



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE FÍSICA
CURSO DE LICENCIATURA PLENA EM FÍSICA**

PAULO ADRIANO DOS SANTOS MARINHO

O BRILHO COLORIDO DE UMA ESTRELA

Campina Grande - PB

2014

PAULO ADRIANO DOS SANTOS MARINHO

O BRILHO COLORIDO DE UMA ESTRELA

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Licenciatura Plena
em Física da Universidade Estadual da
Paraíba, em cumprimento à exigência para
obtenção do grau de Licenciado em Física.

Orientador: Prof. Dr. José Fideles Filho

Campina Grande - PB

2014

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano da dissertação.

M338b Marinho, Paulo Adriano dos Santos.

O brilho colorido de uma estrela [manuscrito] / Paulo Adriano dos Santos Marinho. - 2014.

33 p. : il. color.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Física) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2014.

"Orientação: Prof. Dr. José Fideles Filho, Departamento de Física".

1. Estrelas. 2. Corpos celestes. 3. Sol. 4. Luz visível. I.
Título.

21. ed. CDD 523.1

PAULO ADRIANO DOS SANTOS MARINHO

O BRILHO COLORIDO DE UMA ESTRELA

Aprovado em 22 / 07 / 2014



Prof. Dr. José Fideles Filho / UEPB
Orientador



Prof.ª Dra. Morgana Lígia de Farias Freire / UEPB
Examinadora



Prof. Ms. Elialdo Andriola Machado / UEPB
Examinador

Campina Grande - PB

2014

Aos meus pais, esposa e demais familiares que me apoiaram, incentivaram e compreenderam os momentos aos quais estive ausente.
DEDICO.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela graça concedida de concluir esta graduação, pois sempre me deu força, equilíbrio e sabedoria para prosseguir nesta caminhada.

Ao professor José Fideles Filho, pela paciência, pelo incentivo e pelo seu valioso conhecimento transmitido, o qual proporcionou meu enriquecimento intelectual.

Aos professores da instituição, especialmente Elialdo e Morgana, que se dedicaram e se dispuseram sempre que precisei, contribuindo significativamente para a minha formação.

A todos os colegas da turma, pelo companheirismo durante todo o período de formação.

RESUMO

A compreensão do universo, sobretudo das estrelas, sempre foi um desafio para a ciência. Desde a antiguidade até os dias atuais, estudos foram e são realizados no intuito de explicar fenômenos relacionados ao universo. Utilizando-se de revisões bibliográficas, o presente trabalho tem como objetivo descrever o fenômeno do brilho estelar, ou seja, o brilho colorido de uma estrela. Foram incluídas informações sobre as estrelas, desde suas formações até seus desaparecimentos (mortes). Uma parte do Trabalho de Conclusão de Curso foi dedicada ao detalhe das peculiaridades do sol. O conceito de luz e cor ganhou forma através da óptica, detalhado em seu espectro eletromagnético. Na atualidade, é notória a importância da compreensão acerca da explicação científica para os fenômenos naturais. Desta forma, é importante desenvolver no meio acadêmico diferentes maneiras de aguçar o senso crítico a respeito da ciência, a busca pelo conhecimento e a compreensão de fenômenos naturais, tais como o brilho das estrelas e suas variações na coloração.

Palavras-chave: Estrelas, Brilho, Luz visível.

ABSTRACT

The understanding of the universe, especially the stars, has always been a challenge for science. From antiquity to the present day, studies have been and are undertaken in order to explain phenomena related to the universe. Using a literature review, this paper aims to describe the phenomenon of stellar brightness, ie, the color brightness of a star. Information about the stars were included, since their formation until their disappearances (deaths). A part of the Work Completion of course was devoted to detail the specifics of the sun. The concept of light and color took shape through the optical, detailed in his electromagnetic spectrum. Nowadays, it is evident the importance of understanding the scientific explanation for natural phenomena. Thus, it is important to develop in academia different ways to sharpen critical thinking about science, the search for knowledge and understanding of natural phenomena, such as the brightness of the stars and their variations in coloration.

Keywords: Stars, Brightness, Visible light.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	10
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	11
2.1 ESTRELAS.....	12
2.1.1 Aspectos Históricos.....	12
2.1.2 Processo Evolutivo: do nascimento a morte	13
2.1.3 Relação Massa - Dimensão	16
2.1.4 Relação Massa - Luminosidade.....	19
2.1.5 Classes Espectrais	20
2.1.6 Relação Cor - Temperatura - Luminosidade	22
2.1.7 Distância Terra - Estrela.....	23
2.2 SOL.....	24
2.2.1 Histórico Evolutivo	24
2.2.2 Constituição Química.....	26
2.2.3 Estrutura Física.....	27
2.3 ÓPTICA	29
2.3.1 Espectro Eletromagnético	29
2.3.2 Espectro da Luz Visível	32
3. CONSIDERAÇÕES FINAIS	34
REFERÊNCIAS.....	35

1. INTRODUÇÃO

Os fenômenos naturais sempre foram alvos das pesquisas científicas. Como se sabe, a Física é a ciência que estuda a natureza e seus fenômenos, analisando suas relações e propriedades, desde partículas elementares até o universo como um todo. Em noites com poucas nuvens, é fácil perceber o brilho de uma estrela e suas distintas colorações, mas nem sempre é fácil explicar tal fenômeno.

Nas escolas, o tema proposto no trabalho, bem como diversos outros fenômenos naturais, ainda é pouco divulgado. Muito se conhece sobre a astronomia, mas não o suficiente para se tornar relevante ao que se pode descobrir sobre os mistérios ocultos na imensidão do universo.

Portanto, o trabalho que se segue tem como objetivo propor uma explicação científica para o brilho colorido das estrelas. Além disso, busca esclarecer algumas dúvidas acerca do processo evolutivo das estrelas, dando ênfase ao sol, além relacionar sua coloração com suas massas e luminosidades, a fim de facilitar a compreensão futura do espectro eletromagnético. Por fim, tornar compreensível a correlação das propriedades químicas e térmicas das estrelas com suas cores aparentes.

Todo o conteúdo foi baseado em referenciais bibliográficos como: livros, artigos científicos, monografias e pesquisas realizadas em acervos digitais. Inicialmente, utilizou-se a pesquisa nos acervos digitais disponíveis nos periódicos on-line, valendo-se de palavras-chave como: estrelas, sol e espectro eletromagnético. Em seguida, procedeu-se uma revisão bibliográfica em diversos livros de Física fundamental à Física moderna, bem como livros específicos sobre óptica e astronomia.

De posse dos subsídios teóricos necessários para a produção textual, deu-se início a elaboração da proposta sobre o tema relacionado às estrelas. Diversas imagens foram utilizadas como suporte no estudo em pauta, com o propósito de facilitar a compreensão e aguçar a curiosidade do leitor pela temática escolhida. Contudo, toda a argumentação transcrita no decorrer do trabalho tem caráter educativo, bem como informativo.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Por milhares de anos, inexplicáveis fenômenos naturais desafiavam cientistas e levavam estudiosos de todo o mundo ao limite da busca incessante pelo conhecimento. No entanto, a ciência tem adquirido força e através da sua evolução tem explicado diversos fenômenos da natureza.

A natureza é realmente exuberante: o arco íris, o som de um trovão, a luz do sol, enfim. São acontecimentos perceptíveis aos seres humanos, porém com explicações nada triviais, principalmente se vivenciados de forma puramente emocional. Basta um pouco de discernimento, ou seja, um olhar racional para se perceber quanta Física, Química e outras ciências estão envolvidas nestes fenômenos.

É justamente com o objetivo de explicar como e o porquê do brilho de uma estrela que a fundamentação teórica deste trabalho abordou tópicos pertinentes ao discurso, a fim de que tal fenômeno possa ser associado ao conhecimento científico específico. Foram abordados princípios de astronomia, ótica e da própria química para desvendar esse mistério da natureza que faz referência ao tema do trabalho.

O texto deste trabalho de conclusão de curso foi estruturado da seguinte maneira: introdução, fundamentação teórica, considerações finais e referências. No primeiro momento da fundamentação teórica, foram abordados assuntos pertinentes às estrelas: seus aspectos históricos e evolutivos; relação entre massa-dimensão; massa-luminosidade; classes espectrais; relação entre cor-temperatura-luminosidade; bem como o cálculo da distância da terra a uma estrela.

Prosseguindo a revisão bibliográfica, dedicou-se um espaço direcionado especificamente ao sol, esclarecendo subtítulos como: histórico evolutivo; constituição química e sua estrutura física (interior solar, fotosfera, cromosfera e coroa). Por fim, entrando no mérito da ótica, encerra-se a fundamentação teórica acrescentando conhecimentos sobre o espectro eletromagnético, esmiuçando o espectro da luz visível.

2.1 ESTRELAS

2.1.1 Aspectos Históricos

Segundo Gleiser (2006, p. 15), a astronomia é considerada a mais antiga dentre todas as ciências, haja vista que, o mais primitivo ser humano já observava os fenômenos que ocorriam à sua volta e na medida de sua capacidade intelectual, tentava compreendê-los. Inicialmente, sua atenção foi atraída por fenômenos que mais interferiam no seu cotidiano, como por exemplo: as variações alternadas de claridade e escuridão, temperatura e clima, associados ao deslocamento do sol.

Em sua evolução, conforme Faria (1998, p. 13), o homem percebeu que podia se utilizar das estrelas e demais astros para a sua orientação em viagens sobre a superfície terrestre e sobre os mares. Notou ainda que a regularidade de ocorrência de vários fenômenos celestes lhe permitia marcar ou medir a passagem do tempo, estabelecendo assim os primeiros calendários, tão necessários às suas atividades, principalmente às agrícolas.

Nogueira et al., (2009, p. 24) complementa, fortalecendo a afirmação anterior, dizendo que:

Observações atentas revelariam que as estrelas fixas em seu movimento aparente giram ao redor da Terra um pouquinho mais rápido que o sol – a cada dia, elas nascem exatamente quatro minutos mais cedo. Então, se num dia uma dada estrela aparece no horizonte leste exatamente à meia noite, no dia seguinte ela aparecerá na mesma posição às 23h 56min, dois dias após as 23h 52min, e assim por diante. Moral da história: levam-se aproximadamente 365 dias e seis horas para que uma estrela volte a nascer exatamente na mesma hora. Surge aí o padrão do ano (NOGUEIRA et al., 2009, p. 24).

De acordo com Martins (1994, p. 81), o estudo das estrelas através da astronomia percorreu toda a pré-história até a astronomia moderna e contemporânea. Em 1610, Galileu Galilei introduziu a astronomia, instrumentos ópticos que diminuíram as limitações visuais humanas promovendo um espetacular crescimento científico com novas descobertas.

Desde então, físicos e químicos de todo o mundo utilizaram-se desses instrumentos para analisar diversas peculiaridades dos espectros de luz provenientes dos

elementos que compõem o espaço, subsidiando a descoberta dos constituintes do sol e demais astros (MARTINS, 1994, p. 81).

Dessa forma, observando constantemente o sol, a lua, as estrelas e os demais corpos celestes, pode-se não apenas prever fenômenos que com eles ocorriam, mas também criar métodos para determinar sua posição na superfície da terra por meio das posições dos astros, e ainda o início das estações do ano, afirma (NOGUEIRA et al., 2009, p. 24).

Conforme Faria (1998, p. 15), em 1863, o astrônomo italiano Pietro Ângelo Secchi, realizou a primeira classificação espectral das estrelas, após analisar vários espectros estelares existentes até então. Juntamente com o desenvolvimento da espectroscopia outras importantes técnicas começaram a surgir: a fotometria, permitindo uma análise quantitativa da luz proveniente dos astros; a fotografia astronômica, permitindo fixar a luz por eles emitida; e várias outras técnicas que, aliadas à construção de melhores telescópios, revelaram novas informações sobre os astros.

Contudo, no início do século XX, a publicação da teoria da relatividade, de Albert Einstein, produziu profundas modificações na Física e possibilitou novas descobertas sobre as leis fundamentais do universo, dando margens a novas pesquisas cosmológicas, afirma (MARTINS, 1994, p. 131).

2.1.2 Processo Evolutivo: do nascimento a morte

Segundo Rocha et al., (2010, p. 62), as estrelas, assim como os seres humanos, nascem e atravessam um ciclo evolutivo natural.

Como na natureza viva, o mundo estelar é também composto de uma enorme diversidade. Sua evolução não é linear, e muitos eventos podem mudar radicalmente seu curso, como acontece na própria história da vida (ROCHA et al., 2010, p. 62).

De acordo com Silk (1984, p. 226), o espaço existente entre as estrelas, ou seja, o meio interestelar - constituído de nuvens moleculares compostas principalmente de hidrogênio - é preenchido por gás e poeira.

Presume-se que os grãos de poeira são formados de uma combinação de materiais refratários rochosos, inclusive materiais silicatados, como o

quartzo. Os núcleos sólidos são circundados por uma camada volátil de gelo, tal como gelo de água, ou, possivelmente, gelo de amônia ou de metano (SILK, 1984, p. 231).

O nascimento de uma estrela é causado justamente pelo colapso gravitacional de uma nuvem interestelar de gás e poeira, que tem seu tamanho variando de dezenas a centenas de anos-luz e sua massa podendo variar de 100 mil a milhões de vezes à do sol. A explosão de uma estrela nas vizinhanças de uma nuvem também pode ser considerada como condição especial para o surgimento de uma estrela, esse fenômeno está associado a eventos externos às nuvens moleculares (ROCHA et al., 2010, p. 62).

Para Tipler et al., (2006), a colisão das moléculas do gás no interior da nuvem aquece-a gradativamente, tornando o gás cada vez mais denso e capaz de se comportar como centros de atração gravitacional, passando a atrair a matéria circundante. Dependendo do tamanho da matéria condensada já se tem a ideia de um embrião estelar, também chamado de protoestrela.

Agora já compactada e densa, ao passo que sua massa continua crescendo, seu núcleo continua se contraindo devido à atração gravitacional e sua temperatura se eleva o suficiente para que o hidrogênio sofra reações nucleares, formando elementos mais pesados, como o hélio, liberando energia e formando uma estrela. A temperatura e a densidade no núcleo da estrela são suficientemente altas para manter reações de fusão nuclear, contudo a energia resultante dessas reações alcança a superfície da estrela e é irradiada para o espaço em forma de luz e calor. Logo a recém-nascida começa a brilhar (SILK, 1984, p. 226).

Sagan (1985, p. 231) afirma que a fusão do hidrogênio é finita e o destino de uma estrela, o final do seu ciclo de vida, depende diretamente da sua massa. Em sentido inverso, quanto maior a massa de uma estrela mais curta será sua infância e sua fase adulta, e vice versa.

Essas fases estão associadas à quantidade de hidrogênio que há na estrela, pois quando cerca de 10% a 20% do total do seu hidrogênio for consumido haverá uma alteração nas condições normais da estrela devido ao aumento da pressão no seu núcleo. Ou seja, quando o combustível para as fusões nucleares se esgota, a estrutura da estrela muda e o processo de formar elementos mais pesados a partir dos mais leves e de ajustar

a estrutura interna para balancear a gravidade e a pressão se alteram (ROCHA et al., 2010, p. 66).

A massa da estrela é proporcional à quantidade de energia. A massa de um átomo de hélio obtido por fusão é sempre menor que aquela de dois átomos de hidrogênio que lhe deram origem (Tipler et al., 2006).

Para Rocha et al., (2010, p. 63), parte significativa da massa resultante da fusão dos átomos de hidrogênio é transformada em energia, segundo a fórmula de Albert Einstein: $E = mc^2$, na qual E é a energia; m, a massa; e c, a velocidade da luz no vácuo (300 mil Km/s). Essa relação matemática deixa claro que mesmo uma massa pequena pode gerar quantidades enormes de energia. Todavia, esta mesma energia disponível determina o tempo de vida de uma estrela. Portanto, quanto maior a massa da estrela maior será seu consumo de hidrogênio.

Conforme Sagan (1985, p. 238), quando uma estrela produz uma quantidade de energia nuclear muita elevada seu excesso causa-lhe a morte, a qual dependerá de sua massa e do ambiente em que vive. Estrelas com massas bem superiores a do sol, sofrem explosões catastróficas na sua morte e isso acontece quando a temperatura em seu núcleo atinge cerca de cinco bilhões de Kelvin.

Segundo Tipler et al., (2006), na tentativa de reestabelecer o equilíbrio, o núcleo estelar se contrai aumentando sua temperatura central, isso resultará no aumento das reações nucleares e a consequente produção de energia. Depois que o hidrogênio se transforma em hélio, dá-se início a um novo ciclo que resultará em átomos de carbono. No entanto, para que esse processo ocorra, a temperatura da estrela deve alcançar o valor de 10^8 K. Com isso, as camadas externas se expandirão aumentando seu raio, enquanto a luminosidade permanece constante. Pode-se dizer, nesse momento, que sua fase evolutiva se completou.

Uma estrela pode se extinguir de duas formas, dependendo claro da sua massa. Quando ela possui massa inferior a 8 massas solares, grande parte dessa massa é perdida durante a queima do hélio. Já as estrelas com massas entre 10 e 40 massas solares morrem através de explosões, devido à fundição dos núcleos atômicos, liberando todos os tipos de elementos químicos desde o hélio até o ferro (FRIAÇA et al., 2008).

Gamow (1945, p.167) afirma que nem todas as estrelas sofrem explosões catastróficas. Após a fase gigante vermelha, elas perdem suas camadas mais externas, deixando apenas uma estrela de brilho intenso no centro, rodeado de imensas nuvens, chamadas de nebulosas. Essa estrela evolvida pela nebulosa, que possui uma temperatura entre 30 mil e 150 mil Kelvins, irá se contrair e formar um objeto extremamente denso, chamado anã branca.

Nesta fase, a estrela não possui mais fontes de energia nuclear para realizar fusão e emitirá o resto de calor em forma de luz, até que se resfrie completamente. Sem luz e sem vida, ela assume a forma arredondada de um rochedo de carbono (GAMOW, 1945, p.167).

Além da massa inicial da estrela, outro fator determinante no seu destino final é a forte interação física com outra estrela, causada pelas suas proximidades nos sistemas binários. Estrelas girando próximas umas das outras possibilitam a troca de matéria entre elas. Nesse processo, uma pode extrair da outra a maior parte da massa, bem como seus produtos atômicos, que são transferidos para a estrela maior a qual, solitária, seguirá sua sequência evolutiva (ROCHA et al., 2010, p. 69).

2.1.3 Relação Massa - Dimensão

Segundo Horvath (2008), as estrelas com raios muito menores do que o sol são chamadas Anãs, ao passo que as estrelas ditas Gigantes possuem raios muito maiores. As estrelas com massas entre 0,1 e 1 massas solares são 100 vezes mais numerosas que as estrelas com massas entre 1 e 10 massas solares.

De acordo com Oliveira Filho et al., (2004), as estrelas que apresentam massas entre 0,8 e 10 massas solares atravessarão as fases de gigante e supergigante ao consumirem o hidrogênio do centro. Após isso, ejetarão uma nebulosa e se tornarão uma anã branca, que apresentará um raio equivalente ao do sol (696 mil Km), será aproximadamente 20 vezes maior que ele, além de 20 mil vezes mais brilhante.

Também conhecida como anã degenerada, a estrela dita anã branca pode atingir uma densidade de até 5.10^5 g/cm^3 . Outra curiosidade das anãs degeneradas é que quanto maior sua massa menor o seu raio e quando perdem sua luminosidade recebem o nome

de anãs negras, pois deixam de ser visíveis e arrefecem até entrar em contato com o universo (TIPLER et al., 2006).

Por outro lado, Friaça et al., (2008) afirma que se a estrela iniciar sua vida com massa entre 10 e 25 massas solares tem grandes chances de se tornar uma estrela de nêutrons após a fase de supergigante, ejetando grande parte de sua massa em uma explosão de supernova. Terá então, uma temperatura na sua superfície de aproximadamente 1 milhão de Kelvin, massa de 1,4 massas solares e um raio de cerca de 20 Km.

A estrela de nêutrons é resultado do que sobra das supernovas e é formada exclusivamente de nêutrons que são submetidos a uma componente repulsiva, dando equilíbrio a pressão gravitacional. Elas giram em velocidades extremamente altas e possuem massas que variam de 1,7 a 3 massas solares (TIPLER et al., 2006).

De acordo com Oliveira Filho et al., (2004), se a estrela no início de sua vida possuir massa entre 25 e 100 massas solares, após a fase de supernova se tornará um buraco negro.

Buracos negros são regiões invisíveis do universo, com tamanha massa que nada escapa à sua tremenda força gravitacional, nem mesmo a luz – daí seu nome (MATSAS et al., 2008, p. 10).

Verdadeiros ralos cósmicos, os buracos negros são capazes de tragar tudo à sua volta. Eles se formam quando as estrelas gigantes esgotam seu combustível. Sem combustível, elas não produzem mais a radiação que contrabalança sua própria gravidade e entram em colapso como um balão sem ar. Acredita-se que haja um buraco negro no centro de muitas galáxias, inclusive da nossa, a Via Láctea. Um dado curioso: todas as estrelas do universo têm uma vida útil, mas, até onde se sabe, os buracos negros são eternos (GLEISER, 2006, p. 174).

Horvath (2008) adiciona que o campo gravitacional dos buracos negros é tão intenso que são capazes de produzir um horizonte de eventos, ou seja, uma região do espaço-tempo desconectada do universo exterior, tornando-o um fenômeno único.

Dando continuidade à dimensão das estrelas, Oliveira Filho et al., (2004) afirma que as estrelas com massas acima de 100 massas solares, que são raras, evoluirão de forma semelhante a uma estrela de até 100 massas solares. A Figura 1 representa o ciclo evolutivo de uma estrela de acordo com sua massa inicial, expondo suas fases de

protoestrela, gigantes vermelhas, supergigantes vermelhas, nebulosa planetária, anã branca, supernova, estrela de nêutron e buraco negro. As estrelas adquirem estas nomenclaturas à medida que evoluem.

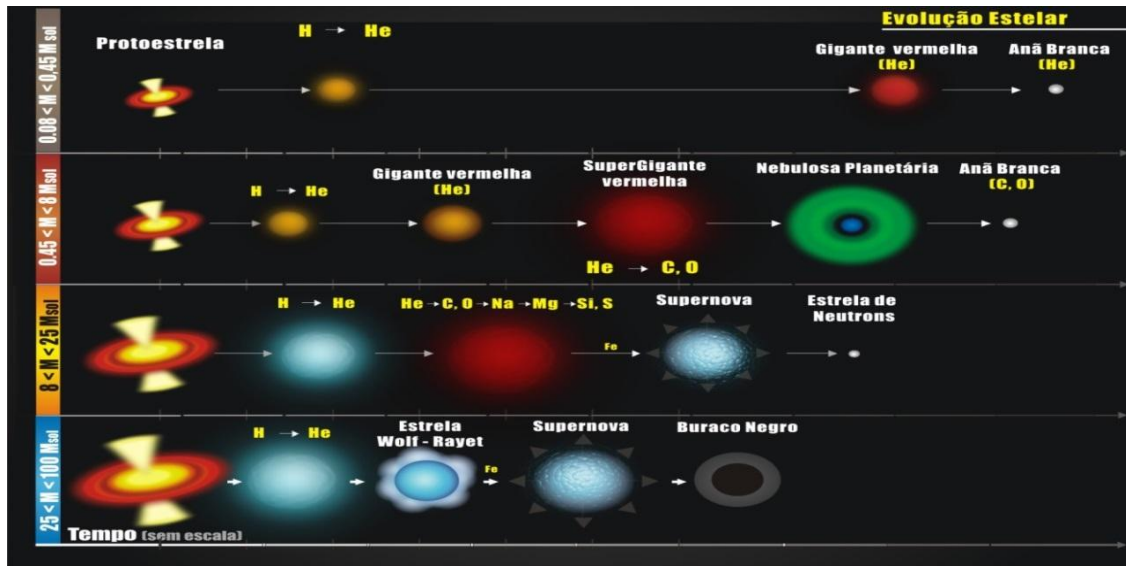


Figura 1: Ciclo evolutivo das estrelas¹

Fonte: <http://astro.if.ufrgs.br/estrelas/node14.htm>

Segundo Rocha et al., (2010, p. 86), no interior das estrelas ocorrem reações nucleares que geram os elementos químicos, posteriormente ejetados nas explosões das supernovas, como o carbono e outros elementos radiativos de alta energia como os raios gama. À medida que a luminosidade de uma estrela aumenta ela adquire uma tonalidade avermelhada e aproxima-se do ramo das gigantes.

A sequência principal das estrelas é alterada a partir do momento em que elas consumirem o hidrogênio do núcleo. Portanto, uma estrela com massa de 0,1 massa solar sairá da sequência principal após longos 3 trilhões de anos (ROCHA et al., 2010, p. 86).

Estrelas na sequência principal são aquelas em que a luz e o calor são provenientes da queima de hidrogênio em hélio através de fusão nuclear em seu núcleo. Saindo da fase de protoestrela, ela entra na sequência principal assim que seu núcleo adquire temperatura suficiente para fundir hidrogênio em hélio, permanecendo nesta sequência até se transformar em uma subgigante ou gigante vermelha (GAMOW, 1945, p.166).

Quanto maior a massa de uma estrela mais rápida será sua evolução. Após passarem pela fase de gigantes, as estrelas vão para a fase de supergigantes, onde atingem temperaturas de bilhões de Kelvin. O raio das gigantes varia entre 10 e 100

vezes o raio do sol, por outro lado, o das supergigantes é de aproximadamente 3000 vezes maior. Em ambas, a luminosidade é 100 vezes superior a do sol. Uma estrela com massa de 30 massas solares, por exemplo, levará um período de 70 milhões de anos em sua evolução (OLIVEIRA FILHO et al., 2004).

Segundo Friaça et al., (2008), as estrelas ainda podem ser classificadas como: subgigantes, gigantes e supergigantes. As estrelas que contêm massas inferiores a 50 massas solares, depois de saírem da sequência principal passam pela fase de supergigantes vermelhas.

2.1.4 Relação Massa - Luminosidade

A luminosidade aparente de uma estrela é influenciada pela distância entre ela e o observador, haja vista, o sol ficaria invisível a olho nu se fosse distanciado 20 anos luz de nós (FRIAÇA et al., 2008).

Entretanto, para Tipler et al., (2006), a massa de uma estrela é o parâmetro mais importante, pois revela toda sua trajetória evolutiva. Estrelas com massas pequenas são menos luminosas e possuem temperaturas efetivas menores do que as estrelas com grande massa.

Para estrelas com massas grandes, ou seja, maiores que 3 massas solares, a luminosidade é proporcional ao cubo da massa. Por outro lado, estrelas com massas pequenas, inferiores a 0,5 massas solares, a luminosidade é proporcional à potência 2,5 da massa (GAMOW, 1945, p.115). Ou seja:

$$M \geq 3 M_{\odot} \rightarrow L \propto M^3$$

$$3 M_{\odot} \geq M \geq 0,5 M_{\odot} \rightarrow L \propto M^4$$

$$M \leq 0,5 M_{\odot} \rightarrow L \propto M^{2,5}$$

Usando uma média para as massas M , tem-se:

$$L \propto M^3 \quad (1)$$

Onde L é a luminosidade de uma estrela, M é a massa estelar e M_{\odot} é a massa solar. Silk (1984, p. 191) afirma que as massas das estrelas variam de 0,08 a 100 massas solares, ao passo que suas luminosidades variam entre 10^{-4} e 10^6 vezes a luminosidade do sol.

2.1.5 Classes Espectrais

De acordo com Gamow (1945, p.105), a intensidade das linhas espectrais das estrelas está relacionada às suas temperaturas superficiais. A Figura 2 representa a classificação espectral, descrevendo as respectivas temperaturas e cores aparentes das estrelas de acordo com suas classes, descritas a seguir.

Espectral Classe	Intrinseca Cor	Temperatura (K)
O	Azul	41.000
B	Azul	31.000
A	Azul-branco	9500
F	Branco	7240
G	Amarelo-branco	5920
K	Laranja	5300
M	Vermelho	3850

Figura 2: Classificação espectral²

Fonte: <http://bussoladeplasma.wordpress.com/2014/04/09/classificacao-das-estrelas/>

- Classe O – As estrelas que pertencem a esta classe são bastante luminosas e possuem uma temperatura extremamente elevada. São as mais raras da sequência principal e apresentam uma coloração azulada, tendo sua saída espectral na região do ultravioleta, ultrapassando o brilho do sol em mais de 1.000.000 vezes. Possuem linhas de absorção dominantes e por diversas vezes emitem de hélio ionizado e linhas de hélio neutras. São as primeiras a saírem da sequência principal, pois queimam suas reservas de hidrogênio rapidamente devido às altas temperaturas em seus núcleos extremamente maciços (BERKNER et al., 1964, p. 350).

- Classe B – Estrelas desta classe são também muito luminosas e seu espectro possui linhas de hélio neutro e linhas moderadas de hidrogênio. Possuem um tempo de vida relativamente pequeno e, assim como as estrelas da classe O, possuem um poderoso poder de emissão. Por não se distanciarem da área onde se formam, são vistas em aglomerados, sendo associadas a nebulosas (VASSILIEV et al., 1967, p. 172).

- Classe A – As estrelas que pertencem a esta classe, possuem linhas intensas de hidrogênio, bem como linhas de metais ionizados. Dispõem de uma coloração branca e estão entre as estrelas mais comuns vistas a olho nu. Muitas anãs brancas também pertencem à classe A (SILK, 1984, p. 259).

- Classe F – Nesta classe estão contidas estrelas cujos espectros são caracterizados por linhas fracas de hidrogênio e metais ionizados. São muito potentes e possuem uma coloração branca com uma pequena quantidade de amarelo (BERKNER et al., 1964, p. 370).

- Classe G – As estrelas que pertencem a esta classe, como o sol, possuem linhas de hidrogênio mais fracas que estrelas da classe F, mas além das linhas de metais ionizados, elas possuem linhas espectrais de metais neutros. É comum, durante sua evolução, as estrelas supergigantes passarem das classes O e B (azul) para as classes K e M (vermelho) e enquanto fazem esse percurso passam pela classe G, contudo não permanecem por muito tempo (GLEISER, 2006, p. 173).

- Classe K – Estrelas da classe K possuem linhas espectrais de hidrogênio bastante fracas, bem como linhas de metais neutros. São alaranjadas e um pouco mais frias que o nosso sol. Fazem parte dessa classe, não só estrelas da sequência principal, como também gigantes e supergigantes, em bom número (BERKNER et al., 1964, p. 375).

- Classe M – O dióxido de titânio pode ser forte em estrelas da classe M, mas suas linhas espectrais são formadas por moléculas e metais neutros. O hidrogênio normalmente é ausente no espectro. É a classe mais numerosa, onde todas as anãs vermelhas se alojam (GAMOW, 1945, p.106).

A Figura 3 representa o gráfico que associa as classes espectrais citadas acima com as respectivas luminosidades e temperaturas superficiais das estrelas que seguem a sequência principal durante sua evolução.

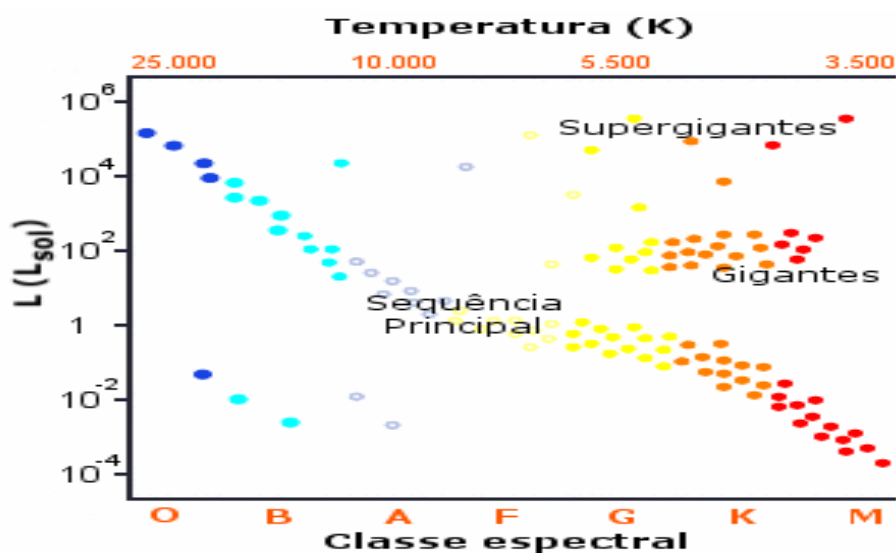


Figura 3: Gráfico da luminosidade x temperatura superficial das estrelas³

Fonte: http://www.luispontes.com/ast_h.html

2.1.6 Relação Cor - Temperatura - Luminosidade

De acordo com Horvath (2008), as cores das estrelas indicam suas temperaturas superficiais, pois estão intimamente ligadas. Estrelas com colorações avermelhadas apresentam as temperaturas mais baixas, as amarelas, por sua vez, possuem temperaturas medianas e as brancas e azuis possuem as temperaturas mais elevadas.

Gamow (1945, p.103) explica que as colorações distintas apresentadas pelas estrelas estão diretamente ligadas às propriedades da matéria em temperaturas extremamente elevadas. Mesmo não sendo corpos negros perfeitos, as estrelas apresentam um espectro bastante semelhante à radiação das curvas deste tipo de objeto a várias temperaturas. “Corpo negro é um objeto idealizado que absorve toda a radiação nele incidente” (OLIVEIRA, 2005, p. 72).

Portanto, as estrelas são semelhantes aos corpos negros e sua coloração variada é consequência direta da temperatura superficial (GAMOW, 1945, p.103).

Contudo, Oliveira (2005, p. 72) afirma que o fluxo de radiação de uma estrela pode ser calculado pela equação conhecida como Lei de Stefan-Boltzmann.

$$\text{Fluxo} = \sigma \cdot T^4. \quad (2)$$

Sendo σ a constante de Stefan-Boltzmann que equivale a $5,67 \cdot 10^{-8} \text{ w.m}^{-2} \cdot \text{k}^{-4}$ e T a temperatura em Kelvin.

Esta equação equivale na relação entre energia radiante e temperatura do corpo (HORVATH, 2008).

Para Tipler et al., (2006), a luminosidade e a temperatura são grandezas extremamente importantes na evolução estelar. A potência total irradiada pela estrela sobre a Terra é equivalente à luminosidade, que depende da distância entre ambas. Essa distância pode ser calculada através do método da paralaxe das estrelas. Entretanto, esse método só pode ser usado para estrelas próximas. Contudo, a luminosidade pode ser calculada pela seguinte equação:

$$L = 4 \cdot \pi \cdot R^2 \cdot f. \quad (3)$$

Onde L é a luminosidade, R é a distância entre a estrela e a Terra e f é o brilho aparente da estrela na Terra.

2.1.7 Distância Terra - Estrela

Conforme Tipler et al., (2006), através do movimento aparente da estrela, causado pelo movimento da Terra em torno do sol, é possível calcular a distância entre a terra e uma estrela, a esse evento chamamos paralaxe estelar. Porém, essa técnica só pode ser utilizada para estrelas próximas, com distâncias inferiores a 100 anos-luz, pois o deslocamento angular torna-se pequeno demais para ser medido com precisão.

Cada ano-luz equivale a 9,5 trilhões de Km e é usado para mensurar distâncias entre estrelas e outras distâncias na escala intergaláctica (ROCHA et al., 2010, p. 87).

Já a paralaxe anual é definida a partir da diferença de posição de uma estrela vista a partir do sol e da Terra. Além disso, é possível determinar o ângulo de estrelas próximas do sol usando o método do ângulo da paralaxe (TIPLER et al., 2006). “O

deslocamento angular aparente que nos permite julgar as distâncias é conhecido como paralaxe” (SILK, 1984, p. 30).

Aglomerados de estrelas também são observados no intuito de medir suas distâncias e outras propriedades. Para isso, usa-se uma técnica semelhante à paralaxe estelar, mas as observações devem ser realizadas durante muitos anos, e não durante apenas seis meses (MARTINS, 1994, p. 140).

Segundo Pessoa Júnior (2005), medidas de objetos mais distantes eram obtidas através de fotografias tiradas por telescópios. Sabendo que as galáxias de um determinado tipo tendem à semelhança em suas propriedades gerais, a comparação do brilho aparente da imagem fotográfica de uma galáxia mais distante, com o de uma galáxia próxima de distância conhecida, pode levar à estimativa da distância da galáxia mais remota. Este método de estimativa de distância é bastante confiável para distâncias de até centenas de milhões de anos-luz.

Com a constante necessidade de se determinar distâncias estelares ainda maiores, em meados do século XIX, surge a espectroscopia que, por sua vez, usa o brilho intrínseco das estrelas na decomposição da luz em cores separadas. Comparando-se o brilho intrínseco da estrela (obtido pela técnica da espectroscopia) com seu brilho aparente (obtido por meio do telescópio) é possível calcular suas distâncias, observando suas distinções (SILK, 1984, p. 42).

Souza (2004) complementa afirmando que usando telescópios no solo é possível determinar distâncias até cerca de 400 anos-luz, por outro lado, com telescópios instalados em satélites, distâncias de até 3000 anos-luz podem ser medidas.

2.2 SOL

2.2.1 Histórico Evolutivo

Segundo Martins (1994, p. 154), a humanidade tem como conhecimento básico do sol um disco luminoso no céu, cuja presença cria o dia e sua ausência representa a noite. Contudo, o sol tem cerca de 5 bilhões de anos e surgiu como qualquer outra

estrela. Sendo a mais próxima de nós, o sol se encontra a uma distância média de 150.000.000 Km da Terra e possui um diâmetro de 1.400.000 Km, correspondendo a 109 vezes o diâmetro da Terra.

Considerada uma estrela anã, o sol possui um volume de 1.300.000 vezes o volume da Terra e uma massa na ordem de 333.000 massas terrestres. Além disso, sua densidade média é de $1,41 \text{ g/cm}^3$ o que gera um campo gravitacional bastante intenso. Estima-se que sua velocidade orbital gire em torno de 251 km/s e sua luminosidade seja aproximadamente $3,9 \cdot 10^{26}$ watts ou $3,9 \cdot 10^{33}$ ergs/s. Atualmente, acredita-se que o sol seja mais brilhante do que 85% das estrelas da Via Láctea, sendo a maioria dessas anãs vermelhas (GAMOW, 1945, p.6).

Há 5 bilhões de anos, o sol funde hidrogênio em hélio via cadeia próton-próton, produzindo uma incrível quantidade de energia nuclear. 300 milhões de toneladas de hidrogênio são convertidas em hélio a cada segundo. Isso quer dizer que até o momento, o sol já converteu cerca de 100 massas terrestres, ou seja, 5% da sua massa total convertida em hélio (GLEISER, 2006, p. 178).

De acordo com Rocha et al., (2010, p. 68), quando o hidrogênio acabar, ocorrerá a fusão do hélio em carbono - neste caso, a temperatura no interior do sol deve atingir 300 milhões de graus - e depois carbono em oxigênio. Esses núcleos possuem mais prótons, portanto, a repulsão entre eles aumenta significativamente, sendo necessárias pressões e temperaturas cada vez mais altas para a fusão. Com isso, o sol aumentará seu volume em 100 vezes mais o seu tamanho atual, sua pressão continuará crescendo, devido à força da gravidade, e se transformará em uma anã branca, com uma densidade gigantesca.

A Figura 4 representa o ciclo evolutivo do sol, desde seu nascimento ao seu destino final em aproximadamente 5 bilhões de anos: seu centro se transformará numa anã branca e suas regiões periféricas serão ejetadas no espaço, formando uma nebulosa planetária com enormes quantidades de hidrogênio, hélio, carbono e oxigênio. Quando o hélio aumenta, sua luminosidade também aumenta: em 1,1 bilhão de anos o sol será 10% mais luminoso, acarretando um aumento desastroso na temperatura da Terra (GLEISER, 2006, p. 183).



Figura 4: Ciclo evolutivo do Sol⁴

Fonte: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Sol>

Estamos aqui por um tempo limitado, mesmo que longo. Se sobrevivermos como espécie durante esse tempo, um desafio nada trivial dada à situação presente, teremos de encontrar uma nova casa para preservar nossa existência. A exploração do espaço não é um luxo; é uma necessidade, mesmo que de longo prazo (GLEISER, 2006, p. 180).

2.2.2 Constituição Química

Resumidamente, pode-se considerar que a matéria constituinte do sol encontra-se em estado gasoso. Contudo, estes gases estão submetidos a temperaturas extremas, principalmente em seu interior, apresentando assim propriedades peculiares ao plasma. Este plasma encontra-se em equilíbrio hidrostático sob a influência de duas forças em seu interior. Uma delas é proveniente da pressão termodinâmica e se conduz no sentido oposto ao núcleo solar, todavia, a força gravitacional atua no sentido do núcleo solar, garantindo o equilíbrio (VASSILIEV et al., 1967, p. 49).

Quando os gases são expostos a temperaturas muito altas, como as encontradas no sol e em outras estrelas, os elétrons são arrancados dos átomos dos gases. O gás ionizado tem um comportamento diferente dos estados gasoso, sólido ou líquido. Esse estado, considerado o quarto estado da matéria, é denominado plasma e é caracterizado pela presença de íons positivos e elétrons desprendidos dos átomos ou moléculas (GEWANDSZNAJDER, 2012, p. 48).

Gleiser (2006, p. 171) afirma que por meio da espectroscopia da luz solar seus elementos químicos constituintes o compõe em diferentes proporções. Sua matéria é composta de 91,2% de hidrogênio, 8,7% de hélio e apenas 0,1% dos outros elementos com: ferro, potássio, cálcio, manganês, entre outros.

A herança química herdada pelo sol é proveniente do meio interestelar, no qual o hidrogênio e o hélio foram produzidos a partir da nucleossíntese do Big Bang. Por outro lado, os metais foram gerados pela nucleossíntese das estrelas, ao longo de milhões de

anos, após completarem suas evoluções estelares e reenviaram seus materiais para o meio interestelar antes da formação do sol (SAGAN, 1985, p. 218).

2.2.3 Estrutura Física

De acordo com Berkner et al., (1964, p. 326), a superfície solar, diferentemente do seu interior, não possui uma estrutura bem definida como os planetas rochosos e, nas partes exteriores, a densidade dos gases diminui à medida que se afastam do núcleo. O sol é basicamente estruturado pelo seu interior e sua atmosfera, existindo entre essas a fotosfera.

○ *Interior Solar*

Internamente, o sol é constituído de um núcleo central - onde são produzidas as reações nucleares que transformam a massa em energia através da fusão nuclear - envolvido por uma camada chamada zona radiativa, ambos circundados por um envoltório convectivo (BERKNER et al., 1964, p. 327).

a) Núcleo – é nesta região, com espessura na ordem 200.000 km, onde a maior parte da massa solar se concentra, apresentando uma densidade de aproximadamente 150 g/cm^3 e uma temperatura por volta de 15 milhões de Kelvin. Com uma pressão 340 bilhões de vezes a pressão atmosférica da Terra ao nível do mar, o núcleo solar apresenta reações nucleares que transformam hidrogênio em hélio, liberando uma quantidade imensa de energia para a camada radiativa (GAMOW, 1945, p.5).

b) Zona radiativa – apresenta uma espessura aproximada a 300.000 km, ou seja, entre 0,25 e 0,7 raios solares de distância do centro do sol. A zona de radiação é uma camada intermediária do interior solar, onde o plasma é bastante quente e denso o suficiente para permitir a transferência de calor do núcleo para a camada subsequente via radiação térmica. Essa energia produzida no núcleo é transmitida para a zona de convecção pela zona de radiação em forma de fótons, emitidos pelos íons de hidrogênio e hélio (SAGAN, 1985, p. 225).

c) Zona convectiva – com uma espessura da ordem de 200.000 km, esta área é responsável pelo transporte da energia proveniente do núcleo até a camada

subsequente, através do movimento das parcelas de gás, também chamado de corrente de convecção (BERKNER et al., 1964, p. 327).

Segundo Vassiliev et al., (1967, p. 169), a densidade e a temperatura nesta região, não são suficientemente elevadas a ponto de transferir calor para fora via radiação, por isso, a convecção térmica ocorre na medida em que as colunas térmicas transportam materiais quentes para a superfície solar. Na superfície, esse material perde temperatura e retorna a base da zona de convecção, recebendo calor do topo da zona da radiação, recomeçando o ciclo novamente.

- ***Fotosfera***

Conforme Sagan (1985, p. 225), estima-se que a espessura da fotosfera solar, camada visível do sol, seja algo em torno de 330 km e sua temperatura seja aproximadamente 5750 K. Esta região aparenta um líquido em ebulição, cheio de bolhas ou grânulos com cerca de 5000 km de diâmetro, provenientes das colunas convectivas de gás quente que duram cerca de 10 minutos cada. Esta é a região mais profunda do sol que pode ser observada, visto que, a partir dela a luz visível se propaga livremente pelo espaço.

As camadas superiores à fotosfera não apresentam um elevado índice de opacidade, pois a quantidade de hidrogênio é reduzida nessas regiões. À medida que os elétrons reagem com átomos de hidrogênio produzem íons, gerando a luz visível (VASSILIEV et al., 1967, p. 170).

- ***Cromosfera***

Para Berkner et al., (1964, p. 331), esta região da atmosfera solar possui uma camada irregular que se localiza logo acima da fotosfera e se estende por cerca de 10 mil a 15 mil km. Possui uma densidade baixa, uma temperatura média de 15 mil K e só é percebida a olho nu durante os eclipses, quando a lua esconde o disco da fotosfera.

A cromosfera consiste de três camadas cuja densidade decresce e a temperatura se eleva à medida que se distancia da fotosfera. Da baixa cromosfera até a alta cromosfera, região limítrofe com a coroa, a temperatura pode variar de 6.000 K a 1.000.000 K. Nessa temperatura elevada o hidrogênio é ionizado e emite uma cor avermelhada (BERKNER et al., 1964, p. 332).

- **Coroa**

Com uma extensão de alguns raios solares e densidade ainda mais baixa que a cromosfera, a coroa também se torna visível apenas durante os eclipses totais, pois se torna obscurecida quando a fotosfera está visível. A temperatura nesta região pode ultrapassar 1.000.000 K, apresentando linhas espectrais provenientes da alta ionização de átomos de ferro, níquel, neônio e cálcio. Essa elevação da temperatura na coroa, assim como na região da cromosfera, se dá pelo transporte de energia por correntes elétricas induzidas por campos magnéticos variáveis (SAGAN, 1985, p. 227).

2.3 ÓPTICA

2.3.1 Espectro Eletromagnético

O espectro eletromagnético é definido como o intervalo que contém todas as radiações eletromagnéticas, variando desde as ondas de rádio até os raios gama. Por lei, algumas regiões do espectro são atribuídas aos meios comerciais, tais como TV, AM e FM (ROCHA et al., 2010, p. 108).

Segundo Resnick et al., (1994, p. 2), na época de Maxwell, as únicas radiações eletromagnéticas conhecidas, além da luz, eram as infravermelhas e as ultravioletas. Hoje, se sabe que essas radiações por mais que difiram em seus comprimentos de onda e em suas frequências, possuem características em comum, como a velocidade de propagação (a velocidade da luz) e suas formações, combinando campo elétrico e campo magnético se propagando perpendicularmente um em relação ao outro.

Quando se diz que a luz e as outras radiações (raios x, raios ultravioletas, ondas de rádio) são ondas eletromagnéticas, significa que elas resultam da variação de um campo elétrico e de um campo magnético propagando-se pelo espaço (GEWANDSZNAJDER, 2012, p. 334).

De acordo com Halliday et al., (2010, p. 3), o espectro eletromagnético é composto por radiações de diferentes comprimentos de onda provenientes de fontes

naturais e artificiais que trazem consigo informações intrínsecas sobre a estrutura e evolução do universo.

A Figura 5 representa o espectro eletromagnético, expondo as radiações capazes de sensibilizar os órgãos da visão, ou seja, o espectro da luz visível, bem como os raios ultravioleta, raios x, raios gama e os raios cósmicos que são compostos por ondas mais curtas. Por outro lado, as ondas mais longas contêm a radiação infravermelha, micro-ondas e ondas de rádio e televisão (NOGUEIRA et al., 2009, p. 183).

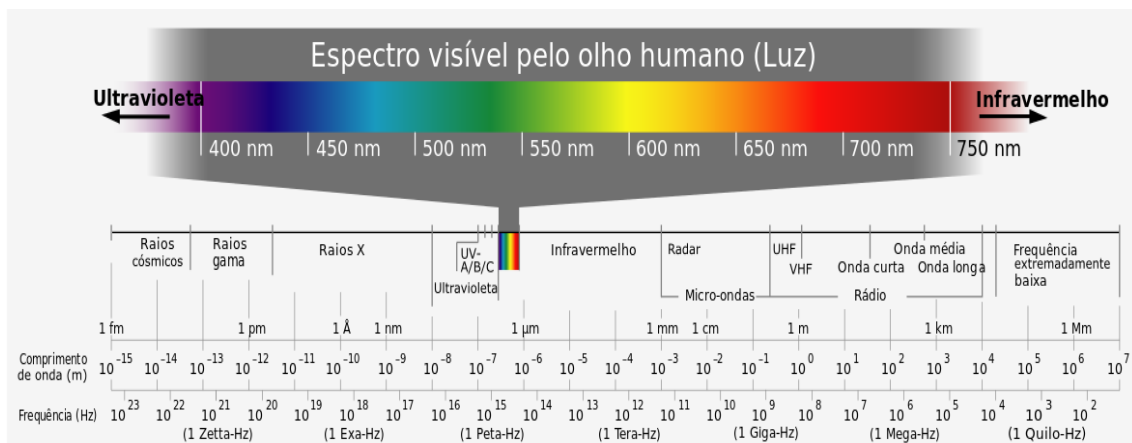


Figura 5: Espectro eletromagnético⁵

Fonte: http://pt.wikipedia.org/wiki/Espectro_vis%C3%ADvel

- Raios Infravermelhos – são também conhecidos como radiação de calor, pois estão associados à transferência de calor em forma de radiação quando um objeto ganha ou perde energia interna. Possuem comprimentos de onda entre $0,7\mu\text{m}$ e 1mm . São normalmente emitidos por átomos ou moléculas quando têm suas rotações ou vibrações alteradas. Se um objeto possuir uma temperatura até cerca de 3000K , certamente emitirá a sua mais intensa radiação na região infravermelha (SEARS et al., 1994, p. 789).
- Micro-ondas – possuem comprimentos de onda entre 1mm e 1m , portanto podem ser consideradas como ondas de rádio curtas. São normalmente produzidas por circuitos oscilantes, contudo, a maior parte da radiação que preenche o universo encontra-se na região de micro-ondas do espectro, radiação essa proveniente do big bang (ROCHA et al., 2010, p. 140).

- Ondas de Rádio – tanto o sol como a oscilação de elétrons nos fios dos circuitos elétricos produzem ondas de rádio, as quais possuem comprimentos de onda superiores a 1m. A radioastronomia, ou seja, a observação dessas ondas fornecem informações extremamente importantes sobre o universo (HALLIDAY et al., 2010, p. 3).
- Raios Ultravioleta – este tipo de radiação pode ser produzida pelo sol, bem como por elétrons em átomos e possuem comprimentos de onda entre 1nm e 400nm, ou seja, inferiores aos comprimentos de onda da faixa de luz visível. A exposição a este tipo de radiação pode levar ser prejudicial ao ser humano (NOGUEIRA et al., 2009, p. 182).
- Raios X – normalmente, as estrelas não são fortes emissoras de raios x, todavia, em um sistema binário, quando uma estrela cai sobre a outra a temperatura se eleva, bem como a aceleração da matéria circundante, podendo assim produzir este tipo de radiação. Possuem comprimentos de onda entre 0,01nm e 10nm, podendo facilmente penetrar em tecidos macios, mas não em ossos, por isso a ampla utilização na medicina (HALLIDAY et al., 2010, p. 3).
- Raios Gama – esta radiação emitida pelas estrelas e galáxias evidencia a presença de determinados elementos e processos nucleares no universo. É a forma mais penetrante de radiação, possuindo os menores comprimentos de onda do espectro eletromagnético, menos de 10pm. Os raios gama são provenientes do decaimento de diversos núcleos radiativos e determinadas partículas elementares. Cada núcleo radiativo emite seu próprio padrão de radiação gama (CARUSO et al., 2006, p. 286).
- Raios Cósmicos – divididos em raios cósmicos primários e secundários, essa radiação é formada por partículas de natureza diversa e são extremamente penetrantes devido a sua grandeza energética. Os raios cósmicos primários são compostos predominantemente por prótons, tendo pequenas porções de partículas e núcleos pesados. Estes raios interagem com a atmosfera a grandes velocidades, gerando partículas secundárias, ou seja, um chuveiro de elétrons e fótons. Por outro lado, a radiação cósmica emitida pelo sol possui uma energia relativamente baixa (LAGO, 2007).

2.3.2 Espectro da Luz Visível

Conforme Halliday et al., (2010, p. 4), a luz visível é atribuída à radiação eletromagnética a qual o olho é sensível. Nos seres humanos, essa sensibilidade corresponde a comprimentos de onda que variam entre 400nm e 700nm, todavia, a maior sensibilidade ocorre em comprimentos de onda na faixa de 550nm que corresponde à luz de cor amarelo-esverdeada.

O sol é a fonte mais familiar de luz visível e as cores que são percebidas estão relacionadas com diferentes comprimentos de onda do espectro eletromagnético (BONJORNO et al., 1993, p. 291).

Para GREF (1996, p. 188), a luz emitida pelas estrelas, em especial o sol, quando decompostas, produzem as seguintes cores: vermelho, laranja, amarelo, verde, azul, anil e violeta. Estas cores fazem parte do espectro da luz visível, pois possuem frequências capazes de excitar os órgãos visuais, haja vista que as radiações com frequências inferiores a $4,5 \cdot 10^{14}$ Hz e superiores a $7,5 \cdot 10^{14}$ Hz não são perceptíveis.

Algumas estrelas apresentam colorações bem destacadas, umas avermelhadas, outras apresentam tonalidades branco-azuladas ou até mesmo douradas. Através da radiação do corpo negro, é possível compreender a natureza da luz e das propriedades da matéria em temperaturas extremamente elevadas, bem como a variação das cores das estrelas, consequência direta das suas temperaturas superficiais (CARUSO et al., 2006, p. 309).

Segundo Horvath (2008), a composição química das estrelas em geral é praticamente a mesma. Portanto, a cor de uma estrela depende diretamente da manifestação de sua temperatura superficial. Estrelas relativamente frias (do tipo espectral K e M), cuja temperatura varia entre 3000 K e 4000 K irradia a maior parte da sua energia na região do infravermelho, fazendo a estrela parecer vermelha. O sol, com uma coloração amarelada, possui uma temperatura superficial de aproximadamente 6000 K.

As estrelas quentes (do tipo espectral O e B), com temperaturas superiores a 10000 K, emitem radiação com comprimentos de onda na região do ultravioleta, tendo como elemento químico predominante na origem da coloração o hélio ionizado, fazendo

parecer brancas ou azuladas. Quanto maior a temperatura, maior o deslocamento de energia para os comprimentos de onda mais curtos (em direção ao azul), aumentando a luminosidade (HORVATH, 2008).

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento do trabalho traz à tona um assunto pouco debatido nas escolas em todos os níveis de ensino. O brilho das estrelas desperta o interesse astronômico de leigos e pesquisadores da área, a fim de encontrar respostas para os fenômenos existentes no universo.

No âmbito da pesquisa, pode-se comprovar que cada estrela, durante sua evolução, atravessa fases que transformam toda sua estrutura física e química, capaz de mudar sua tonalidade ao longo do tempo. O fenômeno da coloração distinta das estrelas envolve seus constituintes químicos, diretamente associados às suas temperaturas superficiais.

A óptica traz consigo a explicação do espectro da luz visível, que percorre enormes distâncias com frequências e comprimentos de onda capazes de sensibilizar os órgãos da visão, promovendo a percepção das cores.

Apesar do grande desenvolvimento da astronomia nas últimas décadas, ainda pouco se conhece de forma conclusiva sobre as estrelas. Isso decorre das dificuldades de se conhecer detalhadamente suas regiões centrais, onde acontecem os principais processos que determinam sua evolução. Vale salientar que este processo evolutivo é bastante lento, só ocorrendo uma mudança significativa em suas características no decorrer de milhares de anos.

REFERÊNCIAS

BERKNER, L. V.; ODISHAW, Hugh. A Ciência e o Espaço Cósmico. Rio de Janeiro – RJ: editora SEDEGRA LTDA, 1964.

BONJORNO, Regina Azenha; BONJORNO, José Roberto; BONJORNO, Valter; CLINTON, Marcico Ramos. Física Fundamental. Volume único. São Paulo – SP: editora FTD, 1993.

CARUSO, Francisco; OGURI, Vitor. Física Moderna: origens clássicas e fundamentos quânticos. 2ª. ed. Rio de Janeiro – RJ: editora Elsevier, 2006.

FARIA, Romildo Póvoa. Fundamentos de Astronomia. 5ª. ed. Campinas–SP: editora papirus, 1998.

FRIAÇA, Amâncio C. S.; PINO, Elisabete Dal; JÚNIOR, Laerte Sodré; JATENCO-PEREIRA, Vera. Astronomia: Uma Visão Geral do Universo. 2ª. ed. São Paulo – SP: editora da Universidade de São Paulo, 2008.

GAMOW, George. Nascimento e Morte do Sol: evolução estelar e energia subatômica. 2ª. ed. Porto Alegre – RS: editora Globo S.A, 1945.

GEWANDSZNAJDER, Fernando. Projeto Teláris - Ciências: matéria e energia. 1ª. ed. São Paulo – SP: editora ática, 2012.

GLEISER, Marcelo. Poeira das estrelas. Vol. 1. São Paulo – SP: editora Globo, 2006.

GRUPO DE REELABORAÇÃO DO ENSINO DE FÍSICA. Física 2: física térmica / óptica / GREF. 3ª. ed. São Paulo – SP: editora da Universidade de São Paulo, 1996.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; KRANE, Kenneth S. Física 4. 5ª. ed. Rio de Janeiro – RJ: editora LTC, 2010.

HORVATH, J. E.; O ABCD da Astronomia e Astrofísica. 2ª. ed. São Paulo – SP: editora Livraria da Física, 2008.

LAGO, Bruno Lazarotto. Estudo de raios cósmicos galácticos com o Observatório Auger. 2007. 77 f. Dissertação (Mestrado em Física) – Instituto de Física, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2007.

MARTINS, Roberto de Andrade. O Universo – Teorias sobre sua origem e evolução. 1ª. ed. São Pulo – SP: editora moderna, 1994.

MATSAS, George; VANZELLA, Daniel. Buracos Negros: Rompendo os limites da ficção. Rio de Janeiro – RJ: editora Vieira e Lent, 2008.

NOGUEIRA, Salvador; CANALLE, João Batista Garcia. Astronomia: ensino fundamental e médio. Vol. 11. Brasília – DF: MEC, SEB, MCT, AEB, 2009.

OLIVEIRA, Ivan S. Física Moderna para Iniciados, Interessados e Aficionados. Vol. 1. São Paulo – SP: editora Livraria da Física, 2005.

OLIVEIRA FILHO, Kepler de Souza; SARAIVA, Maria de Fátima oliveira. Astronomia e Astrofísica. 2ª. ed. São Paulo – SP: editora Livraria da Física, 2004.

PESSOA JUNIOR, Osvaldo. O Início da Física Quântica e seus Caminhos Possíveis. Depto. de Filosofia, FFLCH, Universidade de São Paulo, 2005. Disponível em: <http://www.fflch.usp.br/df/opessoa/Hist-MQ-1.pdf>. Acesso em: 25/04/2014.

RESNICK, Robert; HALLIDAY, David. Fundamentos da Física 4: ótica e física moderna. 2ª. ed. Rio de Janeiro – RJ: editora LTC, 1994.

ROCHA, Jaime Fernando Villas da; IVANISSEVICH, Alicia; WUENSCHÉ, Carlos Alexandre. Astronomia Hoje. Rio de Janeiro – RJ: Instituto Ciência Hoje, 2010.

SAGAN, Carl. Cosmos. Rio de Janeiro – RJ: editora Francisco Alves S.A. 1985.

SEARS, Francis; ZEMANSKY, Mark W.; YOUNG, Hugh D. Física 4: ondas eletromagnéticas, óptica, física atômica. 2ª. ed. Rio de Janeiro – RJ: editora LTC, 1994.

SILK, Joseph. O Big Bang: a origem do universo. Brasília – DF: editora Universidade de Brasília, 1984.

SOUZA, Ronaldo E. de; Introdução à Cosmologia. São Paulo – SP: editora da Universidade de São Paulo, 2004.

TIPLER, Paul A.; LLEWELLYN, Ralph A. Física Moderna. 3ª. ed. Rio de Janeiro – RJ: editora LTC, 2006.

VASSILIEV, M.; STANHIUKOVITCH, K. O universo dos sete elementos. Lisboa: editora Portugália, 1967.