduzido efeito inercial sobre a rotação da ampola.

Tal dispositivo foi colocado dentro de um recipiente de vidro, de modo que apenas a radiação eletromagnética produzisse o torque necessário para efetuar a rotação das hélices. Quanto as hélices, elas foram construídas com eixos produzidos a partir de filetes de plásticos encontrados em vassouras, sendo que as hélices eram de mica, pintadas em um lado de preto para produzir maior absorção da radiação em um dos lados, a fim de proporcionar torque.

Feito o radiômetro, esse foi colocado numa bomba de vácuo manual, para que a pressão do ar no interior do dispositivo fosse diminuída, numa tentativa de facilitar o movimento das hélices por efeito da radiação que nelas incidia. Como fonte de radiação utilizamos um farolete de carro com lâmpada halógena de 100W –12V.

Depois de algumas tentativas infrutíferas, os alunos conseguiram produzir em quatro momentos distintos da experiência, pequenas rotações no radiômetro, em torno de  $\frac{1}{4}$  de volta. Inicialmente, houve a desconfiança de que as rotações haviam sido produzidas por vibrações na mesa durante a experiência, mas concluímos que não poderiam ser vibrações e sim a radiação, pois as pequenas rotações se davam exatamente após a lâmpada ser ligada.

Pôde-se então, verificar experimentalmente a propriedade corpuscular da radiação eletromagnética, mesmo que de maneira muito precária.

#### **4.1.7 Etapa 7 – Fundamentos da espectroscopia e Modelo Atômico de Bohr**

A fim de que o aluno possa ter condições de assimilar o conceito de espectroscopia, foi necessário trabalhar com eles o Modelo Atômico de Bohr, demonstrando que na interação da radiação com a matéria, a energia da radiação é igual a diferença da energia entre os dois níveis de energia permitidos para o elétron, antes e depois da sua excitação eletrônica.

Inicialmente usamos uma animação desenvolvida em FLASH, onde mostramos que um fóton com uma energia igual a diferença de energia entre duas camadas eletrônicas de um átomo, excita um elétron. Este, ao adquirir tal energia, salta para uma camada eletrônica mais externa (com maior energia) e, em seguida, retorna a sua camada de origem, liberando outro fóton. Nesta animação procuramos ter o cuidado de demonstrar os níveis de energia, como nuvens de probabilidade e não como órbitas tipo “planetárias” usualmente utilizadas em sala de aula.

Após, solicitamos aos alunos que acessassem o endereço eletrônico [http://ciencias.huascar.edu.pe/modulos\\_brasil/quimica/estrutura\\_atom/modeloboehr.htm](http://ciencias.huascar.edu.pe/modulos_brasil/quimica/estrutura_atom/modeloboehr.htm) a fim de utilizar um aplicativo (*applet*) disponível na rede Internet que demonstra essa propriedade da interação da radiação com a matéria. Aproveitamos as questões levantadas na referida página, como por exemplo, por quê os fogos de artifício são coloridos?

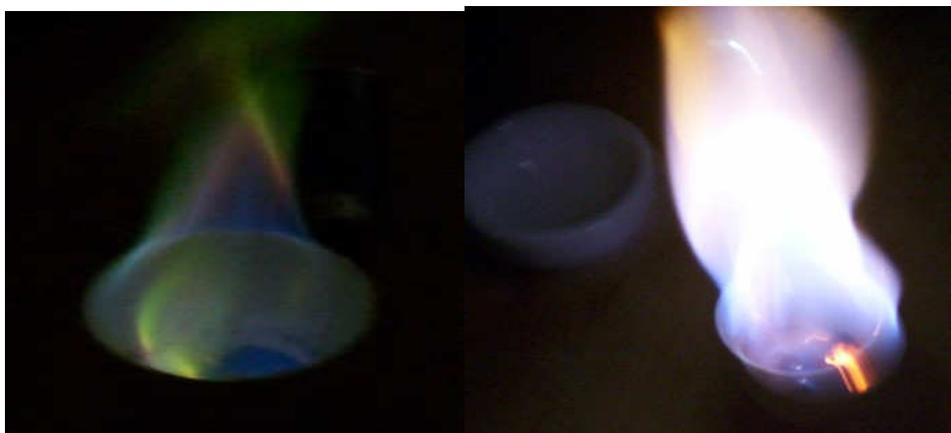
Neste aplicativo os alunos são convidados a selecionar no átomo um nível de energia diferente de onde o elétron possivelmente se encontra, sendo que em seguida o aplicativo mostrará se, para essa seleção, o elétron necessitará de um estímulo energético externo (absorver um fóton) ou precisará perder energia (emitindo um fóton), fazendo um paralelo já aos níveis de absorção e emissão de radiação dos diferentes elementos químicos. Para esses aplicativos, foi utilizado um período.

Em outro período, os alunos foram levados ao laboratório de ciências da escola, onde o professor queimou algumas amostras de substâncias diversas e pediu que os mesmos observassem as cores das chamas.

Desse modo, demonstramos a existência de uma relação entre a estrutura atômica de uma substância e a radiação que ela emite, provocando uma estruturação de subunçoes (Ausubel) para a futura introdução à espectroscopia.



*figura 22.  
queima de uma  
fita de  
magnésio*



*figura 23.  
queima de  
sulfato de cobre*

*figura 24.  
queima de  
cloreto de sódio*

figura 25.  
queima de  
permanganato  
de potássio



figura 26.  
queima de  
cloreto de  
potássio

figura 27.  
queima de  
nitrato de  
potássio



figura 28.  
queima de  
nitrato de  
sódio

#### 4.1.8 Etapa 8 – Atividade prática de espectroscopia e sobre Lei de Wien

Desde que Joseph von Fraunhofer (1787-1826) descobriu raias sobre o espectro da luz solar decomposta, elas se tornaram as mais importantes ferramentas astronômicas depois do telescópio. Esta descoberta permitiu-nos analisar de que elementos o Sol é composto e chegamos a descobrir o hélio no Sol, antes mesmo que fosse conhecido na Terra. Por isso ele tem este nome (do grego, Helios = Sol). Hoje, analisamos a composição de estrelas, nebulosas e até de galáxias. Foram descobertas estrelas duplas impossíveis de separar visualmente, determinadas suas velocidades e medidas as velocidades de afastamento das galáxias, o que resultou na descoberta da expansão do universo. Além da Astronomia, vários outros ramos da ciência foram beneficiados com a descoberta e

muitos laboratórios modernos dispõem de espectrógrafos e espectrômetros de vários tipos.

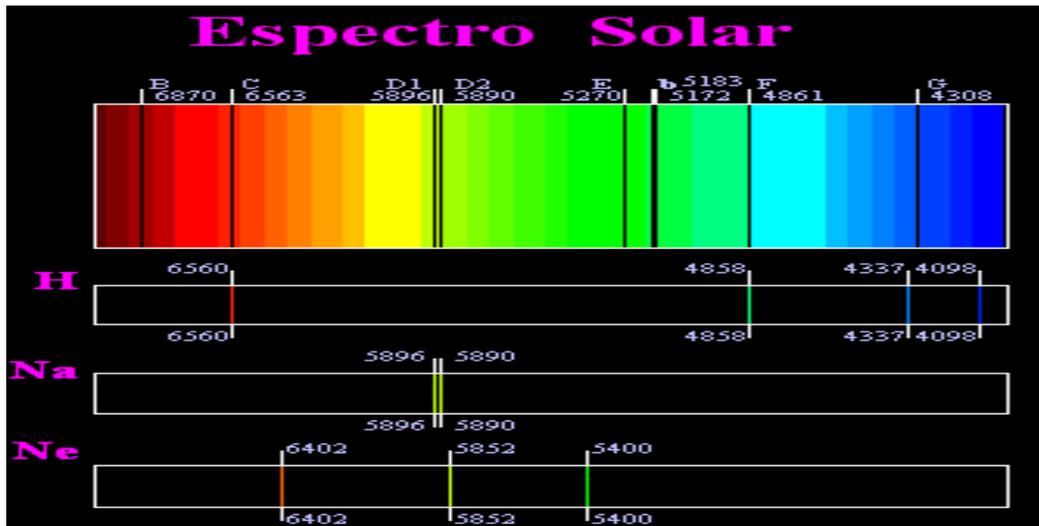


figura 29. espectro da luz solar

Nesta etapa da proposta de trabalho, iniciamos a aula lembrando que na astronomia podemos determinar a composição química de uma estrela, através da análise espectral da radiação detectada aqui na Terra. Assim, propomos uma atividade para os alunos em que terão a oportunidade de assimilar o conceito de espectroscopia, através da decomposição da luz branca, tipo o famoso experimento de Newton que decompôs a luz com a utilização de um prisma.

Atividade consistia, inicialmente, em decompor a luz branca do Sol, utilizando uma bacia com água e espelho (ATIVIDADE 4, Apêndice D). Depois, os alunos construíram uma espécie de rede de difração utilizando um pedaço de compact-disc (cd), colocado no interior de uma caixa de fósforo, a qual funciona como câmara escura.

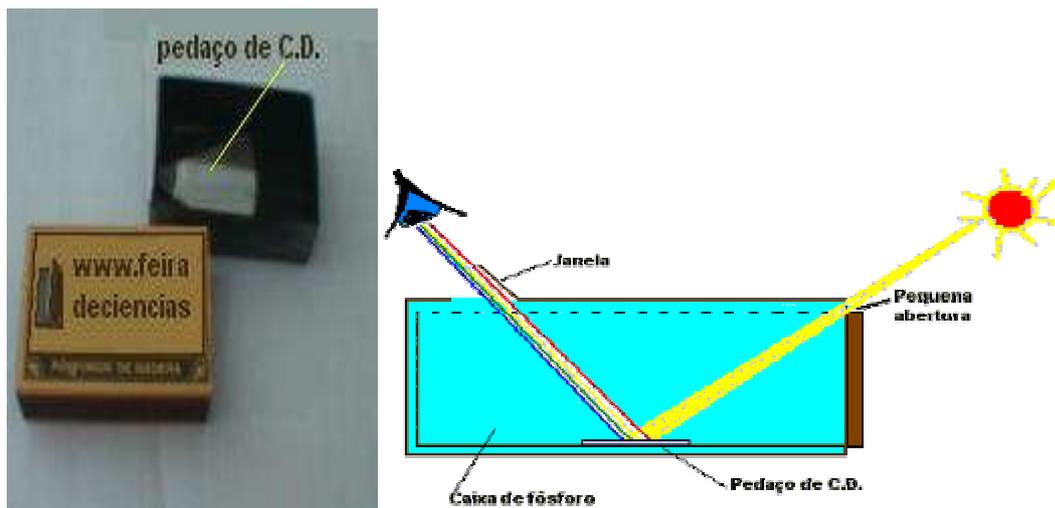


figura 30. espectroscópio utilizando caixa de fósforo ([http://www.feiradeciencias.com.br/sala09/09\\_21.asp](http://www.feiradeciencias.com.br/sala09/09_21.asp))

Também foi proposto que os alunos construísem uma rede de difração utilizando penas de galinha preta, mas os dois grupos de alunos que optaram por este modo de rede de

difração desistiram, pois não obtinham êxito na decomposição da luz. Depois verificamos que isso aconteceu por dois motivos aparentes: as penas não eram realmente pretas, e alguns pigmentos interferiam na observação, além das penas não possuírem fibrilas suficientemente pequenas.

Nesta etapa, também aproveitamos para inserir a Lei de Wien, demonstrando a relação da frequência da onda emitida com a temperatura da fonte que a emitiu. Primeiro questionamos os alunos de como se pode estabelecer a temperatura de uma estrela apenas a observando. E utilizamos o Sol como exemplo, onde sabemos que a temperatura chega em torno de 6000 °C na sua superfície. Para essa experiência utilizamos uma fonte com tensão variável da fábrica AZAHEB, uma lâmpada de farol de carro e um termômetro.

Através do potenciômetro da fonte variamos a tensão da fonte e conseqüentemente a potência da lâmpada. Pedimos então, para que os alunos nas diferentes potências medissem a temperatura da lâmpada e observassem a cor da luz (frequência da onda eletromagnética) que ela emitia em cada caso. Ao final, os alunos deveriam fazer um relatório apontando as suas conclusões.

Esta etapa utilizou 3 períodos ao todo, pois um foi utilizado para a construção dos espectroscópios e os outros dois para a observação.

Há também a sugestão de um espectroscópio que pode ser construído a partir de lentes de óculos e tubos em PVC (APÊNDICE N), mas esse recurso não foi utilizado na aplicação deste projeto porque não tivemos acesso a este modelo a tempo de construí-lo com a turma de aplicação da proposta. De qualquer forma, disponibilizamos o mesmo para que professores que futuramente quiserem se utilizar deste material possam fazê-lo.

#### **4.1.9 Etapa 9 – Simulação de algumas curvas de Planck**

A Lei de Planck matematicamente descreve a quantidade de energia emitida por um material em uma dada temperatura  $T$  para cada comprimento de onda  $\lambda$ , resultando graficamente nas chamadas curvas de Planck ou Planckianas.

A Lei de deslocamento de Wien mostra a relação entre o pico de energia da radiação e a temperatura da fonte.

A partir do conhecimento dessas relações matemáticas presentes nos corpos negros e adotando que os corpos celestes se comportam como corpos negros, é possível determinar a temperatura de uma estrela pela radiação detectada aqui na Terra.

Assim, a partir de um aplicativo (applet) disponível na rede Internet, no endereço eletrônico <http://csep10.phys.utk.edu/guidry/java/wien/wien.html> os alunos foram convidados a testar algumas temperaturas possíveis de um corpo negro para verificarem em qual região

do espectro(UV-ultra-violeta;V visível; IR infra-vermelho) se encontra o pico de radiação emitido por esse corpo.

Iniciamos com a temperatura aproximada na superfície do Sol, ou seja, 6.000°C, e mostramos que a maior intensidade da radiação se encontra no espectro visível. E alterando para uma maior ou menor temperatura, mostramos porque algumas estrelas têm cores mais avermelhadas ou azuladas.

Esta atividade foi desenvolvida em um período na sala de informática, onde a nossa principal preocupação foi demonstrar de forma qualitativa tais leis.

Utilizamos como exemplo no cotidiano dos alunos, para exemplificar a Lei de Deslocamento de Wien, a chama do fogão a gás que quando tem uma chama bem azulada (maior energia) o fogão está bem regulado e, quando sua chama está amarelada (menor energia) há uma demora no aquecimento da comida maior que quando a chama for azulada.

Como trabalho de casa foi pedido aos alunos que fizessem o experimento disponível no endereço eletrônico <http://www.if.ufrgs.br/oei/exp/exp3.html> ,onde eles deveriam verificar experimentalmente a diferença na absorção da radiação de um corpo de cor preta e outro de cor branca. O professor forneceu termômetros para cada dupla a fim de realizarem o experimento. Para efeito de avaliação dessa atividade domiciliar, foi pedido aos alunos que apresentassem um relatório com as respostas as questões levantadas pelo autor da referida página da Internet, além das conclusões obtidas.

#### **4.1.10 Etapa 10 – Determinação da velocidade da luz com tabletes de manteiga**

A determinação da velocidade da luz sempre foi um desafio para a humanidade, podendo ser alcançado através do experimento de Michelson no séc XIX. E também sempre foi um desafio para os professores fazer os alunos crerem que uma onda eletromagnética possa atingir a incrível velocidade de 300.000 km/s. Assim, através dessa atividade prática em sala de aula (ATIVIDADE 5, ANEXO E) medimos essa velocidade, utilizando um forno de microondas e um prato com manteiga. Essa experiência além de muito fácil de ser feita, provoca grande interesse nos alunos.

A experiência é realizada colocando-se um prato com tabletes de manteiga, tendo-se o cuidado de antes retirar o prato giratório. Assim quando ligado o forno, as ondas eletromagnéticas irão produzir na manteiga pequenas marcas devido a um maior derretimento que em outras partes do tablete, marcas essas que correspondem aos pontos de maior intensidade de energia aplicada, ou seja, as cristas das ondas eletromagnéticas, onde a distância entre duas cristas consecutivas representa o chamado comprimento de onda  $\lambda$ . Ao se verificar o manual do forno de microondas fornecido pelo fabricante, vemos que a frequência

da onda produzida pelo aparelho é de 2500 MHz (mega =  $10^6$ ). No nosso experimento em sala de aula com os alunos conseguimos obter um  $\lambda$  igual a 11,8 cm, portanto, usando a equação  $v = \lambda.f$ , teremos  $v = 0,118 \cdot 2500 \times 10^6$ , resultando como velocidade da onda igual 295.000 km/s, muito próximo do valor esperado. O tempo de aplicação desta atividade foi de um período.

#### 4.1.11 Etapa 11 – Determinação da constante solar

Depois que os alunos já adquiriram uma boa bagagem sobre a radiação eletromagnética, realizamos uma atividade para verificar a potência média da radiação solar por unidade de área, a chamada constante solar.

Esta atividade foi realizada durante um período de aula, onde os alunos já haviam preparado o material necessário previamente em suas residências.

Mas, infelizmente, os alunos não leram atenciosamente o roteiro desta atividade prática e obtiveram valores totalmente fora do esperado. Os alunos não mediram a área dos potes utilizados e, assim, não obtiveram sucesso nesta atividade.



*figura 31. um dos potes utilizados com líquido congelado, note que o grupo que o utilizou não usou corante preto, o qual seria o ideal para a absorção máxima da radiação do Sol*

#### 4.1.12 Etapa 12 – Efeito Doppler e Lei de Hubble

No tratamento das radiações eletromagnéticas dentro de suas características ondulatórias, é possível observar nelas o chamado Efeito Doppler, onde verificamos a alteração das frequências recebidas por um observador devido a sua velocidade em relação à fonte das ondas.

Essa propriedade das ondas já havia sido abordada com os alunos, quando os mesmos trabalharam os conteúdos relativos ao capítulo de Ondas, mas o efeito Doppler foi aplicado para ondas sonoras, onde foi utilizado um *software* que simula um observador que detecta

ondas sonoras de uma fonte que se afasta ou se aproxima. Deste modo, os alunos já tinham os pré-requisitos necessários para entender tal efeito aplicado às ondas eletromagnéticas.

Assim, questionamos os alunos sobre como a comunidade científica pode afirmar que o Universo está em expansão e, conseqüentemente, que este Universo no passado se encontrava concentrado num “ponto único”?

Na aula anterior, havíamos recomendado aos alunos o endereço eletrônico <http://www.if.ufrgs.br/oei/cgu/doppler.htm> para que pesquisassem o assunto e trouxessem na próxima aula uma conclusão sobre esse fato.

A partir do comentário de que os corpos celestes apresentam um desvio espectral para o vermelho devido ao efeito Doppler, propomos aos alunos uma atividade prática (Apêndice H) para demonstrar a relação da velocidade de afastamento entre os corpos celestes e o espaço entre eles, introduzindo assim o conceito da Lei de Hubble.

Com esta atividade aproveitamos a abordagem através da Astronomia para inserir nos alunos uma pequena noção qualitativa de cosmologia.

Para estas atividades foram destinados três períodos, um para a pesquisa sobre o efeito Doppler e outros dois para a atividade prática.



*figura 32. grupo da turma EM 311 fazendo a medição no elástico que representa o espaço.*

#### **4.1.13 Etapa 13 – Avaliação sobre o conteúdo**

Neste último período de aplicação da proposta, propomos aos alunos a realização de um pós-teste, para efeito de comparação ao pré-teste inicial.

Também aproveitamos a oportunidade para que os alunos expressassem as suas impressões quanto a este trabalho, levando em consideração de ser esta uma proposta de ensino pautada na pesquisa e experimentação.

Como este trabalho está focado na utilização de tópicos relacionados à Astronomia para a motivação dos alunos na aprendizagem das radiações eletromagnéticas, com

abordagens da Física Moderna, questionamos os alunos também se, dentro deste aspecto, os mesmos julgaram interessante aprender desta forma.

Foram realizadas entrevistas individuais com os alunos, nas quais eles poderiam expressar as suas opiniões quanto à nossa proposta de trabalho.

#### 4.1.14 Etapa 14 – Espectroscopia manual do Sol

Esta etapa e as duas seguintes foram desenvolvidas a pedido da direção da escola, a fim de substituir 6 períodos da disciplina de Química, pois o professor desta havia sofrido um acidente e se encontrava hospitalizado.

Aproveitamos esta oportunidade, em dois períodos de aula, para mostrar aos alunos o espectro solar, utilizando um espectrógrafo de mão cedido pelo departamento de astronomia da UFRGS.



figura 33. alunos e o prof de matemática (em cima à direita) do IEES utilizando um espectrôscópio de mão.

#### 4.1.15 Etapa 15 – Classificação morfológica de galáxias

Em dois períodos, os alunos foram convidados a fazer a classificação de quatro galáxias, conforme os tipos morfológicos e a sua inclinação em relação à linha de visada. Essas galáxias pertencem à amostra obtida por Zsolt Frei.

Para tal atividade foi apresentado aos alunos um questionário acompanhado de 4 fotos de galáxias (apêndice F), as quais deveriam ser classificadas e terem sua inclinação medida.

O roteiro utilizado foi adaptado a partir do material disponível na página da Internet do Observatório Educativo Itinerante da UFRGS [24].

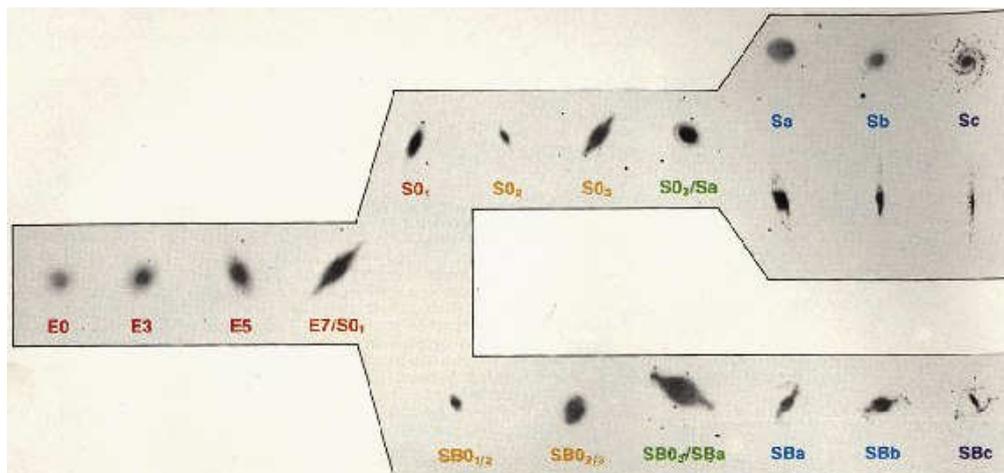


figura 34. tipos morfológicos das galáxias conforme a classificação de Hubble

#### 4.1.16 Etapa 16 – Vídeo sobre radiações eletromagnéticas

Nesta última etapa de atividades com a turma EM 311 apresentamos um vídeo que mostra a evolução da aplicação das radiações eletromagnéticas, desde a descoberta dos raios – X por Röntgen, em 1909, até os dias atuais. Este vídeo foi gravado a partir de um canal aberto de TV e produzido pela companhia estatal de radiodifusão alemã Transtel.

#### 4.2.1 Avaliação

No processo de assimilação, os conceitos prévios na estrutura cognitiva se modificam adquirindo novos significados, havendo uma modificação constante dos conceitos subsunçores, pois estes sempre estão sendo reelaborados e modificados, adquirindo novos significados e sendo progressivamente diferenciados. Para Ausubel [13], esse processo é a diferenciação progressiva e reconciliação integradora.

Assim, na aprendizagem significativa os conhecimentos prévios mais gerais permitem “ancorar” os novos conceitos. A estrutura cognitiva deve ter a capacidade de discriminar os novos conhecimentos e estabelecer diferença para que tenham algum valor para a memória e possam ser retidos como conceitos distintos. Os conceitos prévios que apresentam um nível superior de abstração, generalização e indução são denominados por Ausubel, de organizadores avançados e sua principal função é estabelecer uma ponte entre o que o aluno já conhece e o que necessita conhecer.

Como forma de determinar se os alunos atingiram uma aprendizagem significativa em relação aos conceitos inerentes às radiações eletromagnéticas, pedimos que os mesmos

realizassem em conjunto, um mapa conceitual sobre o assunto abordado. Os mapas conceituais ajudam, a quem aprende, a tornar mais evidentes os conceitos-chave que vão ser aprendidos, uma vez que sugerem conexões entre os novos conhecimentos e aquilo que o aluno já conhece. Assim, o professor pode utilizar os mapas conceituais para decidir que caminhos se percorrem para organizar os significados e negociá-los com os alunos, bem como localizar e assinalar as idéias errôneas que possam ter.

Tais mapas foram construídos a partir da avaliação dos testes realizados antes e depois da aplicação da proposta de trabalho, quando o aluno, junto com o professor teve, a oportunidade de esclarecer de forma individualizado os conceitos não assimilados por cada um, promovendo uma reconciliação integradora dos novos conhecimentos.

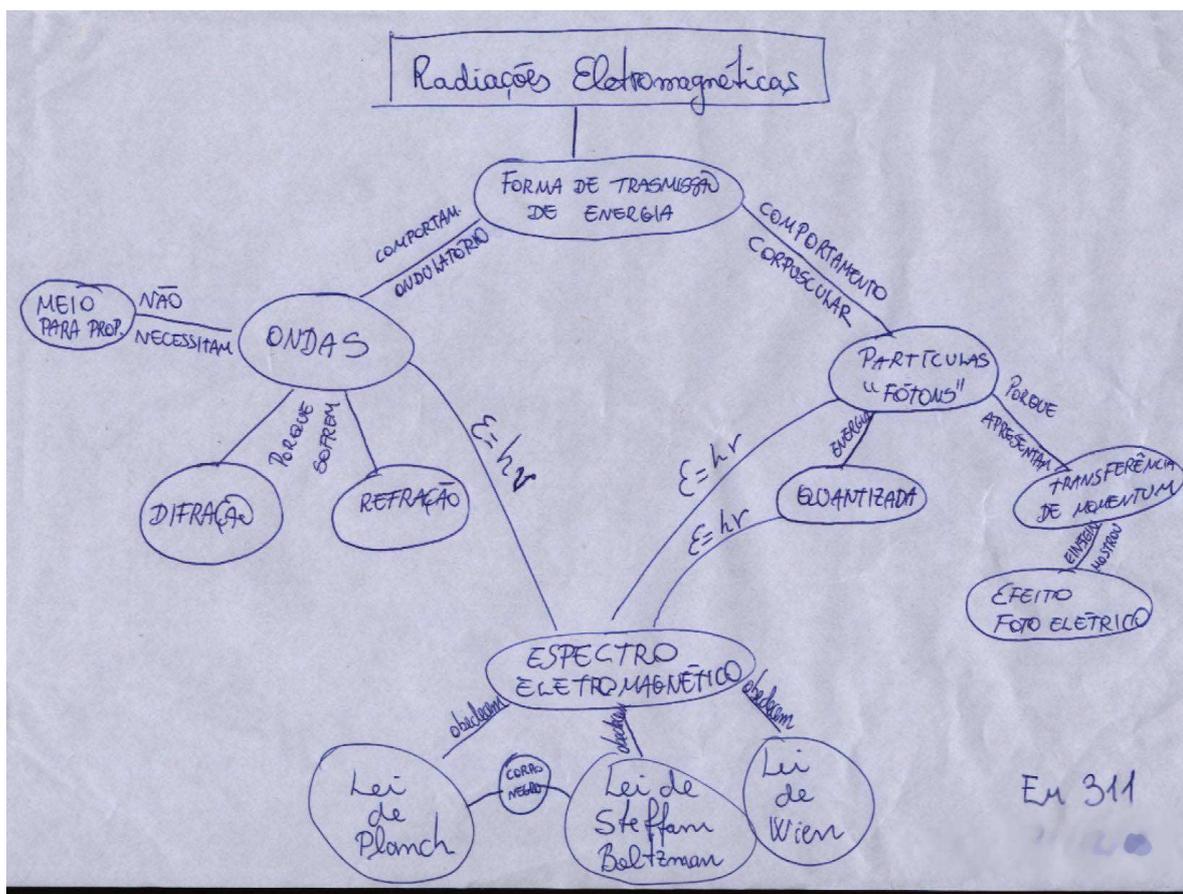


figura 35: mapa conceitual feito pelos alunos da EM 311

Os mapas conceituais foram desenvolvidos, conforme Moreira [25], a fim de que se perceba a evolução de conhecimentos e idéias nos indivíduos, baseados na Teoria de Aprendizagem de Ausubel.

O mapa conceitual foi construído em conjunto no quadro negro, onde os alunos discutiam quais os conceitos relevantes e quais as suas relações. Todo o processo foi realizado exclusivamente pelos alunos, sendo que este mapa, que representa a concepção geral da turma, foi posteriormente copiado por um aluno e entregue ao professor.

Este mapa, concebido pela turma EM 311, apesar de apresentar uma estruturação deficiente quanto à hierarquização dos conceitos abordados, uma vez que por exemplo, não apresenta as radiações eletromagnéticas como variações dos campos elétricos e magnéticos no meio em que se propaga, de forma geral demonstra que a turma conseguiu assimilar os conceitos relacionados com o conteúdo. Analisando, vemos que o referido mapa trata do comportamento dual onda-partícula das radiações eletromagnéticas (apesar de não citar de forma explícita esta dualidade); da possibilidade das radiações transferirem momento e produzirem efeito fotoelétrico; da quantização da energia da radiação, mesmo deixando passar a idéia de que a quantização somente ocorre no comportamento corpuscular da radiação eletromagnética; da relação entre os níveis de energia e o espectro eletromagnético e a existência de leis válidas para a emissão de radiação, como por exemplo a Lei de Planck, etc.

#### 4.2.2 Avaliação da Aprendizagem durante o processo

A avaliação dos alunos durante a aplicação dessa proposta de trabalho foi feita de forma continuada através de várias ferramentas pedagógicas, entre as quais: trabalhos, apresentações orais, interpelações em aula, pesquisa bibliográfica e eletrônica.

Abaixo alguns exemplos de trabalhos propostos:

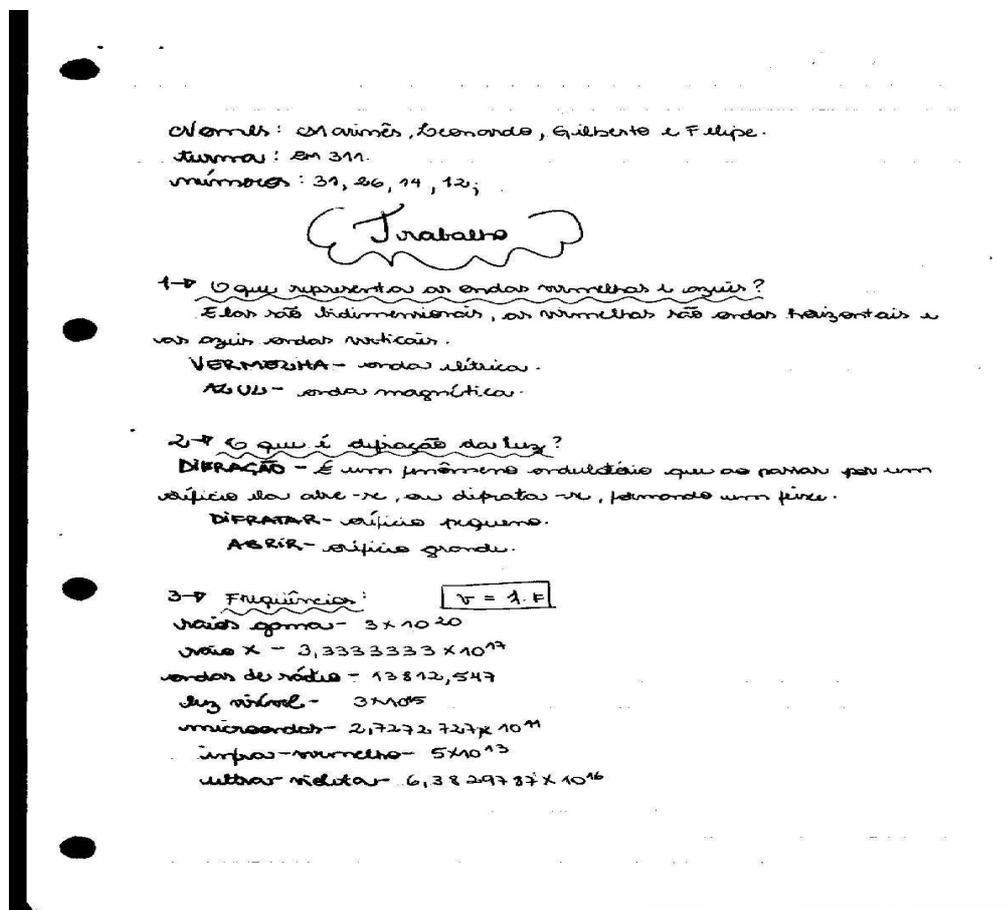


figura 36: trabalho de pesquisa utilizando applet

7 → Frequências que podem produzir o efeito fotoelétrico nos metais disponíveis na simulação, e uma aplicação prática para este efeito.

ZINCO - 0,1mm - 208,8nm	F = $3 \times 10^{14}$	F = $1,43 \times 10^{15}$
ALUMÍNIO - 0,1mm - 220,5nm	F =	F = $1,36 \times 10^{15}$
BÉRBILIO - 0,1mm - 230,9nm	F =	F = $1,31 \times 10^{15}$
CÉSIO - 0,1mm - 473,6nm	F =	F = $6,33 \times 10^{14}$
COBRE - 0,1mm - 191,4nm	F =	F = $1,57 \times 10^{15}$
ARGO - 0,1mm - 192,9nm	F =	F = $1,55 \times 10^{15}$
LÍTIUM - 0,1mm - 391,2nm	F =	F = $7,7 \times 10^{14}$
MOIBÉRBILIO - 0,1mm - 214,2nm	F =	F = $1,4 \times 10^{15}$

Aplicações práticas: lâmpadas em geral, por exemplo, cinema e as transmissões de imagens animadas (TV), iluminação das ruas, etc...  
 8 → A distância das estrelas através da paralaxe.  
 Observando a visibilidade com que elas são observadas com o parol das ruas, comparando com outras estrelas já conhecidas, mais longe. (movimento)

9 → Pergunte como você dubidou que os elétrons têm comportamento dual onda-partícula?

Através de experiências, pois quando formos uma partícula ou se elas se comportam como uma partícula, elas se comportam como uma partícula; contudo, se medimos coisas quando formos partícula ou se elas se comportam como ondas, se comportam como ondas.

figura 37: trabalho sobre efeito foto-elétrico a partir de um applet

#### ATIVIDADE VIRTUAL. Em grupo de no máx. 4 alunos

- 1 <http://www.phy.ntnu.edu.tw/java/emWave/emWave.html>  
ver como se dá a propagação das ondas eletromagnéticas  
O que representa as ondas vermelhas e azuis?
- 2 <http://geocities.yahoo.com.br/saladefisica3/laboratorio/difracao/difracao.htm>  
ou <http://nucio@magnet.fsu.edu/jpimer/java/diffraction/basicdiffraction/index.html>  
ver o fenômeno da difração  
pesquise o que é difração da luz
- 3 <http://geocities.yahoo.com.br/saladefisica3/laboratorio/espectro/espectro.htm>  
verificar quais as frequências das seguintes radiações eletromagnéticas: raios gama, raios-x, ondas de rádio, luz visível, microondas, infra-vermelho, ultra violeta.
- 4 <http://lectureonline.cl.msu.edu/~mmp2/applis/Spectrum/s.htm>  
acesse este site e diga qual a energia para cada frequência analisada no item anterior
- 5 [http://ciencias.ihuascaran.edu.pe/modulos\\_brasil/quimica/estrutura\\_atom/impressao.htm](http://ciencias.ihuascaran.edu.pe/modulos_brasil/quimica/estrutura_atom/impressao.htm)  
Por que os fogos de artifícios são coloridos?  
Descubra quais as cores (frequências) principais de radiação visível que cada elemento emite, quando aquecido.
- 6 <http://astro.if.ufrgs.br/rad/elements/elements.htm>  
Descubra quais as faixas de frequências que os seguintes elementos absorvem e emitem: carbono, fósforo, arsênio, potássio, ferro.
- 7 (<http://geocities.yahoo.com.br/saladefisica3/laboratorio/fotoeletrico/fotoeletrico.htm>)  
ver quais as frequências podem produzir o efeito fotoelétrico nos metais disponíveis na simulação.  
Diga uma aplicação prática para este efeito
- 8 <http://www.shep.net/resources/curricular/physics/Coni99/parallax.html>  
podemos determinar as distâncias das estrelas utilizando o método da paralaxe.  
Veja no site a simulação, e descubra como se pode fazer isto?

GLÁUCIA OBERHERR → 17  
 JEAN CORONETTI → 23  
 NICOLE CARRARO → 35  
 POLIANA DA SILVA → 37  
 VANESSA VARIZA → 43

EM 311

figura 38: roteiro de trabalho utilizando a internet

Para efeitos de uma avaliação quantitativa da aprendizagem, propusemos a realização de um pré-teste e de um pós-teste (APÊNDICE M), onde a confrontação dos resultados pode

dar um indicativo da aprendizagem de cada aluno, levando-se em conta que a aprendizagem é um processo individualizado e que a aplicação de um teste não garante a expressão exata do nível dessa aprendizagem.

Esses testes consistiam de um questionário com dez questões, os quais foram aplicados antes e depois da aplicação desta proposta de trabalho.

#### 4.2.3 Análise individual

NOME DO ALUNO	ACERTOS PRÉ-TESTE	ACERTOS PÓS-TESTE
LUCAS	2	7
REJANE	4	7
TIEGO	4	8
GREICI	5	8
NICOLE	6	10
MAIRA	2	7
CARLOS	9	9
FELIPE	4	10
ELISANDRA	3	10
JEAN	4	10
LEONARDO	5	8
PATRICIA	2	6
IVANISE	4	8
ELENILMA	3	7
GRACINÉIA	3	8
TAMARA	2	9
GISELE	3	8
GILMARA	4	8
MARINÊS	3	7
JENIFER	5	7
MICHELE	2	8
VANESSA	6	9
SANAI	3	7
GLÁUCIA	2	8
POLIANA	3	9
MONIQUE	5	8

LEOMAR	3	7
MAURÍCIO	4	8
GILBERTO	3	7
MICHELE L.	3	9
ANA PAULA	3	7
MARCELO	6	8
GILMAR	4	7

*Tabela 1: número de acertos dos alunos*

Através da análise do número dos acertos obtidos pelos alunos nos dois testes, é possível verificar um significativo aprimoramento dos conceitos físicos envolvidos, uma vez que através das aulas o aluno teve a oportunidade de confrontar os seus conhecimentos prévios, muitas vezes ancorados no senso comum ou em concepções alternativas, com os novos conhecimentos decorrentes das pesquisas científicas e reconhecidos pela comunidade científica. Com certeza essa análise não pode ser considerada uma análise pura da realidade da aprendizagem, pois se tratam de testes de múltipla escolha, onde o aluno tem a oportunidade de escolher alguma alternativa de resposta por mera sorte de escolha. Mas ao se considerar o universo dos alunos, verificamos que de qualquer forma há um avanço quanto ao aprimoramento das concepções físicas.

Observando o gráfico abaixo, facilmente é possível notar um crescimento das concepções individuais dos alunos.

Após essa análise, foi possível mostrar aos alunos os conceitos e idéias que cada um aprimorou e também mostrar eventuais falhas nas suas conclusões obtidas através das aulas. Assim, foi possível uma recuperação dos conceitos não assimilados por parte de cada aluno, desse modo promover uma recuperação efetiva dos conceitos abordados durante a aplicação desta proposta de trabalho.

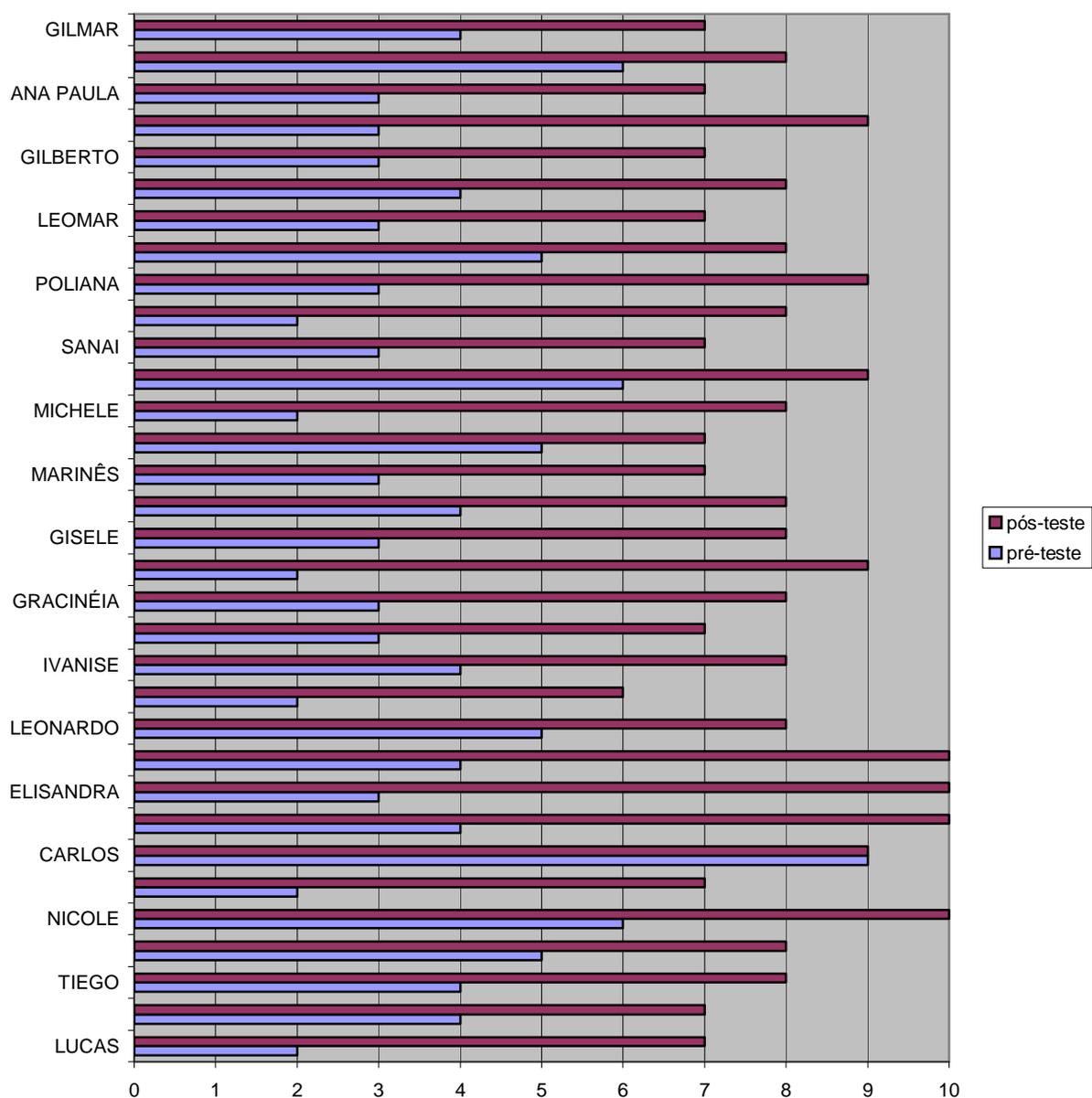


gráfico 1. gráfico comparativo da aprendizagem

## 5. Depoimentos dos alunos

Como forma de avaliar a proposta de trabalho do ponto de vista do aluno, realizamos uma entrevista com alguns alunos, além de pedir que eles respondessem um questionário opinativo sobre diversos itens.

\*O objetivo deste questionário é o de colher a opinião dos alunos quanto às aulas sobre radiações eletromagnéticas. Utilize o seguinte código para assinalar a afirmativa de sua escolha.

CP – Concordo Plenamente

C – Concordo

NO – Não tenho Opinião ou estou indeciso

D – Discordo

DT – Discordo Totalmente

1. As aulas não estimularam o interesse pela matéria.	CP	C	NO	D	DT
2. O professor foi pouco didático.	CP	<del>C</del>	NO	D	DT
3. Os conteúdos foram abordados de forma interessante.	<del>CP</del>	C	NO	D	DT
4. Foram estabelecidas relações entre teoria e prática.	CP	<del>C</del>	NO	D	DT
5. Aliar o conteúdo das radiações com a astronomia foi interessante.	CP	<del>C</del>	NO	D	DT
6. Você recomendaria esta abordagem para outras turmas.	<del>CP</del>	C	NO	D	DT
7. Foram relacionados conteúdos com outras disciplinas.	CP	C	<del>NO</del>	D	DT
8. O professor se mostrou motivado durante as aulas.	<del>CP</del>	C	NO	D	DT
9. O conteúdo tem relação com o cotidiano.	<del>CP</del>	C	NO	D	DT
10. Houve enriquecimento do seu conhecimento científico.	CP	<del>C</del>	NO	D	DT
11. Passei a não gostar da astronomia.	CP	C	NO	D	<del>DT</del>
12. Acredito que compreendi melhor os conceitos físicos relacionados.	CP	<del>C</del>	NO	D	DT
13. Assisti a maior parte das aulas com interesse.	CP	<del>C</del>	NO	D	DT
14. Consegui entender o conteúdo, mesmo não tendo efetuado cálculos.	CP	<del>C</del>	NO	D	DT
15. Prefiro aprender no modo "tradicional".	CP	C	NO	D	<del>DT</del>
16. O uso de aplicativos computacionais não forma válidos.	CP	C	NO	D	<del>DT</del>

Poderia destacar aspectos positivos, quanto à forma do professor tentar tornar o conteúdo das radiações interessante, através de aspectos relacionados a astronomia?

*O uso do computador, praticas, trabalhos, etc...*

Poderia destacar aspectos negativos, quanto à forma do professor tentar tornar o conteúdo das radiações interessante, através de aspectos relacionados a astronomia?

*Nenhum, acho a astronomia um assunto interessante, agora acho que me interessou mais, além de aprender coisas novas que não sabia.*

figura

### 39. questionário realizado com os alunos

Para que os alunos se sentissem à vontade para dar um testemunho que expressasse, de maneira mais realista possível, as suas impressões quanto ao trabalho proposto para o ensino das radiações em nível de Ensino Médio, fizemos as entrevistas e o questionário de modo anônimo.

Primeiro segue um relato de algumas entrevistas com os alunos. Para que não se perca a veracidade das afirmações, mantivemos a linguagem usada pelos mesmos.

**Professor** – Como você viu as aulas sobre as radiações eletromagnéticas?

**Aluno 1** – Achei bastante interessante, não imaginava que as radiações fossem tão importantes para nós.

**Professor** – O que você achou da forma como o professor trabalhou os assuntos abordados em aula?

**Aluno 1** – Muito legal, fiquei curioso para aprender mais sobre a Astronomia e também sobre Física. Vi que a Física não parece ser tão chata como eu achava.

**Professor** – Você se sentiu motivado para essas aulas? Faça um comparativo com as aulas anteriores à aplicação dessa proposta do professor.

**Aluno 1** - Sim, tava motivado. Achei muito interessante, principalmente as aulas práticas, mas o que mais me motivava era como o homem conseguiu descobrir tanta coisa. As últimas aulas foram muito legais, melhores que as outras em que a gente só vê o assunto sem muita referência do pra que serve aquilo.

**Professor** – Como você viu as aulas sobre as radiações eletromagnéticas?

**Aluno 2** – Gostei, aprendi bem legal.

**Professor** – O que você achou da forma como o professor trabalhou os assuntos abordados em aula?

**Aluno 2** - Muito tri, acho bem legal esse negócio de Astronomia. Deu pra ter uma boa idéia de como os astrônomos da NASA sabem tanta coisa, a gente lê muita coisa na Super Interessante, mas eu achava que muita coisa era fria.

**Professor** – Você se sentiu motivado para essas aulas? Faça um comparativo com as aulas anteriores à aplicação dessa proposta do professor?

**Aluno 2** - Acho que sim, principalmente quando tinha as aulas no laboratório de informática. Ficava mais fácil de entender vendo as “coisas se mexendo”, no quadro negro fica tudo parado e aí a gente tem que imaginar as coisas e isso é meio chato.

**Professor** – Como você viu as aulas sobre as radiações eletromagnéticas?

**Aluno 3** – Bem boas, apesar do assunto ser meio chato.

**Professor** – O que você achou da forma como o professor trabalhou os assuntos abordados em aula?

**Aluno 3** – Eu gostei, tinha bastante atividades variadas. Não ficava só aquela coisa de sala de aula, o professor falando e a gente copiando e calculando. Fiquei até mais quieta em aula, prestava mais atenção. O que ajuda também é a sua paciência (professor), pois o senhor sempre explicava de novo quando a gente não entendia.

**Professor** – Você se sentiu motivado para essas aulas? Faça um comparativo com as aulas anteriores à aplicação dessa proposta do professor.

**Aluno 3** – Sim, aconteceu até da gente ficar discutindo com os colegas no recreio sobre as coisas que a gente viu na aula, como aquele negócio dos caras saber que o universo tá se expandindo só olhando para as estrelas. Nas outras aulas de física não aconteceu isso, não que me lembre.

**Professor** – Como você viu as aulas sobre as radiações eletromagnéticas?

**Aluno 4** – Achei legal, meio confuso às vezes, mas legal.

**Professor** – O que você achou da forma como o professor trabalhou os assuntos abordados em aula?

**Aluno 4** – Diferente, tinha bastante coisa pra fazer, mas tinha muito trabalho também.

**Professor** – Você se sentiu motivado para essas aulas? Faça um comparativo com as aulas anteriores à aplicação dessa proposta do professor.

**Aluno 4** – Mais ou menos, não gosto muito de computador, daí quando tinha que ir ao laboratório de informática eu não gostava, mas as outras atividades como ver a luz do Sol com aquele aparelho (espectrógrafo de mão) foi bem legal. No geral foi melhor que as outras coisas que a gente viu durante o ano, pois a gente viu um assunto por outro que acho bem interessante que é a astronomia. Sempre gostei de ficar olhando as estrelas, meu avô me contava estórias sobre as estrelas quando eu era pequeno, então apesar de não gostar muito de física, achei legal.

**Professor** – Como você viu as aulas sobre as radiações eletromagnéticas?

**Aluno 5** – Não gostei muito, não gosto de Física e Química. Acho muito chato.

**Professor** – O que você achou da forma como o professor trabalhou os assuntos abordados em aula?

**Aluno 5** – Apesar de não gostar de Física, até que estava bom. Tinha umas coisas diferentes pra gente ver. Principalmente aqueles negócios com as estrelas e galáxias. Me senti pequenina com o tamanho do Universo.

**Professor** – Você se sentiu motivado para essas aulas? Faça um comparativo com as aulas anteriores à aplicação dessa proposta do professor.

**Aluno 5** – Não muito, não por culpa da aula em si. É que eu não gosto de estudar mesmo, eu gosto de música. Mas o Sr (professor) mostrou um jeito diferente de dar aula. Ele conseguia chamar mais a nossa atenção, a gente ficava conhecendo um montão de coisas.

**Professor** – Como você viu as aulas sobre as radiações eletromagnéticas?

**Aluno 6** – Boas, melhor que aquelas coisas que a gente calcula e não entende muito. O Sr. (professor) se mostrou bem motivado e isso me contagiou.

**Professor** – O que você achou da forma como o professor trabalhou os assuntos abordados em aula?

**Aluno 6** - Achei bem interessante. O Sr (professor) parece que notava que a gente prestava mais a atenção que antes e se empolgava. Ficava dando vários exemplos, conversava bastante e a gente gostava, nem via que a aula às vezes tinha terminado. Mas tinha umas aulas que eu não gostei, como aquela em que a gente tinha que olhar os espectros da tabela periódica (linhas de absorção e emissão dos elementos) e anotar um monte de coisas. Mas no geral estava bom.

**Professor** – Você se sentiu motivado para essas aulas? Faça um comparativo com as aulas anteriores à aplicação dessa proposta do professor.

**Aluno 6** – Ah, foi diferente. Não ficava só no quadro-negro. Tinha computador, experiências no laboratório e até olhamos no telescópio. Eu vinha pra aula sempre na expectativa do que a gente ia fazer naquele dia, pois essa matéria tinha umas coisas bem legais. Foi melhor que antes, mas acho que as outras matérias tinham mais cálculos porque eles caem no vestibular e a gente tem que aprender.

**Professor** – Como você viu as aulas sobre as radiações eletromagnéticas?

**Aluno 7** – Eu diria que foi diferente, teve atividades diversas e assuntos bem interessantes. Consegui entender muitas coisas.

**Professor** – O que você achou da forma como o professor trabalhou os assuntos abordados em aula?

**Aluno 7** – Foram menos estressantes que outros, sempre achei a Física meio chata, mas o jeito que *tú (professor) usou* para passar esse conteúdo foi criativo, pois tú falou coisas ligadas ao céu, que todo mundo acha interessante, e assim não ficou tão chato.

**Professor** – Você se sentiu motivado para essas aulas? Faça um comparativo com as aulas anteriores à aplicação dessa proposta do professor.

**Aluno 7** – Não sou muito motivado para o estudo, mas gostei mais dessas aulas, parece que tinha mais a haver com as coisas. Dá pra dizer que tinha que haver um jeito desses para passar as outras coisas, daí iria ficar mais legal.

**Professor** – Como você viu as aulas sobre as radiações eletromagnéticas?

**Aluno 8** – Não sei, acho que foi bom.

**Professor** – O que você achou da forma como o professor trabalhou os assuntos abordados em aula?

**Aluno 8** – Ah, mostrou um monte de coisas que eu não sabia, principalmente como dá pra saber muita coisa só observando as radiações que vem das estrelas. Gostei daquela experiência em que nós construímos um “cata – vento” para a luz, apesar de não ver direito o negócio girando, achei bem legal. Também as animações no computador me chamaram bastante a atenção.

**Professor** – Você se sentiu motivado para essas aulas? Faça um comparativo com as aulas anteriores a aplicação dessa proposta do professor.

**Aluno 8** – Acho que sim, pelo menos não ficava chateado quando ia começar a aula de Física. O Sr (professor) sempre respondia as nossas dúvidas. Foi bem melhor que o resto do ano.

**Professor** – Como você viu as aulas sobre as radiações eletromagnéticas?

**Aluna 9** – Muito tri, gostava daquelas imagens do espaço que a gente via. Teve experiências e coisas no computador que não deixava a gente na monotonia. Também gostei

muito daquele seu amigo (orientador, quando das suas visitas das observações da aplicação da proposta) que ajudava a gente a encontrar as coisas e dava umas dicas.

**Professor** – O que você achou da forma como o professor trabalhou os assuntos abordados em aula?

**Aluna 9** – O Sr (professor) foi bem criativo, trouxe umas coisas diferentes, a gente aprendeu as radiações, mas também muita coisa sobre o universo que nós não tínhamos visto antes, nem quando a gente estudou os planetas no segundo ano (gravitação universal). Acho que valeu a pena, eu falei para uma amiga minha, que estuda em outra escola, e ela falou que lá não tinha uma aula dessas, isso que lá é uma escola particular!

**Professor** – Você se sentiu motivado para essas aulas? Faça um comparativo com as aulas anteriores à aplicação dessa proposta do professor.

**Aluna 9** – Claro, principalmente quando descobri que esse tipo de aula só a gente tinha. Sempre gostei das tuas aulas, pois tu é sempre bem humorado, mas esse último assunto foi show.

**Professor** – Como você viu as aulas sobre as radiações eletromagnéticas?

**Aluno 10** – Bom, não foi como as outras, pois deu para ver assuntos mais modernos. Deu pra sentir um pouco como que os astrônomos podem descobrir as coisas, fiquei até interessado em estudar física.

**Professor** – O que você achou da forma como o professor trabalhou os assuntos abordados em aula?

**Aluno 10** – Foi bem legal, às vezes parecia que éramos cientistas. Mas também tínhamos que pensar muito e daí cansava. O que eu gostei foi que estudamos as radiações meio que sem querer, pois o Sr (professor) ficava falando sobre as estrelas e do espaço, então a gente prestava a atenção e quando víamos, tínhamos aprendido o assunto.

Essa mostra corresponde a praticamente 30% do total dos alunos, mas é uma boa amostra das impressões dos alunos. Do total de 33 alunos da turma em que foi aplicada essa proposta, houve apenas um aluno que disse não haver tido interesse nenhum quanto às aulas aplicadas. E a grande maioria expressou que a Astronomia era uma área de interesse dentro do estudo das ciências e alguns fizeram questão de mostrar que tinham uma atração especial pela a Astronomia desde pequenos.

Em relação ao questionário opinativo (Apêndice L), o qual foi realizado com todos os alunos, houve uma manifestação geral de contentamento com as aulas propostas. Apenas um aluno registrou que não havia gostado de “aprender desse modo”, mas em compensação nas suas manifestações dentro das 16 questões opinativas houve contradições com a esse sentimento, como por exemplo na questão 13, esse mesmo aluno disse que assistiu às aulas com interesse e na questão 15 expressou não preferir o modo “tradicional de aprender”. Dessa

forma, a impressão que obtivemos da aceitação da proposta foi muito positiva e poderíamos afirmar também que o próprio relacionamento com os alunos teve uma melhora considerável, uma vez que os alunos se sentiam mais à vontade para participar, seja fazendo perguntas, observações e, o que consideramos de maior potencial pedagógico: *vários alunos se mostraram interessados em pesquisar por conta própria, trazendo revistas, textos retirados da Internet, etc.* Além de uma participação mais efetiva dos alunos, houve uma maior socialização dos conhecimentos, na medida em que ao pesquisar por conta própria e trazer materiais para a sala de aula, isso provocava uma maior discussão entre os colegas e, em algumas vezes, os alunos continuavam a discutir nos intervalos e estendiam a discussão com outros professores.

## 6. CONCLUSÕES

O ensino de Física no Ensino Médio não tem sido uma tarefa muito fácil, seja pela complexidade da própria disciplina, a qual envolve raciocínio lógico, capacidade de interpretação e abstração, sem contar os aspectos sociais do Brasil que também interferem na maioria dos alunos de nosso país. O professor de Física, atualmente, para ter sucesso, deve ser alguém capaz de motivar o seu aluno para a aprendizagem, e nesse sentido, acreditamos ser oportuna a nossa proposta de utilizar a Astronomia como instrumento para o ensino das radiações eletromagnéticas. Na aplicação desta proposta na turma EM 311, tivemos condições de avaliar de forma satisfatória tal proposta, pois a grande maioria dos alunos apresentou um interesse maior para com a disciplina de Física, além de que também mostraram uma melhor participação e, principalmente, uma disposição maior para efetuar pesquisas, seja em livros, revistas ou na rede Internet.

Esta forma de ensinar, utilizando a Astronomia para inserir os conteúdos pertinentes das radiações eletromagnéticas, está de acordo com a proposta Lei de Diretrizes e Bases (LDB 9394-96) [1], que coloca a necessidade do ensino aprimorar as suas atividades pedagógicas para que haja a contextualização dos conteúdos, de modo que o aluno consiga associar os conhecimentos adquiridos com o seu cotidiano, tornando assim a aprendizagem mais significativa. Conforme Perrenoud [3], *“Ensinar, hoje deveria conceber, encaixar e regular situações de aprendizagem seguindo os princípios pedagógicos ativos construtivos”*.

Quando o aluno percebe que os conteúdos a serem aprendidos têm alguma ligação com os fatos que este presencia intelectualmente, desenvolve um potencial maior para a aprendizagem, uma vez que esses novos conhecimentos passam a “fazer sentido” para esse aluno. Dessa forma, a idéia de utilizar essa proposta pode ser considerada como uma tentativa

bem sucedida de se adequar o ensino das radiações às orientações da LDB, conforme foi constatado na nossa avaliação após esta aplicação.

A aula inicial através da projeção de uma apresentação em que os conteúdos a serem abordados, foram introduzidos de maneira que os alunos pudessem associar estes de forma contextualizada, criou nos alunos uma expectativa positiva, além de servir como um organizador prévio, onde o aluno tem uma idéia geral do que será ensinado.

As atividades em laboratório tiveram um papel importante nessa aprendizagem, uma vez que inserem o aluno de maneira ativa nos processos que envolvem a pesquisa. Tais aulas servem também para desmistificar a idéia de que fazer ciência é algo somente possível para pessoas que possuem uma espetacular capacidade mental, ou seja, um gênio. Apesar das dificuldades inerentes à capacidade física do laboratório da escola e de poucos recursos disponíveis, uma vez que se tratou da aplicação do projeto em uma escola pública, isso não influenciou de forma decisiva as aulas, pois é possível desenvolver algumas práticas que envolvem baixo custo financeiro ou a reutilização de matérias, como por exemplo, a construção de rede de difração a partir de compact-discs usados ou através de penas de galinhas. Algumas atividades práticas também foram realizadas fora do laboratório e, da mesma forma, tiveram a mesma propriedade de propiciar uma maior aproximação dos alunos com a ciência, o que para nós parece fundamental, porque o que se nota em sala de aula na maioria das escolas é justamente o contrário: parece que os alunos têm cada vez mais horror às ciências exatas, em especial a disciplina de Física.

Durante a aplicação desta proposta, verificamos que apesar de haver um considerável avanço no nível de conhecimento dos alunos, alguns aspectos que chamaram a nossa atenção: alguns alunos tiveram dificuldades de interpretar gráficos; de abstrair conceitos básicos para a interpretação das propriedades ondulatórias das radiações eletromagnéticas, como por exemplo, a difração das ondas, o que certamente prejudicou a assimilação da forma desejada da propriedade das ondas eletromagnéticas apresentarem uma dualidade onda-partícula; alguns alunos tiveram dificuldade em conceber a idéia de que a palavra radiação não está associada necessariamente a elementos químicos radioativos. Em algum caso pode ter havido uma aprendizagem mecânica, onde o aluno pode ter demonstrado através dos testes que conseguiu captar o conceito desejado pelo professor, quando na verdade ele apenas decorou, mesmo que involuntariamente. Um exemplo disso, foi o caso de uma aluna que soube responder certo no teste quando questionada se entendia a dualidade onda-partícula, mas que quando inquirida, informalmente pelo professor, como ela poderia confirmar essa idéia, a mesma não soube responder. Todavia, a tarefa de avaliar a aprendizagem não pode ser considerada como uma ciência exata, pois o professor jamais conseguirá, de forma totalizada, quantificar a aprendizagem dos seus alunos. E mesmo que conseguisse atingir essa

quantização da aprendizagem, ela necessariamente teria que ser individualizada ao extremo, o que não a torna tangível para a avaliação de uma turma de alunos.

As aulas no laboratório de informática tiveram uma função fundamental no processo de ensino aprendizagem, pois a utilização de simulações em computadores propiciam aos alunos a possibilidade de vivenciar experiências de modo virtual, algumas das quais são impossíveis de se realizar em laboratórios de escolas, independentemente da situação financeira destas. O ensino atual deve estar adequado ao modo de vida da sociedade em que se insere, e deste modo é necessário que as práticas pedagógicas utilizem as contribuições oferecidas pelo avanço tecnológico desta sociedade. Nesse sentido, a utilização de meios computacionais no ensino é essencial para que a essência da aprendizagem não se perca: *a vontade de aprender*. O aluno, hoje, quer sentir na sala de aula aquilo que ele sente em outros meios que habita, ou seja, sentir que existe um mundo que pode ser facilmente “viajado” e, portanto, conhecido através da comunicação eletrônica. Claro que não queremos aqui demonstrar que em algum momento o professor é deixado de lado nesse processo, mas mostrar que este professor enquanto facilitador da aprendizagem deve estar atento às novas tecnologias, a ponto de não parecer ao seu aluno como uma pessoa desatualizada, o que pode de alguma forma, gerar desconfiança por parte do aluno na capacidade deste professor de ensinar de maneira eficiente, diante da sociedade moderna em que vivemos. Essa orientação fornecida pelo professor é importante, principalmente quando nos deparamos com inúmeros sítios eletrônicos na rede mundial de computadores abordando assuntos das mais diversas áreas das ciências sem qualquer fundamentação científica. Os alunos possuem atualmente uma capacidade de colher uma enorme quantidade de informações sobre os mais variados assuntos do que em gerações passadas, assim cabe ao professor fornecer as ferramentas que permitam ao aluno a capacidade de escolher quais destas informações realmente são significativas e aptas a serem integradas ao cotidiano de sua vida.

Quando o aluno se sente motivado à aprendizagem notamos que ele se sente mais livre para perguntar e para errar sem se constranger perante os outros e, desse modo, possibilitando a corrigir a fundamentação de novos conceitos. Essa liberdade para aprender de forma mais espontânea foi constatada durante a aplicação desta proposta de ensino e, acreditamos ser consequência de uma relação mais ativa no processo da aprendizagem desenvolvida pela maioria dos alunos que participaram deste projeto, visto que estes interagem muito mais nessas aulas que nas aulas tradicionais comparativamente, no nível dos trabalhos apresentados e também no feedback dos conhecimentos adquiridos apresentados durante as avaliações.

Na avaliação das entrevistas, também notamos que existiu por parte dos alunos uma motivação a mais para a aprendizagem, a ponto de alguns alunos demonstrarem que não

gostavam da disciplina de Física, mas gostaram da forma como foi apresentado o conteúdo relativo às radiações eletromagnéticas, utilizando Astronomia como motivação para a aprendizagem.

É importante ressaltar que sempre houve uma relação de muita empatia entre os alunos e o professor de Física, relação essa que existiu desde a primeira série do Ensino Médio, o que beneficia o processo de ensino-aprendizagem, uma vez que o aluno quando inserido em um ambiente escolar que lhe acolhe bem e que entende as suas expectativas e interesses, bem próprias à idade da adolescência, terá no professor a confiança de nele ter encontrado um orientador. Essa confiança trará a segurança ao educando de poder elaborar idéias e conceitos, questionar e de se expor sem possibilidade de sentir-se constrangido em errar, podendo realizar assim o feedback e reconstruir os conceitos não compreendidos com o mínimo de “stress” possível. Também, devemos destacar que o espaço físico e a equipe de profissionais da escola contribuíram para que esta proposta alcançasse o sucesso desejado. O Instituto Estadual de Educação de Saporanga, apesar de ser uma escola pública, oferece aos seus alunos recursos que muitas escolas da rede privada não oferecem, como por exemplo, laboratório de informática conectado na rede Internet com “banda larga”, laboratório de ciências bem aparelhado, auditório, sala de vídeo com telão, além de ter uma equipe pedagógica que oferece uma retaguarda ao aluno e ao professor que em muito contribuem para a aprendizagem dos alunos.

Por tudo o que foi constatado, acreditamos ter alcançado o nosso objetivo na aplicação desta proposta de ensino, uma vez que conseguimos abordar assuntos da disciplina de Física de forma criativa e motivadora para a aprendizagem, tornando tal disciplina mais atraente para os alunos e, muitas vezes, proporcionando uma interdisciplinaridade espontânea, na medida em que os alunos procuravam outros professores para demonstrar aquilo que haviam aprendido em aula. Citamos como exemplo, o caso do professor de Matemática que não acreditava ser possível determinar os elementos químicos que constituem as estrelas através da observação da luz que estas emitem, a ponto do mesmo procurar verificar ele próprio durante uma das aulas de Física, se isso era verdade.

Num país com sérios problemas sociais como o Brasil, em que por muito tempo a carreira de professor está desprestigiada, talvez a maior e quem sabe a única satisfação profissional do professor está em ver que os seus alunos mostraram interesse em aprender, que a motivação dos alunos para a aprendizagem retorna para ele e o motiva para ensinar mais e de forma cada vez mais eficiente. Deste modo, acreditamos que esta proposta de ensino pode em muito ajudar os professores interessados em adotar esta idéia a terem esta satisfação em ensinar Física e transmitir essa admiração que temos por esta disciplina aos nossos alunos.

## REFERÊNCIAS

- [1] BRASIL. Lei n. 9394, de 20 de dezembro de 1996. *Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional*. Brasília, MEC, 1996.
- [2] BRASIL. Ministério da Educação e Cultura / Conselho Nacional de Educação. Diretrizes curriculares nacionais para o ensino médio. Parecer nº 15/98 e nº03/98. Brasília, 1998.
- [3] PERRENOUD, P. *Avaliação: da excelência à regulação das aprendizagens entre duas lógicas*. Porto Alegre: Artes Médicas, 1999.
- [4] DOLL JUNIOR, W. E. *Currículo: uma perspectiva pós-moderna*. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997.
- [5] MACHADO, N. J. *Epistemologia e didática: as concepções de conhecimento e inteligência e a prática docente*. São Paulo: Cortez, 1995.
- [6] OLIVEIRA FILHO, K. de S.; SARAIVA, M. de F. O. *Astronomia e astrofísica*. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2000.
- [7] VYGOTSKY, L. S. *A formação social da mente*. 4. ed. São Paulo: Martins Fontes, 1991.
- [8] VYGOTSKY, L. S.; LURIA, A. R.; LEONTIEV, A. N. *Linguagem, desenvolvimento e aprendizagem*. São Paulo: Ícone, 1988.
- [9] MOREIRA, M. A. *Teorias de aprendizagem*. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária, 1999.
- [10] OLIVEIRA, M. K. de. *Vygotsky: aprendizagem e desenvolvimento: um processo sócio-histórico*. 4. ed. São Paulo: Scipione, 1997.
- [11] MOREIRA, M. A.; MASINI, E. F. S. *Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel*. São Paulo: Moraes, 1982.
- [12] MOREIRA, M. A. *Uma abordagem cognitivista ao ensino de física*. Porto Alegre: Editora da Universidade/UFRGS, 1983.
- [13] AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. *Psicologia educacional*. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.
- [14] PENTEADO, P. C. P. *Física: conceitos e aplicações*. São Paulo: Moderna, 1998. v. 2-3.
- [15] RAMALHO JUNIOR, F.; FERRARO, N. G.; SOARES, P. A. de T. *Os fundamentos da física*. São Paulo: Moderna, 2000. v. 2.
- [16] BONJORNO, R. A. et al. *Física fundamental: 2º grau: volume único*. São Paulo: FTD, 1993.

- [17] PARANÁ, D. N. S. *Física*. São Paulo: Ática, 2002.
- [18] LUZ, A. M. R. da; ÁLVARES, B. A. *Curso de física*. São Paulo: Scipione, 2001.
- [19] GASPAR, A. *Física*. São Paulo: Ática, 2004.
- [20] GASPAR, A. *Física*. São Paulo: Ática, 2005. (série Brasil).
- [21] REVISTA BRASILEIRA DE ENSINO DE FÍSICA. São Paulo: Sociedade Brasileira de Física, 1979 - Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/rbef>>. Acesso em: 10 mar. 2005.
- [22] CADERNO BRASILEIRO DE ENSINO DE FÍSICA. Florianópolis: Departamento de Física, 2002- Disponível em: <<http://www.fsc.ufsc.br/ccef>>. Acesso em: 10 mar. 2005.
- [23] MENTZ, A. *O verdadeiro gênio da lâmpada*. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1965.
- [24] OBSERVATÓRIO EDUCATIVO ITINERANTE. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/oei>>. Acesso em: 12 jun. 2004.
- [25] MOREIRA, M. A.; BUCHWEITZ, B. *Mapas conceituais: instrumentos didáticos de avaliação e análise de currículo*. São Paulo: Moraes, 1987.

# APÊNDICES

# APÊNDICE A

## ATIVIDADE Nº 1

### Produzindo Ondas Eletromagnéticas

**Objetivo:** *Demonstrar que as ondas eletromagnéticas são produzidas a partir de perturbações do campo eletromagnético. Mostrar o efeito da interferência de ondas eletromagnéticas. Instigar o aluno a observar o efeito de blindagem eletromagnética (gaiola de Faraday). Proporcionar ao aluno a observação de comportamentos ondulatórios da radiação eletromagnética.*

Produzir uma onda eletromagnética em casa é muito fácil. Aliás, fazemos isso muitas vezes ao dia, quando, por exemplo, acionamos o interruptor para acender ou apagar uma lâmpada, variando abruptamente a corrente elétrica dentro de um fio.

Com um rádio portátil (tipo aqueles utilizados para escutar jogos de futebol), é possível detectar essa onda, bastando colocá-lo ligado “fora de estação” perto do interruptor. Faça isso e verifique como o seu rádio “ronca” quando você liga e desliga a lâmpada.

Investigue, também, que outras ondas “caseiras” seu rádio pode sintonizar, como, por exemplo, as produzidas por liquidificadores, acendedores elétricos de fogão ou telefones celulares.

2- Agora que você já se convenceu de que não são apenas as estações de AM e FM que produzem ondas, sintonize seu rádio em uma dessas estações e faça um teste sobre que materiais atrapalham a recepção feita pelo aparelho. Para tanto, envolva-o com diversos materiais tais como papel celofane, plástico transparente, papel comum, papelão, agasalho, lã, papel alumínio e lata. O resultado é o mesmo para todos os materiais?

3- E quanto à radiação infravermelha produzida pelo controle remoto do aparelho de TV? Será que ela atravessa qualquer coisa? Faça o teste colocando entre ele e a TV os mesmos materiais do item anterior e verifique a diferença no comportamento apresentado pelos dois tipos de onda. Elabore uma primeira explicação para as suas observações e troque opiniões com os outros colegas da classe.

4- Já que você está com o controle remoto na mão, aproveite para fazer outra experiência. Utilizando um ou mais espelhos para direcionar os raios infravermelhos até a tela, ligue a sua TV a partir de outro cômodo de sua casa e perceba que a radiação infravermelha é um tipo de luz, mesmo que imperceptível aos nossos olhos, é refletida pelo espelho.

Apresente um relatório, contendo ilustrações das suas conclusões.

## APÊNDICE B

### ATIVIDADE N°2

#### **Investigando Algumas Ondas eletromagnéticas**

**Objetivo:** Pesquisar os tipos de radiações eletromagnéticas a que o homem moderno está sujeito em sua vida.

Conforme os temas abordados em aula responda as questões abaixo.

1. Enumere as formas de radiação que você usou hoje ou que ainda vai utilizar nas próximas horas.
2. Investigue as mais variadas formas de radiações eletromagnéticas existentes e faça uma relação, mostrando quais as maneiras de se produzir estas radiações, e também quais as finalidades destas radiações.
3. Procure identificar com pessoas acima de 60 anos de idade, quais as formas de radiações eletromagnéticas eram disponíveis na sua infância.
4. Faça um resumo das radiações presentes na indústria, Medicina, na guerra e na ciência em geral.
5. Elabore um painel que propicie uma ampla visão de como as radiações são aplicadas na Medicina, ordenando as frequências utilizadas, medidas em hertz (Hz), em ordem crescente. Amplie as informações obtidas, entrevistando médicos e técnicos de laboratórios, pesquisando em livros, revistas e Internet.

## APÊNDICE C

### ATIVIDADE N °3

#### **Atividade Virtual : dualidade onda-partícula através do software Doppelspalt.**

**Objetivo:** demonstrar as propriedades ondulatórias dos fótons através de software livre disponível em: [www.physik.unimuechen.de/didaktik/computer/Doppelspalt/dslit.html](http://www.physik.unimuechen.de/didaktik/computer/Doppelspalt/dslit.html) (1,21 MB) (dualidade onda-partícula).

Este *software* simula o experimento de fenda dupla de Young realizado com um feixe de elétrons, em vez da luz. Segundo o físico norte-americano Richard Feynman., este foi um dos grandes experimentos da mecânica quântica.

#### **Roteiro:**

- 1) Ligue a fonte, ela inicialmente irá trabalhar com elétrons, sendo disparados um a um, ou seja, apenas um elétron atravessa o aparelho de cada vez, sendo também monoenergéticos. Eles atravessarão as fendas no anteparo. De que maneira você identifica o comportamento corpuscular e o comportamento ondulatório dos elétrons, a partir do que aparece na tela?
- 2) Troque de partícula, utilizando o cursor do mouse sobre o desenho da fonte e clicando com o botão esquerdo. Experimente escolher bolas e fótons para ver o que acontece.
- 3) Faça um relatório com as conclusões, incluindo desenhos que ilustrem as simulações obtidas.

## APÊNDICE D

### ATIVIDADE Nº4

#### Análise espectral

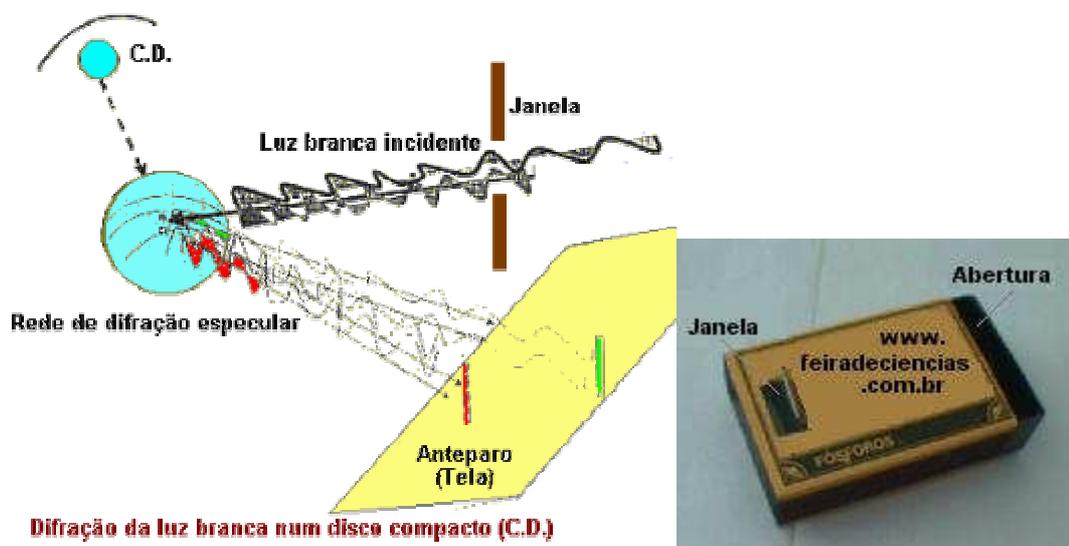
**Objetivo:** Demonstrar que a luz “branca” visível pode ser decomposta nas cores do arco-íris, ou seja, nas frequências de radiações visíveis que compõem essas cores. Demonstrar que o espectro está relacionado à composição química da fonte. Mostrar que há uma relação entre temperatura e o espectro emitido pela fonte (Lei de Planck).

Como vimos em aulas passadas, a luz branca é composta por um grande número de radiações de diferentes comprimentos de onda ou de diferentes frequências. Chamamos de *espectro* o espalhamento de todas as cores que constituem certa luz. O espalhamento ou separação das diferentes cores ou comprimentos de onda da luz pode ser feito de duas maneiras: uma delas é a separação ou decomposição que ocorre quando a luz atravessa um prisma, isto é, refração; outra maneira é fazer com que a luz atravesse uma grade muito fina, isto é, uma rede de difração.

A técnica de refração será mostrada pelo professor, com a utilização de um prisma feito com uma bacia cheia com água e um espelho. Com ele o professor demonstrará a decomposição da luz branca do Sol.

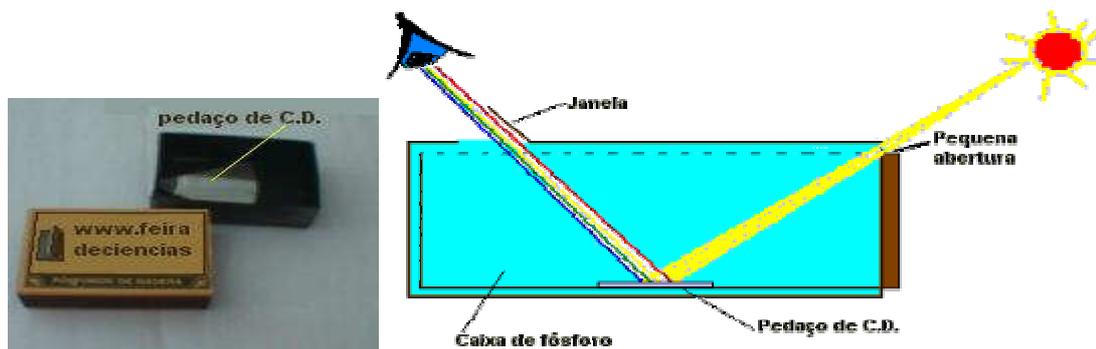
Você irá fazer a decomposição da luz através de uma rede de difração. Aqui sugerimos dois caminhos: uma rede de difração feita a partir de um cd (compact-disc) ou de uma rede de difração feita com penas pretas de galinha.

Rede com cd :



Pegue uma caixinha de fósforos e recorte uma janela, como mostra a figura acima.

Cole um pedaço de cd, fornecido pelo professor, no interior da caixa de fósforos, conforme a figura abaixo.



Está feito o seu espectrógrafo de rede com cd. Você pode fazer um outro com penas pretas de galinhas, veja como:

#### Rede com penas pretas de galinhas:

Consiga um pena preta (assim você terá certeza que a cor que você vê, é realmente da decomposição da luz), ela dever ter as fibrilas bem finas. Coloque a mesma entre dois pedaços de vidro, fornecidos pelo professor, formando uma espécie de sanduíche. Pronto, você já tem um espectrógrafo genuinamente nacional, pois você deve ter utilizado penas de galinhas brasileiras!!! Teste a sua rede de difração para uma chama de uma vela, de preferência em um ambiente escurecido.

Com uma das redes de difração, observe o espectro formado pela chama de uma vela, observe bem todo o espectro e procure descrevê-lo. *As cores que estão sendo emitidas na chama da vela variam também com os tipos de átomos presentes na chama .*

Agora, você vai mudar os átomos que estão emitindo luz.

- adicione sal de cozinha ( cloreto de sódio) na chama da vela. Observe e analise a diferença com o que você havia observado antes.
- Agora adicione sulfeto de cobre, e observe novamente o que você observa com a sua rede de difração.
- Por último adicione permanganato de potássio à chama da vela e faça uma nova análise do espectro.

## RELAÇÃO ENTRE A TEMPERATURA DA FONTE E O SEU ESPECTRO (lei de Planck)

Você já pensou em como os astrônomos obtêm informações sobre a temperatura das estrelas?

Você já deve ter reparado em sua casa, que quando a rede de energia elétrica está “em meia fase”, ou seja com a “força fraca” a cor da lâmpada incandescente fica mais “amarelada”!!! Isso acontece por que a cor de um objeto luminoso depende da sua temperatura, lembra da Lei de Planck, comentada pelo professor?

Vamos entender o que acontece, então!!!!

O professor fornecerá um circuito elétrico simples, composto de bateria, lâmpada e um dimmer (limitador de corrente elétrica).

Observe o espectro emitido pela lâmpada nas suas mais variadas luminosidades, para isso, altere a luminosidade através do dimmer, girando o botão para um lado ou outro.

Veja que quanto mais fraca a luz da lâmpada, mais fria ela é, pois menor o efeito Joule no filamento da lâmpada.

Que luz emite a baixa temperatura? E a alta temperatura?

Assim como o espectro de uma lâmpada, o espectro de uma estrela pode dar informações sobre a sua temperatura. Apesar de quase todas as estrelas emitirem todas as cores do espectro visível, essas emissões não têm iguais intensidades. As estrelas menos quentes emitem mais vermelho e menos azul; as mais quentes mais azul e menos vermelho.

Através da análise espectral vemos que o elemento predominante nas estrelas é o hidrogênio. Com altíssimas temperatura e pressões no interior das mesmas, quatro átomos de hidrogênio são fundidos formando um núcleo de hélio. Nessa fusão, 0,7% da massa se transforma em energia ( $E = m.c^2$ ), onde  $c$  é a velocidade da luz no vácuo ( $3 \times 10^8$  m/s). Somente a partir desta relação entre massa e energia é que compreendemos por quê as estrelas emitem fantásticas quantidades de energia, sem se consumirem rapidamente!!!

Bibliografia:

CANIATO, Rodolpho. *O céu*. Editora Ática. 2 edição. São Paulo. 1993.

[www.feiradeciências.com.br](http://www.feiradeciências.com.br)

## APÊNDICE E

### ATIVIDADE 5

#### **Achando a Velocidade de Luz com manteiga!!!**

**Objetivo:** Mostrar que é possível demonstrar que a velocidade da luz é igual a  $3 \times 10^8$  m/s, através de uma experiência simples.

Estudantes em físicas sempre parecem ser fascinados pelas propriedades de luz. Porém, demonstrações de velocidade da luz requerem freqüentemente preparação extensa ou equipamento caro. Preparamos uma demonstração de sala de aula simples que os estudantes também podem usar a cozinha de casa como laboratório.

A atividade requer um forno de microonda, um prato de caçarola microonda, 2 tabletes de manteiga, e uma régua. (O forno não deve ter plataforma giratória ou espelho giratório. Se houver, remova primeiro.) Primeiro, abra o tablete de manteiga e os coloque alinhados no prato. Logo, ponha o prato com os tabletes no microondas e cozinhe em baixo calor. Microondas não cozinham uniformemente e o tablete de manteiga começa a derreter mais em pontos diferentes. Devem aparecer umas 4 diferentes. Remova o prato da microonda e observe as manchas derretidas. Leve a régua e meça a distância entre as manchas derretidas. Esta distância corresponderá a um comprimento de onda da microonda, aproximadamente 13 cm. Agora, veja atrás do forno a freqüência da microonda. A maioria das microondas comerciais opera a 2450 MHz. Caso aparecer apenas uma marca na manteiga, gire um pouco o tablete e tente novamente, pois pode ser que a orientação do tablete não esteja de acordo com a onda produzida pelo aparelho.

Tudo que você deve fazer é multiplicar a freqüência pelo comprimento de onda. O produto é a velocidade de luz.

Exemplo:

Velocidade = Freqüência Comprimento de onda de ´

Velocidade = 2450 MHz x 0.122 m

Velocidade =  $2.99 \times 10^8$  m/s

## APÊNDICE F

### ATIVIDADE N° 6

#### CLASSIFICAÇÃO MORFOLÓGICA DE GALÁXIAS

Você recebeu uma amostra de fotos de 4 galáxias espirais. Para cada uma delas, meça, com uma régua, a razão  $b/a = (\text{eixo menor})/(\text{eixo maior})$ , e calcule a inclinação da galáxia em relação à linha de visada pela equação:  $i = \arcsen(b/a)$ .

Agora compare as galáxias abaixo com a lista de tipos morfológicas fornecida.

Galáxia	razão axial (b/a)	inclinação (i)	tipo morfológico
NGC 5364			
NGC4501			
NGC4527			
NGC4548			

#### Responda:

- Qual a galáxia mais de frente para nós? Qual a mais de lado?

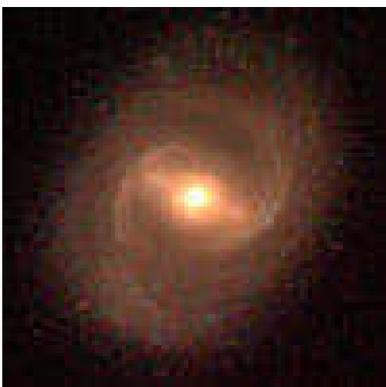
2. Qual é barrada?



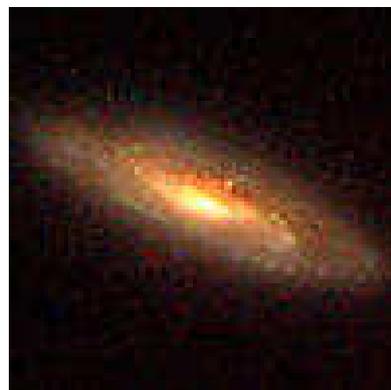
NGC 5364



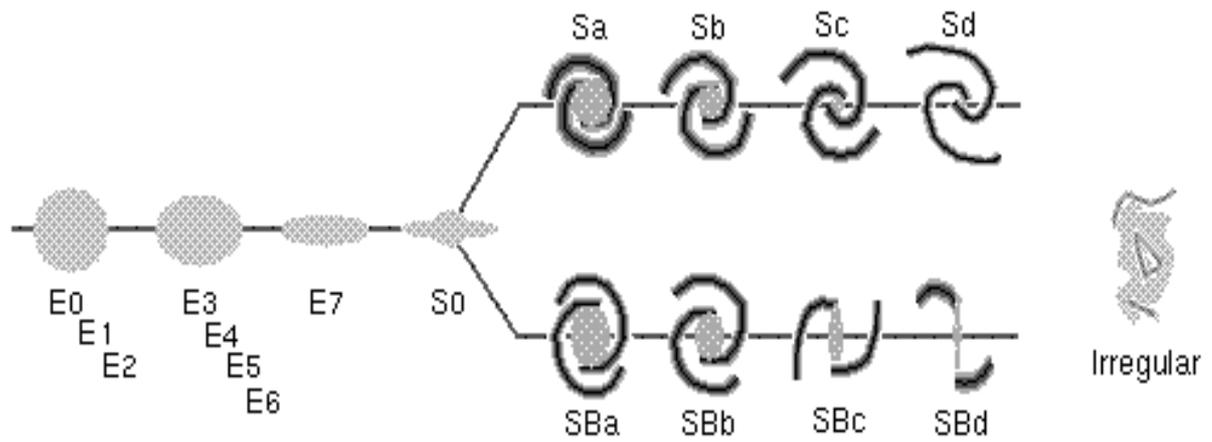
NGC 4501



NGC 4548



NGC 4527



The Hubble “tuning fork” Sequence of galaxy classification. Galaxies are classified by shape. The **elliptical** galaxies go from circular (E0) to significantly flattened (E7). The spirals are sub-divided into **regular spirals** and **barred spirals**. Each of them is further sub-divided into groups depending on the size of the central bulge and how tightly the arms are wound around the center. The **irregular** galaxies have no definite structure. This is **not** an evolutionary sequence!

<http://www.if.ufrgs.br/oei/exp/morf.html>

## APÊNDICE G

### ATIVIDADE N° 7

#### EXPERIMENTO DE DETERMINAÇÃO DA CONSTANTE SOLAR

A constante solar,  $F_{sol}$ , é o fluxo de radiação luminosa do Sol recebido aqui na Terra. Tem dimensões de energia por unidade de área e por unidade de tempo. Por exemplo, podemos expressá-la em  $J/m^2/s$  ou, simplesmente,  $W/m^2$ . Seu valor, se medido fora da atmosfera da Terra e com um detector perfeito, seria  $F_{sol} = 1390 W/m^2$ . Ou seja, uma área de  $1 m^2$  à distância em que se encontra a Terra do Sol recebe deste último 1390 Joules de energia na forma de luz a cada segundo. Este roteiro explica como determinar um valor aproximado para a constante solar usando não mais do que gelo, nanquim.

A idéia é simples: a energia luminosa que incide sobre uma superfície escura é quase toda absorvida. Se a superfície for de gelo à temperatura de uns  $0^{\circ}C$ , essa energia será então usada para derreter o gelo. Podemos, portanto, medir a quantidade de energia que foi absorvida pela superfície em um determinado intervalo de tempo, medindo (com um Becker) o volume de gelo derretido.

Suponha que após um intervalo de tempo  $T$  de exposição à luz do Sol, um volume  $V$  de gelo tenha se derretido em uma superfície de área  $A$ . Como a densidade da água é de  $1 g/cm^3$ , podemos calcular a massa de água  $m$  correspondente ao volume  $V$ :

$$m(\text{em gramas}) = 1 g/cm^3 \times V(\text{em } cm^3)$$

Lembre-se que é provável que seu Becker ou proveta tenha uma escala graduada em ml. Mas a conversão é simples:  $1 \text{ litro} = 1 dm^3$ , logo  $1 ml = 1 cm^3$ !

Conhecida a massa de água em gramas, podemos determinar a quantidade de energia absorvida pela amostra de gelo. Para isso basta multiplicarmos a massa  $m$  pelo calor de fusão da água, que é de  $80 \text{ calorias/g}$ . Logo a energia total absorvida,  $Eluz$ , é de:

$$Eluz (\text{em calorias}) = m (\text{em gramas}) \times 80 \text{ calorias/g}$$

Para converter  $Eluz$  de calorias em Joules, basta lembrarmos que  $1 \text{ caloria} = 4,2 \text{ J}$ .

Logo:

$$Eluz (\text{em Joules}) = Eluz (\text{em calorias}) \times 4,2 \text{ J / caloria}$$

Podemos então fazer uma primeira estimativa da constante solar simplesmente dividindo  $Eluz$  pelo intervalo de tempo e pela área da superfície:

$$F_{sol} = Eluz / (A T)$$

Temos então energia por unidade de área e por unidade de tempo. As unidades de nossa primeira estimativa da constante solar dependerão das unidades usadas para exprimir o intervalo de tempo  $T$  e a área  $A$ , bem como a energia  $Eluz$ .

Contudo, podemos melhorar a nossa estimativa de  $F_{\text{sol}}$  lembrando de duas coisas: primeiro, parte da energia  $E_{\text{luz}}$  absorvida na verdade não veio da luz do Sol. Energia também é absorvida pelo gelo a partir do meio ambiente, que estará, em geral, mais quente do que  $0^{\circ}\text{C}$ . É o processo da condução térmica. Nós queremos isolar apenas a quantidade de energia trazida pela luz do Sol. Como fazer isso? É simples. Basta deixarmos uma outra superfície de gelo, de mesma área que a primeira, na sombra, tal como exemplificado na figura abaixo. Se as deixarmos próximas uma da outra, podemos assumir que a quantidade de calor transmitido às duas amostras de gelo por condução térmica e em um dado intervalo  $T$  de tempo, será a mesma. Além disso, podemos minimizar o efeito de condução de calor através do solo colocando as amostras sobre folhas de isopor. Podemos então, ao final do intervalo de tempo, subtrair o volume de gelo derretido da amostra na sombra do volume de gelo derretido da amostra exposta à luz do Sol. Teremos então:

$$V = V_{\text{luz}} - V_{\text{sombra}}$$

A partir daí, podemos usar as mesmas expressões matemáticas descritas acima para calcular  $E_{\text{luz}}$ , sabendo que, desta vez,  $E_{\text{luz}}$  será realmente a energia absorvida pelo gelo devido à radiação solar somente.

A outra melhoria em nossa estimativa leva em conta efeitos de projeção geométrica. No cálculo de  $F_{\text{sol}}$ , ao dividirmos  $E_{\text{luz}}$  pela área  $A$  da superfície de gelo, estamos cometendo um erro, pois a luz do Sol não incide sobre essa área perpendicularmente. Os raios solares incidem sobre a superfície da Terra obliquamente. O ângulo entre a direção dos raios solares e a vertical é chamado de distância zenital. A distância zenital do Sol, comumente representada pela letra  $Z$ , depende da hora do dia, do dia do ano e da latitude do observador. O fato é que a área efetiva sobre a qual os raios solares incidem é igual a  $A \cos Z$ . Considere um exemplo extremo: o Sol no horizonte. Neste caso, os raios solares vão passar paralelos ao solo, horizontalmente, não batendo na superfície de gelo, suposta colocada sobre um plano horizontal. Assim sendo, temos  $Z = 90^{\circ}$ , e a área efetiva será 0. No caso em que o Sol está a pino, os raios solares batem perpendicularmente na superfície do gelo,  $Z = 0$ , e a área efetiva é  $A$ .

O valor mais preciso para  $F_{\text{sol}}$  será então:

$$F_{\text{sol}} = E_{\text{luz}} (\text{obtida usando o volume } V = V_{\text{luz}} - V_{\text{sombra}}) / (T A \cos Z)$$

O ângulo  $Z$  pode ser medido pela sombra projetada por uma trave vertical fincada ao chão. Conhecida a altura  $h$  da trave e medindo-se o comprimento  $L$  de sua sombra temos:

$$\text{tg } Z = L / h$$

Uma pessoa de altura bem conhecida, medida sua sombra, também pode ser usada no cálculo de  $Z$ .

Um detalhe já mencionado e que não deve ser esquecido é que o gelo, para absorver o máximo de energia luminosa tem que ser escuro. Uma maneira simples de criar gelo escuro é misturar nanquim a um volume de água e levar a mistura ao congelador.

Note que o valor de  $F_{\text{sol}}$  obtido por este experimento será sempre menor do que os  $1390 \text{ J/s/m}^2$  mencionados no início deste texto. Isso porque a atmosfera da Terra absorve grande parte da luz do Sol, especialmente se houver nebulosidade ou nuvens e se o valor de  $Z$  for muito grande (o que ocorre no inverno). Para se obter um valor mais preciso de  $F_{\text{sol}}$ , portanto, é mais aconselhável realizar este experimento nos meses de verão e/ou próximo ao meio dia, de um dia de céu limpo, sem neblina ou nuvens.

Original: <http://www.if.ufrgs.br/oei/exp/fsol.htm>

## APÊNDICE H

### ATIVIDADE N° 8

#### Expansão do universo

Você viu em sala de aula, que ao se analisar a luz provenientes das galáxias percebemos que há um desvio para o vermelho em seus espectros, devido ao Efeito Doppler. Logo, essas galáxias estão se afastando de nós. A partir disso, é possível estabelecer algumas relações importantes.

Neste exercício você vai verificar a relação entre velocidade de afastamento e distância para objetos num espaço em expansão. Você vai precisar do auxílio de um colega para fazer as medidas.

Para isso você vai usar:

- um elástico de 50 cm de comprimento e largura em torno de 2 cm
- uma trena ou régua de 1m
- 5 botões
- linha e agulha

#### Procedimento

- Com a agulha e a linha, prenda os botões no elástico de forma que eles fiquem mais ou menos igualmente espaçados.
- Com a régua, tome um dos botões como referência e meça sua distância a cada um dos outros. Anote seus resultados na tabela.
- Agora estique o elástico até que ele fique aproximadamente com o dobro do tamanho. Segure-o firmemente pelas extremidades nessa posição e meça novamente as distâncias do botão de referência a cada um dos outros botões. Anote seus resultados na tabela.
- Agora largue o elástico e calcule a distância que cada botão percorreu no tempo que durou a expansão. Assuma que a expansão durou 1 s e calcule então a velocidade média de afastamento de cada botão em relação ao botão de referência. Anote na tabela.

- Faça um gráfico colocando no eixo X a distância inicial de cada botão ao botão de referência, e no eixo Y sua velocidade de afastamento durante a expansão.

	<b>distância inicial</b>	<b>distância final</b>	<b>deslocamento total</b>	<b>velocidade de afastamento</b>
<b>botão 1</b>				
<b>botão 2</b>				
<b>botão 3</b>				
<b>botão 4</b>				

- **Responda:**
  1. Que relação existe entre a velocidade de afastamento e a distância de cada botão? Escreva sua resposta em palavras ou em linguagem matemática.
  2. Qual a declividade da curva?
  3. O que essa declividade representa? Verifique qual a sua unidade.
  4. Essa relação mudaria se tomasse qualquer outro botão como referência? (em caso de dúvidas, repita o exercício com outro botão de referência)
  5. Se vemos todas as galáxias se afastando de nós, com velocidades de afastamento tanto maiores quanto maiores forem suas distâncias, o que podemos concluir?

Experimento adaptado do original: <http://www.if.ufrgs.br/mpef/mef008/c2004/1dh.html>

## APÊNDICE I

### ATIVIDADE nº 9 SOBRE CORPO NEGRO

Este experimento visa a demonstrar que a luz contém energia (chamada de energia eletromagnética (EM)) e que esta pode ser emitida ou absorvida pela matéria. Em especial, todo corpo emite e absorve luz. Isso porque todo corpo converte energia térmica (ou interna) em radiação EM (luz). A essa luz emitida chamamos de radiação térmica. Quanto maior a temperatura do corpo, maior a quantidade de luz por ele emitida. E quanto maior a quantidade de luz absorvida, para que o corpo mantenha constante sua temperatura, mais luz ele também tem que emitir. Se uma superfície é negra, por exemplo, isso significa que ela absorve mais luz do que uma superfície branca, tendendo a esquentar-se. Ao se tornar mais quente, a superfície negra também tende a emitir mais luz.

#### Procedimentos Experimentais

##### Equipamento:

- Duas latas de alumínio iguais;
- Tintas preta e branca;
- Dois termômetros;
- Uma lâmpada de 100 watts (com interruptor para ligar e desligar)

##### Procedimentos:

Uma lata deve ser pintada de branco, e a outra de preto. Coloque dentro de cada uma, um termômetro. Eles devem ficar em posições iguais em cada lata. Quando os termômetros marcarem a mesma temperatura, coloque ambas as latas próximas de uma lâmpada (em torno de dez centímetros) de 100 watts ligada. Verifique antes se as posições das latas e dos termômetros estão simétricas em relação à lâmpada. Tome a cada minuto a temperatura das duas latas, até que não haja mais aumento de temperatura. Logo após, remova a lâmpada e anote as temperaturas a cada minuto, novamente.

Experimento adaptado do original: <http://www.if.ufrgs.br/oei>

## APÊNDICE J

### RADIAÇÕES ELETROMAGNÉTICAS

Desde muito cedo, em nossas vidas, já sentimos os efeitos das radiações eletromagnéticas. Talvez a primeira delas seja, quando sentimos o calor do corpo de nossa mãe, e depois, a luz que iniciou os primeiros estímulos de nossa visão.

O calor e a luz visível são na verdade, parte das radiações eletromagnéticas disponíveis na natureza. O calor que se propaga do Sol até os nossos corpos é a radiação eletromagnética correspondendo ao infravermelho, de frequência menor que a frequência da luz visível. Mas existem muitas outras frequências das radiações eletromagnéticas, como por exemplo, raios-gama, raios-x, ultra-violeta, microondas, ondas de TV e rádio, etc.

Em 1850, Fizeau, Breguet e Foucault, em diferentes experiências demonstraram que a luz apresentava uma velocidade limite, em torno de 300.000 km/s e que essa velocidade diminuía quando a luz percorria a água, indicando que a luz sofria refração e, portanto, tinha um comportamento ondulatório. Essa interpretação ondulatória da luz foi usada como base para os trabalhos de James C. Maxwell. Este, através de suas famosas quatro equações do eletromagnetismo, conhecidas como as equações de Maxwell, demonstrou que a luz era uma onda eletromagnética, uma vez que tais equações previam que as ondas eletromagnéticas deveriam se propagar no vácuo com uma velocidade semelhante à da luz. Maxwell afirmou que a luz seria um distúrbio eletromagnético, e também que deveriam haver radiações eletromagnéticas para além da região visível. Maxwell escreveu:

*“ A velocidade das ondulações transversais no nosso meio hipotético, calculada a partir das experiências de eletromagnetismo efetuadas pelos Srs. Kolhraush e Weber ( 311.000 km/s), tem um valor tão próximo do valor da velocidade da luz calculado a partir de experiências de óptica realizadas pelo Sr Fizeau que é difícil evitar a inferência de que a luz consistirá em ondulações transversais do mesmo meio que é a causa dos fenômenos elétricos e magnéticos”.*

Apesar das previsões teóricas, Maxwell não viu a verificação experimental confirmar tal teoria. Foi um físico alemão chamado H. Hertz, que primeiro gerou em laboratório, ondas eletromagnéticas com todas as propriedades previstas por Maxwell.

Cargas elétricas produzem campos elétricos, quando em movimento uniforme essas cargas também produzem campo magnético. Nestes casos, os campos elétrico e magnético são considerados estáticos.

Uma das coisas mais importantes da teoria de Maxwell foi a previsão de que campos elétricos e magnéticos poderiam se “libertar” de suas fontes, e propagaram-se pelo espaço sob a forma de ondas eletromagnéticas. Isso se consegue, por exemplo, quando nas antenas de rádio as cargas do metal de que são feitas as antenas são forçadas a oscilarem.

As ondas eletromagnéticas sofrem fenômenos de refração e difração, mas ao contrário das ondas mecânicas, não necessita de um meio para a propagação. Isso criou um certo desconforto nos cientistas da época e, assim, propuseram que o espaço fosse preenchido por uma substância denominada *éter*, na qual as ondas eletromagnéticas se propagavam (o que explicaria como a luz do Sol percorreria o espaço até nós). Tal idéia sucumbiu mais tarde pela Teoria da Relatividade.

Podemos dizer que as ondas eletromagnéticas são oscilações espaciais e temporais dos campos elétricos e magnéticos que se propagam pelo espaço, onde esses campos são sempre perpendiculares entre si.

Ondas eletromagnéticas são classificadas de acordo com o seu comprimento de onda e frequência. A luz visível é composta por ondas eletromagnéticas com comprimentos de onda que variam de  $4 \times 10^{-7}$  m (luz violeta) até  $7 \times 10^{-7}$  m (luz vermelha). Ao conjunto de valores de frequência e comprimentos de onda chamamos de *espectro eletromagnético*. A luz do Sol é chamada de branca, pois possui todas as frequências (o que para nós são as cores). Quando essa luz atravessa um prisma ou uma gota de água parte dela sofre a refração, onde cada frequência da luz (cor) será espalhada em ângulos diferentes, provocando a decomposição da luz ou o que chamamos de “arco-íris”.

Com a evolução da compreensão da constituição da matéria, começaram a aparecer algumas indagações que a Física não conseguia desvendar, como por exemplo, as radiações de alta energia, ou altas frequências indicavam uma estrutura atômica mais complexa e ondas eletromagnéticas demonstravam comportamentos corpusculares, pois se verificavam que ondas eletromagnéticas “colidiam” com a matéria como se fossem objetos.

Ao final do século XIX, Max Planck, físico alemão, verificou que a luz emitida por fornos utilizados na metalurgia, podia ter certos valores múltiplos de uma unidade mínima (chamados quantum) de energia. Conseguiu, ele, uma exatidão matemática para a relação da cor da luz emitida pelo forno e a sua temperatura, coisa até então não resolvida, mas Planck não conseguiu dar um sentido físico para isso. A partir de sua teoria, evidenciava que a energia das radiações eletromagnéticas era formada por “degraus”, os “quanta”, não haveria uma continuidade na energia, era como se “a luz fosse emitida aos soluços”, como dissera Planck na época. Mas sendo Planck um físico de formação clássica, foi para ele muito difícil aceitar que a radiação eletromagnética vista até então, como um fenômeno ondulatório, tivesse também aquele comportamento diferenciado, onde a emissão e a absorção de radiação se dava

sob a forma de porções distintas de energia. Planck teve que enfrentar forte resistência da comunidade científica da época, pois tal teoria não encontrava base na Física da época.

Em 1905, A. Einstein publica a sua Teoria do Efeito Fotoelétrico, onde ele cria a hipótese dos quanta de luz, creditando a Max Planck o pioneirismo da revolução quântica na Física.

O efeito fotoelétrico consiste na emissão de elétrons, por materiais metálicos, quando sobre eles incide um feixe de luz. Para Einstein, a luz tinha um comportamento corpuscular, era constituída de pacotes de energia, chamados *fótons ou quantum de luz*. A princípio a comunidade científica, também não viu com bons olhos esta teoria. Mas experimentos, realizados posteriormente, demonstraram a eficácia dessa teoria. Assim, é notória a sua importância para a história da Física, uma vez que ela conseguiu estabelecer os alicerces da teoria quântica.

A partir da hipótese de Planck, Einstein mostrou que a luz era uma onda de energia bem definida e, portanto, melhor seria imaginá-la composta por partículas, as quais teriam também uma quantidade de movimento (reforçando o comportamento corpuscular dos fótons). Começa a nascer aí, a *dualidade onda-partícula*.

Em 1924, Louis Raymond, Príncipe de Broglie (1892-1987) instigou a comunidade científica ao defender a sua tese Pesquisas sobre a Teoria dos Quanta, onde ele mostrava que o elétron apresentava um caráter dual (onda-partícula). Einstein ficou muito entusiasmado com a tese de De Broglie. Mais tarde, com a descoberta da difração eletrônica, tal teoria teve o reconhecimento científico e histórico, pois através de suas idéias é que se desenvolveu a Física Moderna.

César Eduardo Schmitt

## APÊNDICE L

### QUESTIONÁRIO OPINATIVO

\*O objetivo deste questionário é o de colher a opinião dos alunos quanto às aulas sobre radiações eletromagnéticas. Utilize o seguinte código para assinalar a afirmativa de sua escolha.

#### CP –Concordo Plenamente

**C – Concordo**

**NO – Não tenho Opinião ou estou indeciso**

**D – Discordo**

**DT – Discordo Totalmente**

1. As aulas não estimularam o interesse pela matéria.

<b>CP</b>	<b>C</b>	<b>NO</b>	<b>D</b>	<b>DT</b>
-----------	----------	-----------	----------	-----------

2. O professor foi pouco didático.

<b>CP</b>	<b>C</b>	<b>NO</b>	<b>D</b>	<b>DT</b>
-----------	----------	-----------	----------	-----------

3. Os conteúdos foram abordados de forma interessante.

<b>CP</b>	<b>C</b>	<b>NO</b>	<b>D</b>	<b>DT</b>
-----------	----------	-----------	----------	-----------

4. Foram estabelecidas relações entre teoria e prática.

<b>CP</b>	<b>C</b>	<b>NO</b>	<b>D</b>	<b>DT</b>
-----------	----------	-----------	----------	-----------

5. Aliar o conteúdo das radiações com a astronomia foi interessante.

<b>CP</b>	<b>C</b>	<b>NO</b>	<b>D</b>	<b>DT</b>
-----------	----------	-----------	----------	-----------

6. Você recomendaria esta abordagem para outras turmas .

<b>CP</b>	<b>C</b>	<b>NO</b>	<b>D</b>	<b>DT</b>
-----------	----------	-----------	----------	-----------

7. Foram relacionados conteúdos com outras disciplinas .

<b>CP</b>	<b>C</b>	<b>NO</b>	<b>D</b>	<b>DT</b>
-----------	----------	-----------	----------	-----------

8. O professor se mostrou motivado durante as aulas.

<b>CP</b>	<b>C</b>	<b>NO</b>	<b>D</b>	<b>DT</b>
-----------	----------	-----------	----------	-----------

9. O conteúdo tem relação com o cotidiano.

<b>CP</b>	<b>C</b>	<b>NO</b>	<b>D</b>	<b>DT</b>
-----------	----------	-----------	----------	-----------

10. Houve engrandecimento do seu conhecimento científico.

<b>CP</b>	<b>C</b>	<b>NO</b>	<b>D</b>	<b>DT</b>
-----------	----------	-----------	----------	-----------

11. Passei a não gostar da astronomia.

<b>CP</b>	<b>C</b>	<b>NO</b>	<b>D</b>	<b>DT</b>
-----------	----------	-----------	----------	-----------

12. Acredito que compreendi melhor os conceitos físicos relacionados.

<b>CP</b>	<b>C</b>	<b>NO</b>	<b>D</b>	<b>DT</b>
-----------	----------	-----------	----------	-----------

13. Assisti a maior parte das aulas com interesse.

<b>CP</b>	<b>C</b>	<b>NO</b>	<b>D</b>	<b>DT</b>
-----------	----------	-----------	----------	-----------

14. Consegui entender o conteúdo, mesmo não tendo efetuado cálculos

<b>CP</b>	<b>C</b>	<b>NO</b>	<b>D</b>	<b>DT</b>
-----------	----------	-----------	----------	-----------

15. Prefiro aprender no modo “tradicional”

<b>CP</b>	<b>C</b>	<b>NO</b>	<b>D</b>	<b>DT</b>
-----------	----------	-----------	----------	-----------

16. O uso de aplicativos computacionais não forma válidos

<b>CP</b>	<b>C</b>	<b>NO</b>	<b>D</b>	<b>DT</b>
-----------	----------	-----------	----------	-----------

Poderia destacar aspectos positivos, quanto à forma do professor tentar tornar o conteúdo das radiações interessante, através de aspectos relacionados à Astronomia?

Poderia destacar aspectos negativos, quanto à forma do professor tentar tornar o conteúdo das radiações interessante, através de aspectos relacionados à Astronomia?

## APÊNDICE M

### Pré-teste e Pós-teste

NOME:.....

....

Assinale a alternativa que achar correta e faça um comentário se quiser.

1. O que você entende por radiação eletromagnética?
  - a) espécie de veneno que é emitido pelos materiais “radioativos”;
  - b) a ação de radio-amadores;
  - c) onda eletromagnética que se propaga no vácuo, com velocidade de 300.000 km/s;
  - d) propriedade de transmitir informações, por qualquer forma de transmissão.

Comentário:.....  
.....  
.....

2. O que você entende por espectro – eletromagnético?
  - a) forma de ser que pode atravessar obstáculos;
  - b) conjunto de frequências das ondas eletromagnéticas;
  - c) faixa determinada de frequência das ondas de rádio AM;
  - d) meio por onde se propagam as ondas eletromagnéticas;

Comentário:.....  
.....  
.....

3. Qual a diferença entre calor e temperatura?
  - a) calor é a sensação que sentimos, quando expostos a altas temperaturas e temperatura é o que marca o termômetro;
  - b) temperatura é uma sensação humana e o calor é um fluido que emana dos corpos mais quentes que nós;
  - c) calor é a radiação emitida por um corpo devido à sua temperatura, enquanto que a temperatura é uma medida indireta, para medir o grau médio de vibração das moléculas que constituem o corpo a ser observado;
  - d) calor é um tipo de fluido solar e temperatura é um estado de equilíbrio térmico com o ambiente.

Comentário:.....  
.....  
.....

4. Existe alguma forma de se detectar uma radiação eletromagnética, sem o uso de aparelhos eletrônicos?
  - a) sim, dependendo da frequência da radiação a ser detectada;
  - b) não, radiação eletromagnética necessita de aparelhos elétricos ressonantes;
  - c) sim, podemos detectar as radiações eletromagnéticas utilizando o sentido do olfato, pois a radiação eletromagnética tende a queimar os corpos sobre os quais ela incide;
  - d) não, pois não podemos determinar de onde elas procedem. Precisamos primeiro localizar a sua fonte.

Comentário:.....  
.....  
.....

5. A frequência de uma onda eletromagnética pode dar alguma pista sobre a fonte que a emitiu?
  - a) não, pois a frequência depende apenas do meio em que a onda se propaga;
  - b) sim, uma vez que a frequência é determinada pela fonte que a emitiu;
  - c) não, pois a frequência da onda eletromagnética sempre pode ser transformada por interferência de outras fontes;
  - d) sim, devido ao vácuo.

Comentário:.....  
.....

6. Os raios – X (tipo de radiação eletromagnética), utilizados largamente na Medicina, são prejudiciais a saúde, por quê?
- a) porque os aparelhos que emitem os raios – X têm em seu interior elementos químicos radioativos;
  - b) porque os raios – X atravessam o nosso corpo;
  - c) porque a sua radiação é ionizante, ou seja, pode alterar a configuração eletrônica das moléculas que constituem os tecidos vivos;
  - d) por que os aparelhos de raios – X necessitam de altas-voltagens para funcionar.

Comentário:.....  
.....  
.....

7. O que você entende por dualidade onda-partícula?
- a) a propriedade das ondas eletromagnéticas de se comportarem como ondas e como partículas, simultaneamente;
  - b) a propriedade de uma partícula qualquer ser transformada em uma onda, por ação de radiação qualquer;
  - c) é a função do nêutron ao sofrer decaimento radioativo;
  - d) são ondas periódicas formadas por um aglomerado de partículas que viajam pelo vácuo.

Comentário:.....  
.....  
.....

8. O que você entende por fóton?
- a) partícula subatômica que constitui a luz visível;
  - b) pacote de energia bem definida que se propagam no vácuo à 300.000 km/s;
  - c) luz emitida por um flash eletrônico;
  - d) partículas que provêm de lâmpadas fluorescentes, sem cor definida.

Comentário:.....  
.....  
.....

9. O que você entende por “órbitas quantizadas” dos elétrons, nos átomos?
- a) significa que há um determinado número inteiro de elétrons que podem participar das variadas órbitas possíveis nos átomos;
  - b) significa que as órbitas são na verdade estados de energia bem definidos, onde existe uma probabilidade de se encontrar elétrons;
  - c) que é possível contar as camadas eletrônicas dos átomos;
  - d) são órbitas dos elétrons, em torno do núcleo, que possuem um número inteiro de energia cinética de translação .

Comentário:.....  
.....  
.....

10. A radiação eletromagnética produzida por todos os aparelhos eletrônicos são inofensivos à saúde humana?
- a) sim, pois todos os aparelhos eletrônicos disponíveis são criteriosamente analisados antes de serem colocados no mercado;
  - b) sim, pois todos os aparelhos utilizados oferecem uma blindagem eficiente às radiações nocivas;
  - c) não, pois dependendo do aparelho a radiação emitida pode ser ionizante, prejudicando assim a saúde humana;
  - d) não, uma vez que sendo uma radiação eletromagnética há sempre perigo da exposição a essa radiação.

Comentário:.....  
.....  
.....

## O espectroscópio de pvc

### Objetivo

Permitir a visualização das raias e bandas do espectro da luz solar, conhecidas como linhas de Fraunhofer.

Desde que Joseph von Fraunhofer (1787-1826) descobriu raias sobre o espectro da luz solar decomposta, elas se tornaram as mais importantes ferramentas astronômicas depois do telescópio. Esta descoberta nos permitiu analisar de que elementos o Sol é composto e chegamos a descobrir o hélio no Sol antes mesmo que fosse conhecido na Terra. Por isso ele tem este nome (do grego, Helios = Sol). Hoje analisamos a composição de estrelas, nebulosas e até de galáxias. Foram descobertas estrelas duplas impossíveis de separar visualmente, determinadas suas velocidades e medidas as velocidades de afastamento das galáxias, o que resultou na descoberta da expansão do universo.

Além da Astronomia, vários outros ramos da ciência foram beneficiados com a descoberta e muitos laboratórios modernos dispõem de espectrógrafos e espectrômetros de vários tipos.

### Material

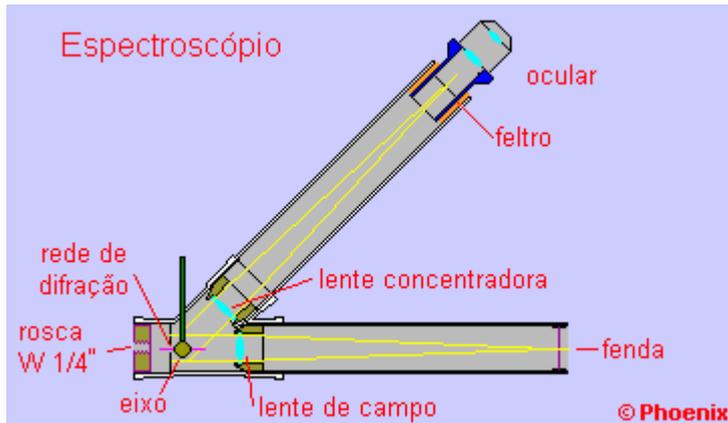
- duas lentes de óculos de 3 ou 4 dioptrias (3 ou 4 graus)
- tubo de pvc de 40 mm de diâmetro
- uma ocular de telescópio ou binóculo.
- tê de 45° de pvc de 40 mm (derivação em Y)
- disco de CD sem uso
- pedaços de madeira

### Montagem

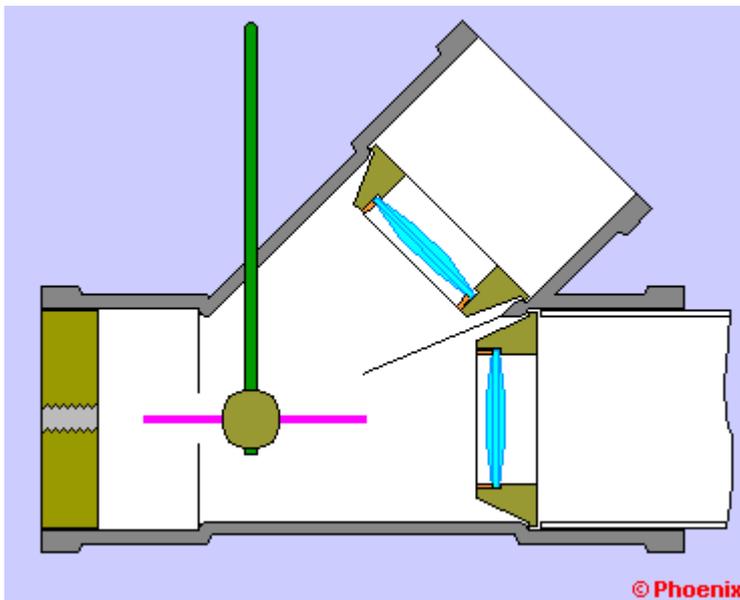
Um espectroscópio consiste basicamente em uma fenda, por onde penetra luz, uma lente de campo para tornar os raios paralelos, um prisma ou uma rede de difração, uma lente para concentração do feixe e uma ocular para examinar a imagem. No lugar da rede de difração vamos usar um pedaço de CD, montado sobre um eixo, o que nos permitirá selecionar o comprimento de onda. Olhando pela ocular veremos um campo colorido, uma parte do espectro da luz, e sobre este fundo alguns traços escuros: as raias de absorção.

Um bom espectroscópio permite ver milhares de linhas, correspondentes aos níveis de energia dos elétrons de vários níveis de cada elemento.

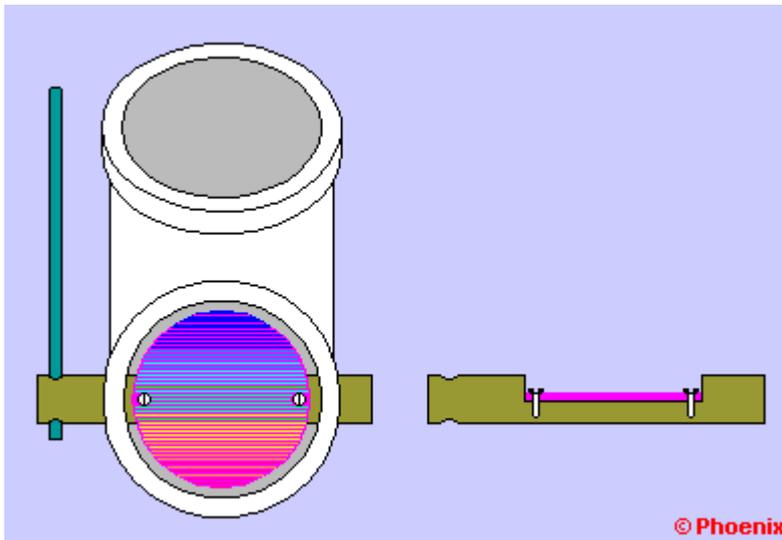
Nosso instrumento simples permitirá ver algumas, as mais destacadas, mas poderemos notar que no fundo existem dezenas de outras menos marcantes.



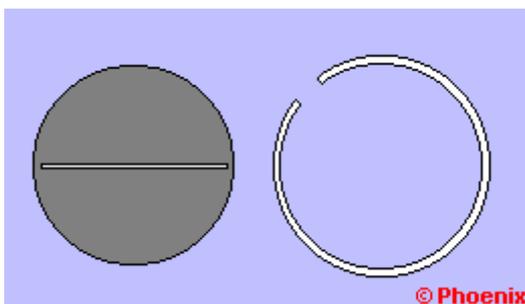
Fure o Y no ponto de intersecção das linhas de centro, com uma broca de 13 mm (1/2"). Faça um eixo de madeira com o diâmetro do furo. Numa das pontas do eixo monte uma alavanca para girar o conjunto.



Corte um disco de 36 mm de diâmetro sobre a melhor área do CD. Faça um entalhe no eixo, chanfre até o centro, e fixe a rede de difração usando cola ou 2 parafusos pequenos. Atenção para a orientação dos traços do disco. Feche a extremidade do Y com um bloco de alumínio ou madeira dura, onde foi feito um furo roscado de 1/4". Esta rosca permitirá a montagem do conjunto sobre um tripé de máquina fotográfica.



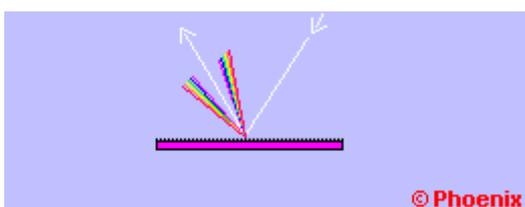
As lentes poderão ser de óculos de leitura, aqueles vendidos por ambulantes por 4 ou 5 reais. Retire as lentes e arredonde-as usando uma lixa. Faça suportes e fixe as lentes com cola ou anéis elásticos. Corte dois pedaços de tubo com comprimentos iguais às distâncias focais das lentes (use uma trena e o Sol para medir, se necessário).



Na ponta de um tubo monte a fenda, que pode ser feita de uma lâmina de alumínio fina. Recorte um disco de 37 mm e use uma régua e um estilete para fazer uma fenda bem fina e reta passando pelo centro. Use dois anéis do próprio tubo para fixar o disco. No segundo tubo monte um suporte para a ocular envolvido com um material deslizante (feltro ou espuma) para permitir a focalização. Pinte a parte interna dos tubos com tinta latex (PVA) preta ou cinza.

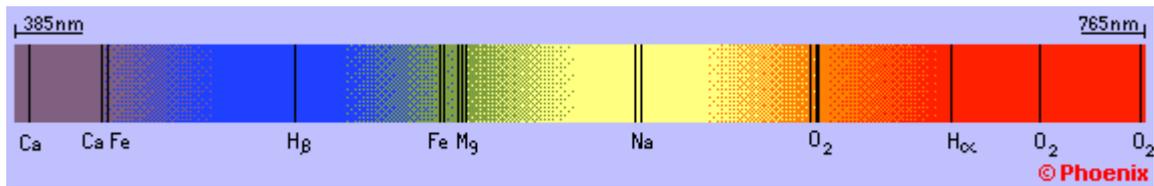
#### Procedimento

Retire a ocular e aponte a fenda para o Sol. Acione a alavanca até ver o brilho do Sol através da fenda.



Quando apontado para a fenda a rede de difração funcionará como um espelho, mas de cada lado do raio emergente será gerado um espectro, começando pelo extremo violeta. Em seguida gire lentamente a alavanca até ver o brilho violeta do extremo do espectro. Coloque a

ocular e você verá o campo totalmente preenchido pela cor atual do comprimento de onda selecionado. Girando lentamente a alavanca, vá alterando a posição da rede de difração. A cor do fundo e a disposição das raias nos ajudarão a identificá-las.



No extremo violeta aparecem as linhas do cálcio (Ca) seguidas por uma raia devida ao ferro (Fe). No meio da região azul aparece uma linha do hidrogênio beta (H<sub>β</sub>). Entrando na faixa verde aparecem duas linhas do ferro seguidas da raia tripla do magnésio (Mg). No centro da faixa amarela estão as raias de absorção do sódio (Na). Entrando na faixa vermelha do espectro estão a banda do oxigênio molecular (O<sub>2</sub>) e a raia do hidrogênio alfa (H<sub>α</sub>). As duas últimas linhas mais distintas são devidas ao oxigênio molecular da nossa atmosfera, e servem de exemplo de como um gás pode ser analisado quando introduzido entre a fonte de luz e o espectroscópio.

Compare o espectro da luz solar com um de uma lâmpada incandescente. Verifique a diferença entre estes e os espectros de luzes "monocromáticas", como os led's (diodos emissores de luz) coloridos, lâmpadas de vapor de mercúrio, de sódio, de iodo e de xenônio.

Este projeto é original de [http://observatoriophoenix.astrodatabase.net/k\\_ensaios/24\\_k00.htm](http://observatoriophoenix.astrodatabase.net/k_ensaios/24_k00.htm)

## APÊNDICE O

### A potência do Sol em um copo de água

As substâncias possuem uma característica conhecida como calor específico. Esta grandeza nos diz quanto calor (medida em Joules ou calorias) é necessário para elevar em um grau centígrado a temperatura de um grama do material. Para a água, esta grandeza vale  $1\text{cal/g}^\circ\text{C}$ . Assim, se medirmos em quanto tempo uma certa quantidade de água teve sua temperatura alterada em tantos graus, saberemos quanto calor esta água recebeu. Se a água foi posta no Sol, acabamos de descobrir quanto calor o Sol está fornecendo naquele ponto.

Na realização deste experimento, precisaremos de:

uma certa quantidade de água (foram usados 360g—um copo);

um termômetro;

um relógio;

o Sol.

Primeiramente, medimos a temperatura da água na sombra e, depois de colocá-la no Sol, fazemos medições a cada minuto, preenchendo a seguinte tabela:

	Temperatura em graus Celsius	Varição da temperatura ( $^\circ\text{C}$ )
Sombra	28,4	—
Após 1 minuto	29,6	1,2
Após 2 minutos	29,9	0,3
Após 3 minutos	30,3	0,4
Após 4 minutos	30,5	0,2
Após 5 minutos	30,8	0,3
Após 6 minutos	31,2	0,4

Após 7 minutos	31,4	0,2
Após 8 minutos	31,6	0,2
Após 9 minutos	31,9	0,3
Após 10 minutos	32,0	0,1

Podemos considerar espúrio o primeiro resultado na variação (ele destoa dos demais), creditando-o à histerese do material. Assim, a variação média, para um minuto, é  $0,267^{\circ}\text{C}$ . Como o calor específico da água tem valor unitário, basta multiplicarmos esta variação média pela quantidade de água, medida em gramas:  $0,267 \cdot 360 = 96,12\text{cal/min}$ . Esta é a quantidade de calor que nosso copo absorveu, em média. O raio de nosso recipiente vale  $6,5\text{cm}$ , o que dá uma área superficial de  $33,18\text{cm}^2$  (isso porque fizemos nossas medições com o Sol a pino. Caso as fizéssemos com o Sol mais baixo, precisaríamos calcular a seção-reta de incidência). Assim, podemos calcular a constante solar, que é a quantidade de calor que o Sol emite por unidade de tempo e área na superfície da Terra:  $96,12/33,18 = 2,90\text{cal/cm}^2 \text{ min.}$ , o valor tabelado é  $1,92\text{cal/cm}^2\text{min}$ , o que mostra que nosso experimento, apesar de bastante simplificado, nos deu uma ordem de grandeza correta!

Uma vez que temos este valor, podemos calcular a radiação solar média total. Isto nada mais é que a quantidade de energia que passa pela superfície esférica com raio equivalente à órbita da Terra, por unidade de tempo. Basta fazermos  $2,90$  (área da superfície esférica de raio  $R=1,48610^{13} \text{ cm}$ ), o que nos dá  $8,05 \times 10^{27} \text{ ca/min}$  ou  $5,61 \times 10^{26} \text{ W}$ . O valor tabelado é de  $3,92 \times 10^{26} \text{ W}$ . Nosso experimento extremamente simples nos deu um resultado com um erro de apenas 40%, aproximadamente! O que podemos fazer com esse resultado?

### **Cálculo da temperatura do Sol**

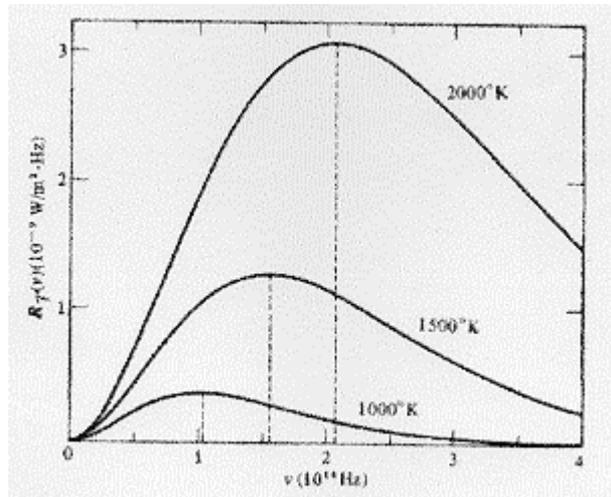
No último ano do século XIX, o físico alemão Max Planck apresentou um artigo intitulado "Sobre a teoria da lei de distribuição de energia do espectro normal". Embora este nome pomposo possa nos parecer complicado, o artigo tratava de um problema muito em voga naquela época: a energia. Na virada do século, a comunidade científica começava a perceber que certas coisas não podiam ser explicadas através da física newtoniana. As equações de

Maxwell e as transformações de Lorentz eram novidades. A relatividade de Einstein estava prestes a surgir, assim como a Mecânica Quântica. Este artigo é considerado o nascimento da física quântica.

A Mecânica Quântica representa uma generalização da Física Clássica. Assim como a relatividade estende as aplicações newtonianas ao mundo do muito veloz, a Física Quântica abraça o mundo do muito pequeno. Sua constante fundamental é chamada de constante de Planck, e geralmente é representada por  $h$ . Ela serve de régua para compararmos tamanhos; se algo é muito maior que  $h$ , pode ser descrito classicamente. Caso contrário, deve ser estudado pela mecânica quântica. O surgimento deste novo ramo se deu, como na maioria das vezes, através de experimentos que não podiam ser explicados.

A radiação emitida por um corpo devido à sua temperatura é chamada radiação térmica. Um ser humano típico emite radiação infravermelha (e é por isso que vemos, em operações militares noturnas, os soldados usando óculos de infravermelho). Esta e qualquer outra radiação pode ser organizada na forma de um espectro eletromagnético — um catálogo de radiações de diversos comprimentos de onda. Em geral, a forma detalhada do espectro emitido depende da composição do corpo emissor. Mas existem corpos conhecidos como corpos negros, ou cavidades, que emitem um espectro de caráter universal. Este espectro pode ser usado como parâmetro.

Um dado corpo negro qualquer emite o mesmo espectro que outro corpo negro arbitrário se ambos estiverem em uma mesma temperatura. Empiricamente, desde 1899 sabe-se que a distribuição espectral de um corpo negro depende de sua temperatura (mas sempre assumindo uma forma parecida) e do comprimento de onda da radiação estudada. A figura nos mostra três distribuições para corpos negros em diferentes temperaturas.



Fonte: EISBERG, Robert & RESNICK, Robert. Física quântica. Rio de Janeiro: Campus, 1988. p. 21.

Antes disso, porém, em 1879, o físico austríaco Josef Stefan, interessado em descobrir como corpos quentes se resfriavam e, conseqüentemente, emitiam radiação, chegou a uma conclusão muito interessante: a radiação total de um corpo é proporcional à quarta potência de sua temperatura absoluta. Esta lei, conhecida como lei de Stefan, introduz uma constante (representada pela letra grega sigma) conhecida como constante de Stefan-Boltzmann. Matematicamente falando, temos:

$$R_T = \sigma T^4.$$

Vamos imaginar agora uma área de  $1\text{m}^2$  localizada na superfície do Sol. Quanta energia atravessa esta área, por segundo? Basta dividirmos a energia total que atravessa a superfície do Sol ( $3,92 \times 10^{26}\text{W}$ ), por sua área total ( $6,15 \times 10^{18}\text{m}^2$ ), resultando em aproximadamente 64 milhões de watts por metro quadrado. Substituindo o valor de sigma por  $5,7 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{ K}^4$ , podemos dividir um número pelo outro, obtendo um valor de cerca de 5800K para a temperatura da superfície do Sol! E tudo começou com um copo d'água!

O que causa o brilho do Sol?

A massa estimada para o Sol é de aproximadamente 300.000 massas da Terra, ou  $2 \times 10^{30} \text{ kg}$ . A tabela seguinte nos mostra o quanto de energia, aproximadamente, resulta da queima de um quilo de determinados combustíveis:

Madeira	14.000.000J
Carvão vegetal	33.000.000J
Gasolina	41.000.000J

O que podemos fazer, agora? Queremos entender se é possível explicar a criação de energia no Sol através de um desses três combustíveis tão comuns em nosso dia-a-dia. Vejamos qual seria o potencial energético do Sol se toda sua massa fosse composta por madeira:  $2 \times 10^{30} \times 41.000.000\text{J} = 2,8 \times 10^{37}\text{J}$ . Assim, se essa energia fosse gasta na taxa de  $3,92 \times 10^{26} \text{ J/s}$  (lembrando que um watt nada mais é do que um joule por segundo), o Sol poderia viver 71.428.571.000s, ou pouco mais de dois mil anos. Obviamente o Sol é mais velho do que isso!

Repetindo este cálculo para o carvão vegetal, chegaríamos à conclusão de que o Sol deveria ter apenas 5.300 anos! Para a gasolina, teríamos um Sol com no máximo 6.500 anos. O que isso nos diz?

Fica claro que algum outro mecanismo fornecedor de energia é responsável pelo brilho e pelo calor que vêm do Sol. Durante muitas décadas procurou-se entender o que acontecia no interior do Sol. Lorde Kelvin, físico inglês, e Hermann Helmholtz, cientista

alemão, independentemente, propuseram que o Sol, na verdade, está, pouco a pouco, colapsando sobre si mesmo, devido à sua própria força de gravidade. Esta diminuição de volume causaria um aumento de pressão e, também, de temperatura. Estava aí o mecanismo gerador de calor. Cálculos um pouco mais complexos do que estes que fizemos aqui mostram que se isto fosse verdade o Sol não poderia viver mais do que alguns milhões de anos. E sabemos que a Terra, surgida depois do Sol, tem cerca de quatro bilhões de anos.

Foi apenas em 1905 que o surgimento da relatividade de Einstein mostrou a todos que  $E=mc^2$ , ou seja, que 1g de massa equivale a  $9 \times 10^{13}$ J de energia. Esta relação mostrava a equivalência entre massa e energia, mas ainda não explicava como uma podia se transformar na outra. Em 1919, o astrofísico inglês Eddington mostrou que a conversão de hidrogênio em hélio liberaria energia suficiente para alimentar o Sol, através de um processo chamado fusão nuclear. Os detalhes desta teoria foram fornecidos já na década de 30 pelos físicos Hans Bethe e Carl Weizsäcker. Finalmente estava explicado o mecanismo que alimenta as estrelas. No processo de fusão nuclear, quatro núcleos de hidrogênio (na verdade, quatro prótons) se juntam para formar um núcleo de hélio (dois prótons e dois nêutrons). Esta transformação deixa um excedente de  $4,8 \times 10^{-32}$  g, que é transformado em  $4,32 \times 10^{-18}$  J de energia. Como vimos, a potência do Sol é de  $3,92 \times 10^{26}$  J/s e, portanto, ele realiza aproximadamente  $10^{44}$  dessas reações em um segundo! São mais de quatro milhões de toneladas de matéria que se transformam em energia em um único segundo! Ou, colocando este número em um contexto apropriado, em um segundo o Sol perde 0,00000000000000000002% de sua massa. Ou, ainda, em todo o seu tempo de vida, apenas cerca de 0,025% de toda a matéria que compõe o Sol já foi transformado em energia!

### **As estrelas em geral**

Já entendemos, razoavelmente bem, como funciona o Sol. Sabemos, também, que o Sol é uma estrela, tendo como única característica especial sua proximidade de nós. Assim, podemos dizer (e que os lógicos e filósofos perdoem esta minha conclusão por indução) que sabemos, razoavelmente bem, o que acontece no interior das estrelas.

Na verdade, a vida de qualquer estrela (e a do nosso Sol em particular) pode ser entendida como um cabo de guerra entre duas poderosas forças. A primeira delas é a que empurra pra fora, querendo espalhar o envoltório estelar pelo espaço vizinho, destruindo a estrela. Ela é causada pela fusão nuclear nas regiões centrais. A segunda força é nossa velha conhecida e atende pelo nome de gravidade. A força da gravidade quer que toda a matéria que compõe a estrela desabe em direção ao seu centro, destruindo-a. As estrelas que vemos são estáveis porque estas duas forças estão em equilíbrio.

Já vimos que podemos estimar a temperatura do Sol usando a Lei de Stefan. Existe outro meio de estimar uma temperatura através de uma radiação recebida. Trata-se da Lei do deslocamento de Wien, batizada em homenagem a seu descobridor, o físico alemão Wilhelm Wien.

Todos os corpos emitem radiação eletromagnética, em diferentes comprimentos de onda. Dependendo da temperatura do corpo, a máxima emissão se dá em um ou outro comprimento de onda. Nosso Sol, a 5800K superficiais, tem seu máximo de emissão no comprimento de onda que equivale ao amarelo. Por isso o vemos desta cor. A temperatura do corpo humano privilegia a emissão no infravermelho.

Em 1893, Wien observou que o mais intenso comprimento de onda emitido por um corpo qualquer era inversamente proporcional à sua temperatura. Se lembrarmos que o comprimento de onda multiplicado pela frequência nos dá a velocidade da onda eletromagnética, uma grandeza fixa, temos que quanto maior o comprimento de onda, menor a frequência. Podemos ver, na figura, que quanto maior a frequência de máxima emissão, maior a temperatura do corpo emissor. Podemos, assim, estimar a temperatura de uma estrela se soubermos onde, em um gráfico como o mostrado, está o pico de emissão. Wien recebeu o prêmio Nobel de Física, em 1911, pelo conjunto de sua obra em radiação.

Podemos trazer esta discussão para o nosso cotidiano através de uma experiência mental (não tentem isso em casa!). Com um maçarico e uma barra de ferro, vamos perceber que à medida que o ferro esquenta, ele vai mudando de cor. Primeiramente, ele está emitindo radiação infravermelha (uma cor invisível aos nossos olhos) e só podemos vê-lo se a sala estiver iluminada. A temperatura da barra de ferro aumenta e ela começa a brilhar, com uma cor avermelhada. (Isso nada mais é do que a Lei de Deslocamento de Wien.) A temperatura continua aumentando, e agora a barra está alaranjada, caminhando para o amarelo. Se o ferro não derretesse, poderíamos levá-lo até o azul, o violeta, o ultravioleta (também invisível para os nossos olhos) e além.

Vimos, tanto pela Lei de Wien como por esta nossa experiência fictícia, que podemos estimar a temperatura de um corpo emissor através da cor predominante em seu espectro de radiação. Além disso, é óbvio, várias barras de ferro brilharão mais intensamente do que uma barra só, estando todas a uma mesma temperatura. Podemos, agora, voltar a falar de estrelas com nossa analogia ao cabo de guerra. Quanto maior a massa da estrela, maior a força da gravidade que tenta comprimi-la. Portanto, para que ela fique estável, maior deve ser a força direcionada para fora, causada pela fusão nuclear. Vale dizer que quanto maior a massa da estrela, maior será o seu brilho. (Aqui eu gostaria de citar um fato curioso: quanto maior a massa da estrela, menor o seu tempo de vida. Isto porque o combustível nuclear será consumido mais rapidamente, para contrabalançar a maior força de gravidade.)

## O diagrama H-R e a vida das estrelas

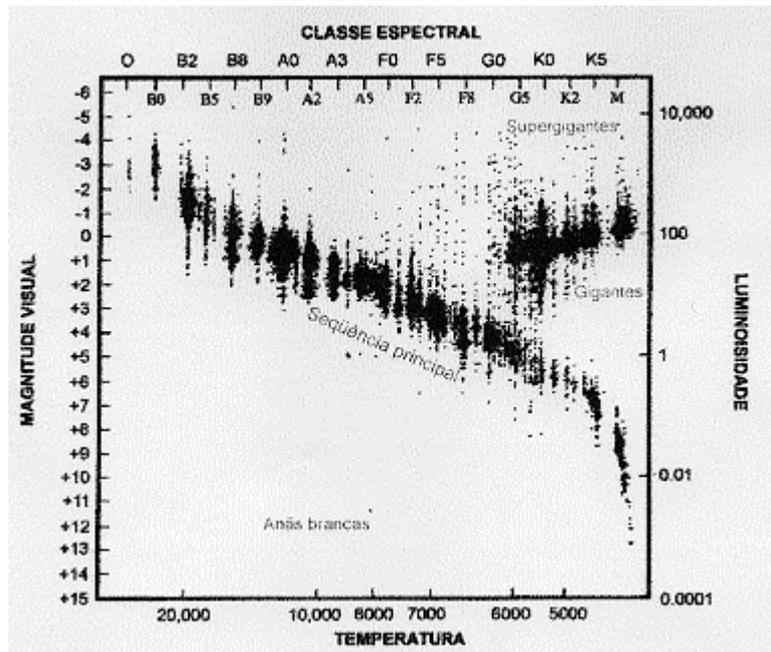
Em 1905, no mesmo ano em que Einstein apresentou ao mundo sua Teoria da Relatividade Restrita, o astrônomo dinamarquês Ejnar Hertzsprung começou a calcular a magnitude absoluta das estrelas, imaginando que todas elas estivessem a uma mesma distância. Não que ele pensasse isso, ele apenas queria eliminar o fator distância no cômputo do brilho estelar. Assim, se todas as estrelas estivessem a uma mesma distância, as mais massivas seriam sempre mais brilhantes.

Além disso, ele notou a existência de estrelas avermelhadas muito brilhantes e estrelas avermelhadas pouco brilhantes. A princípio, a cor indica a temperatura da estrela e, portanto, estas estrelas tinham uma mesma temperatura. Elas tinham, portanto, massas diferentes (pois esta luminosidade a que Hertzsprung se refere é a luminosidade absoluta, intrínseca à estrela). Quando foi publicado (em uma revista de fotografia!), o relatório de Hertzsprung não atraiu muita atenção dos estudiosos.

Menos de dez anos depois, o próprio Hertzsprung, e, independentemente, o astrônomo americano Henry Russell, chegaram a um diagrama (mostrado a seguir) relacionando brilhos (massa) a cores (temperatura). Este diagrama, conhecido como diagrama H-R em homenagem a seus descobridores, apresentava um fato notável: as estrelas apresentavam-se organizadas de algum modo que ainda não estava claro. (Vamos lembrar que isso aconteceu antes da descoberta da fusão nuclear.) A astrofísica estelar estava prestes a nascer.

No diagrama H-R aqui mostrado, cada ponto representa uma estrela. Quando o olhamos, estamos olhando uma "foto" do céu. Podemos imaginar, ao ver uma foto de uma multidão de pessoas, que nós, seres humanos, somos de vários tamanhos e compleições diferentes. Poderíamos achar, até, que alguns nascem velhos, outros nascem adolescentes e outros, ainda, nunca saem do estágio de bebê. Isso é absurdo, sabemos. Os humanos evoluem, passando por vários estágios que estão representados no instante da fotografia. Transportando este argumento para as estrelas, elas também evoluem, passeando pelo diagrama H-R.

As estrelas nascem a partir de grandes nuvens de gás, predominantemente o hidrogênio, conhecidas como nebulosas. A força da gravidade dá início a uma lenta compressão, que pouco a pouco vai causando um aumento da temperatura nas regiões centrais da nuvem. Quando a temperatura atinge um certo limite, começa a fusão do hidrogênio. A estrela "acende" e "entra" no diagrama H-R.



Fonte: MIHALAS, Dimitri & BINNEY, James. Galactic Astronomy. W. H. Freeman, San Francisco. 1981. p. 102.

Enquanto o cabo de guerra entre a força da gravidade e a pressão de radiação estiver em equilíbrio, a estrela está na sequência principal. Seu núcleo está transformando hidrogênio em hélio. Quando acaba o hidrogênio, a estrela colapsa sobre si mesma, é um triunfo momentâneo da gravidade. A pressão no núcleo aumenta e aumenta também a temperatura. Este aumento de temperatura permite o início da fusão do hélio. A estrela entra em um novo equilíbrio. Antes, porém, ela incha (a súbita "queima" de hélio causa essa expansão) e torna-se avermelhada (mais fria em suas camadas exteriores). Ela está, agora, em seu estágio de gigante vermelha.

E quando acaba o hélio? Dois caminhos podem ser tomados, agora, dependendo da massa total da estrela. Uma estrela de pouca massa, como o nosso Sol, não vai conseguir, através de seu próprio peso, aumentar sua temperatura central a ponto de forçar a fusão de outro elemento (o carbono). Desta forma, suas camadas externas são expelidas, formando algo chamado nebulosa planetária. O núcleo central passa a queimar resquícios de hidrogênio e hélio; estando muito pequena, esta estrela é conhecida como anã branca.

Quando a estrela é muito massiva, ela consegue forçar a fusão do carbono e de vários elementos sucessivos. Na natureza, o ferro é o limite. Não importa quanta massa possui uma estrela, ao chegar na fusão do ferro, ela explode em um fenômeno conhecido como supernova.

O núcleo central remanescente pode se tornar uma estrela de nêutrons (também chamada pulsar) ou colapsar ainda mais, totalmente, sobre si mesma, tornando-se um buraco negro.

Alexandre Cherman

Original: [http://www.fis.puc-rio.br/fis\\_intr/sol/sol.htm](http://www.fis.puc-rio.br/fis_intr/sol/sol.htm)

## APÊNDICE P

## **ANEXOS**

## AUTORIZAÇÃO

Eu, MICHELE TAÍS LAIZI, responsável pelo  
aluno MICHELE CARDOSO LAIZI, autorizo a  
divulgação de entrevista realizada com o mesmo em dezembro de 2004, quando da  
aplicação do projeto de mestrado do Sr. Professor César Eduardo Schmitt, que na época  
exercia o cargo de professor de Física no Instituto Estadual de Educação Sapiroanga.

Michele T. Laizi

Data: 10/03/2006

### AUTORIZAÇÃO

Eu, CLEIR DA SILVA, responsável pelo  
aluno ANA PAULA SANTOS DA SILVA, autorizo a  
divulgação de entrevista realizada com o mesmo em dezembro de 2004, quando da  
aplicação do projeto de mestrado do Sr. Professor César Eduardo Schmitt, que na época  
exercia o cargo de professor de Física no Instituto Estadual de Educação Sapiroanga.

Cleir da Silva

Data: 10/03/2006

## AUTORIZAÇÃO

Eu, ADEMAR RODRIGUES, responsável pelo  
aluno GILVAN MAURÍCIO RODRIGUES, autorizo a  
divulgação de entrevista realizada com o mesmo em dezembro de 2004, quando da  
aplicação do projeto de mestrado do Sr. Professor César Eduardo Schmitt, que na época  
exercia o cargo de professor de Física no Instituto Estadual de Educação Sapiroanga.

*Ademar Rodrigues*

Data: 10/03/2006

### AUTORIZAÇÃO

Eu, TIAGO RABELLO, responsável pelo  
aluno SANA I RABELLO, autorizo a  
divulgação de entrevista realizada com o mesmo em dezembro de 2004, quando da  
aplicação do projeto de mestrado do Sr. Professor César Eduardo Schmitt, que na época  
exercia o cargo de professor de Física no Instituto Estadual de Educação Sapiroanga.



Handwritten signature of Tiago Rabello in blue ink, written over a dotted line.

Data: 15/03/2006

### AUTORIZAÇÃO

Eu, GLADIS OBERHEUER, responsável pelo  
aluno GLAUCIO DANIELA OBERHEUER, autorizo a  
divulgação de entrevista realizada com o mesmo em dezembro de 2004, quando da  
aplicação do projeto de mestrado do Sr. Professor César Eduardo Schmitt, que na época  
exercia o cargo de professor de Física no Instituto Estadual de Educação Sapiroanga.

Gládis Oberheuer

Data: 15/03/2006

### AUTORIZAÇÃO

Eu, AMÉLIA da SILVA, responsável pelo  
aluno ROLIANA DA SILVA, autorizo a  
divulgação de entrevista realizada com o mesmo em dezembro de 2004, quando da  
aplicação do projeto de mestrado do Sr. Professor César Eduardo Schmitt, que na época  
exercia o cargo de professor de Física no Instituto Estadual de Educação Sapiroanga.

Amélia da Silva

Data: 13/03/2006

### AUTORIZAÇÃO

Eu, CRISTIANO NUNES, responsável pelo  
aluno MOMBAUE NUNES, autorizo a  
divulgação de entrevista realizada com o mesmo em dezembro de 2004, quando da  
aplicação do projeto de mestrado do Sr. Professor César Eduardo Schmitt, que na época  
exercia o cargo de professor de Física no Instituto Estadual de Educação Sapiroanga.

  
Cristiano Nunes

Data: 13/03/2006

### AUTORIZAÇÃO

Eu, ADEMAR WOLFF, responsável pelo  
aluno LEOMAR WOLF, autorizo a  
divulgação de entrevista realizada com o mesmo em dezembro de 2004, quando da  
aplicação do projeto de mestrado do Sr. Professor César Eduardo Schmitt, que na época  
exercia o cargo de professor de Física no Instituto Estadual de Educação Saporanga.



Data: 12/03/06

### AUTORIZAÇÃO

Eu, DANIELLE KURLITZER, responsável pelo  
aluno MAURÍCIO ANDRÉ KURLITZER, autorizo a  
divulgação de entrevista realizada com o mesmo em dezembro de 2004, quando da  
aplicação do projeto de mestrado do Sr. Professor César Eduardo Schmitt, que na época  
exercia o cargo de professor de Física no Instituto Estadual de Educação Sapiroanga.

Danielle Kurlitzer

Data: 12/03/2006

### AUTORIZAÇÃO

Eu, RONALDO ROSA, responsável pelo  
aluno GILBERTO FERNANDEZ DA ROSA, autorizo a  
divulgação de entrevista realizada com o mesmo em dezembro de 2004, quando da  
aplicação do projeto de mestrado do Sr. Professor César Eduardo Schmitt, que na época  
exercia o cargo de professor de Física no Instituto Estadual de Educação Sapiroanga.



Data: 12/03/2008