

MNPEF Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física
POLO 31 - URCA



**UNIVERSIDADE REGIONAL DO CARIRI
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FÍSICA — POLO 31**

NAIAGRY PAULA DE FRAGA

PRODUTO EDUCACIONAL

AS VIZINHAS DO SOL: Sequência didática de ensino e sugestão de construção de um modelo representativo do grupo local de estrelas em três dimensões.

JUAZEIRO DO NORTE — CE

2022

Naiagry Paula de Fraga

Produto educacional desenvolvido como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestra em Ensino de Física, pelo Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Sociedade Brasileira de Física no polo 31 da Universidade Regional do Cariri.

Área de Concentração: Ensino de Física

Linha de Pesquisa: Astrofísica Estelar

Orientador: Prof. Dr. Celio Rodrigues Muniz

© 2022 desenvolvido por Naiagry Paula de Fraga sobre orientação do Prof. Dr. Celio Rodrigues Muniz. Qualquer parte desta publicação pode ser reproduzida, desde que citada a fonte.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	
1.1	OBJETIVOS.....	5
1.1.1	Objetivo Geral.....	5
1.2.2	Objetivo Específicos.....	5
2	SEQUÊNCIA DIDÁTICA DE ENSINO.....	6
2.1	PRIMEIRO ENCONTRO: MODELIZAÇÃO.....	9
2.2	SEGUNDO ENCONTRO: PARALAXE.....	12
2.3	TERCEIRO ENCONTRO: FOTOMETRIA E RADIOMETRIA.....	14
2.4	QUARTO ENCONTRO: DIAGRAMA DE HERTZSPRUNG-RUSSELL (DIAGRAMA RH).....	17
2.5	QUINTO ENCONTRO A: A VIZINHANÇA DO SOL.....	20
2.6	FINALIZAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA DE ENSINO.....	25
3	SUGESTÃO DE CONSTRUÇÃO DE MODELO REPRESENTATIVO EM 3D PARA A VIZINHAÇA DO SOL.....	25
3.1	VANTAGENS DO MÓBILE 3D	25
3.2	DESVANTAGENS DO MÓBILE 3D.....	26
3.3	MATERIAIS.....	26
3.4	ESTRUTURA E MONTAGEM.....	27
3.4.1	Orientação para as impressões.....	30
3.4.2	Orientação para o posicionamento das estrelas	30
4	DETERMINAÇÕES DE DISTÂNCIAS.....	34
4.1	UNIDADES DE MEDIDA USADAS NA ASTRONOMIA.....	35
4.2	TRIANGULAÇÃO – PARALAXE TRIGONOMÉTRICA.....	38
4.3	PARALAXE.....	41
4.3.1	Paralaxe geocêntrica.....	43
4.3.2	Paralaxe heliocêntrica.....	44
5	AS ESTRELAS: NOSSA LOCALIZAÇÃO NA VIA LÁCTEA.....	46
5.1	CLASSIFICAÇÃO ESPECTRAL.....	48
5.2	AS VIZINHAS DO SOL – GRUPO LOCAL DE ESTRELAS.....	51
5.3	FOTOMETRIA E RADIOMETRIA.....	52
5.3.1	Grandezas típicas do campo de radiação.....	54
5.3.1.1	<i>Intensidade específica</i>.....	54
5.3.1.2	<i>Fluxo</i>.....	56
5.3.1.3	<i>Magnitudes</i>.....	56
5.3.1.3.1	<i>Magnitude aparente</i>.....	57
5.3.1.3.2	<i>Magnitude absoluta</i>.....	59
5.3.1.4	<i>Índice de cor</i>.....	60
5.4	DIAGRAMA HERTZSPRUNG-RUSSELL.....	61
	REFERÊNCIAS.....	64
	APÊNDICES.....	66
	APÊNDICE A — LISTA DE ESTRELAS PRÓXIMAS AO SOL.....	67
	APÊNDICE B — MAPA UNIDIMENSIONAL DA POSIÇÃO DAS ESTRELAS VIZINHAS AO SOL.....	68
	APÊNDICE C — SLIDES COM O ROTEIRO DOS ENCONTROS.....	69

1 INTRODUÇÃO

Embora interessante e complementar aos conteúdos de Física, a Astronomia e Astrofísica são pouco pautadas em sala de aula, seja pela falta de formação do professor ou simplesmente pelo currículo do ensino médio que visa a abordagem dos conteúdos tradicionalmente cobrados nas avaliações externas. Apesar deste fato ser recorrente na educação básica, não há um total apagamento destes conteúdos, pois, sempre há aquela velha exemplificação trazida pelo professor, ou aquele recorte de um filme, assim como aquele bom questionamento trazido pelos alunos até a sala de aula. E nesta perspectiva que trabalharemos na apresentação de conteúdos de astronomia e inserção de astrofísica estelar, sem fazer distinção entre às duas áreas, definimos assim com astrofísica estelar.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Apresentar produto educacional construído com a finalidade de subsidiar o professor da educação básica na aplicação de conteúdos de astrofísica estelar.

1.1.2 Objetivo Específicos

- Disponibilizar sequência didática de ensino;
- Orientar quanto a aplicação da sequência didática de ensino;
- Apresentar material de suporte ao professor com conteúdo de astronomia e astrofísica estelar;
- Sugerir elaboração de um modelo representativo em três dimensões da vizinhança do Sol;
- Orientar quando a impressão dos materiais que poderão ser usados juntos a esta sequência didática de ensino;
- Disponibilizar materiais para *download*.

Deste modo este produto educacional este dividido em quatro seções, sendo a primeira esta introdução com os objetivos deste material, seguidos pela sequência didática de ensino, que contém o modo de aplicações dos cinco encontros. Posteriormente sugerimos a produção de um modelo representativo da distribuição das estrelas na vizinhança do Sol e por fim trazemos os apêndices deste trabalho.

2 SEQUÊNCIA DIDÁTICA DE ENSINO

Tema:	Ensino de astronomia e astrofísica estelar
Turma:	2º ano do ensino médio (sugestão)
Objetivo:	Conhecer a vizinhança do Sol além de caracterizar e explorar conceitos de astronomia. Ainda inseriremos conceitos de astrofísica estelar, sem que realizar distinção das áreas de conhecimento.

Fonte - Elabora pela autora.

Conteúdos:	
Em astronomia	Em astrofísica estelar
<ul style="list-style-type: none"> ● Determinação de distâncias; ● Unidades astronômicas: <ul style="list-style-type: none"> ▪ unidade astronômica (UA); ▪ ano-luz (a.l); ▪ parsec (pc); ● Paralaxe heliocêntrica e geocêntrica; ● Modelização da vizinhança do Sol; 	<ul style="list-style-type: none"> ● Fotometria: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Definição de ângulo sólido ω; ▪ Intensidade específica I_ν; ▪ Fluxo $F(r)$; ▪ Magnitude aparente m; ▪ A relação entre a Magnitude m e o brilho/fluxo luminoso $F(r)$; ▪ Índice de cor; ▪ Magnitude absoluta M; ● Classificação espectral das estrelas; ● Diagrama HR e sequência principal.

Fonte - Elabora pela autora.

Habilidades da BNCC:	As habilidades seguem em ordem de numeração crescente e foram extraídas da própria base, tal ordem não reflete a sequência de ensino aqui proposta.
	<ul style="list-style-type: none"> ● (EM13CNT201) Analisar e discutir modelos, teorias e leis propostos em diferentes épocas e culturas para comparar distintas explicações sobre o surgimento e a evolução da Vida, da Terra e do Universo com as teorias científicas aceitas atualmente. ● (EM13CNT204) Elaborar explicações, previsões e cálculos a respeito dos movimentos de objetos na Terra, no Sistema Solar e no Universo

	<p>com base na análise das interações gravitacionais, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como softwares de simulação e de realidade virtual, entre outros).</p> <ul style="list-style-type: none"> ● (EM13CNT209) Analisar a evolução estelar associando-a aos modelos de origem e distribuição dos elementos químicos no Universo, compreendendo suas relações com as condições necessárias ao surgimento de sistemas solares e planetários, suas estruturas e composições e as possibilidades de existência de vida, utilizando representações e simulações, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como softwares de simulação e de realidade virtual, entre outros). ● (EM13CNT301) Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica.
--	--

Fonte - Elabora pela autora.

Número de encontros e tempo de execução da sequência didática de ensino:	5 encontros		Presencial	Remoto
		1°	50 min	45 min
		2°	50 min	45 min
		3°	100 min	45 min
		4°	100 min	45 min
Materiais necessários para a execução das atividades desta sequência:	Ferramentas e plataformas digitais listadas a seguir; ainda sugerimos a confecção junto aos alunos do Modelo Representativo em três Dimensões – MR3D das estrelas vizinhas ao Sol, que batizamos como Móbile 3D.			

Fonte - Elabora pela autora.

Ferramentas e plataformas digitais	Link de acesso
Google meet	https://workspace.google.com/intl/pt-BR/
Google Classroom	https://edu.google.com/intl/pt-BR/products/classroom/
Google forms	https://www.google.com/forms/about/

Apresentações Google – Slides	https://www.google.com/slides/about/
Padlet	https://padlet.com/
Mentimeter	https://www.mentimeter.com/
Simulação 100 000 estrelas	https://stars.chromeexperiments.com/

Fonte - Elabora pela autora.

Detalhamento dos encontros:

Devido à pandemia da Covid-19, tivemos que modificar a sequência didática de ensino, para adaptar-se as aulas remotas, neste sentido esta sequência pode ser utilizada por modalidades de ensino à distância — EaD, no entanto, ela foi inicialmente pensada para ser trabalhada presencialmente e foi readaptada para o formato remoto.

Outra informação que deve ser considerada, é a categoria de investigação da qual esta sequência didática de ensino faz parte, pois se trata da pesquisa-ação que é uma categoria de pesquisa advinda das ciências sociais, com “base empírica que é concebida e realizada em estreita associação com uma ação de um problema coletivo” (THIOLLENT, 2011, p. 20) oportunizando assim o aprendizado do professor e do estudante. Assim a pesquisa-ação trata-se de um método ou estratégia de ensino, ao qual podemos a agregar vários métodos ou técnicas no decorrer de sua aplicação. Ela permite ainda que as etapas sejam modificadas à medida que são executadas, pois, entende que haverá variáveis que estarão fora do nosso controle, como, por exemplo, a pandemia de Covid-19¹.

Ainda recorreremos aos pensamentos de Mario Bunge sobre modelização de modo a justificar a utilização de modelização para o ensino de astronomia e astrofísica. Assim essa sequência didática de ensino está dividida em 5 (cinco) encontros que detalharemos a seguir.

Fonte - Elabora pela autora.

¹ A doença é causada pelo vírus Sars-CoV-2, que gerou uma emergência internacional em saúde, em dezembro de 2019 na cidade de Wuhan na China onde apareceu os primeiros casos. A primeira vítima foi anunciada em 11 de janeiro de 2020 pelo governo chinês, que mais tarde no dia 20 do mesmo mês declarou que surto era uma emergência sanitária. Ainda em janeiro a doença havia rompido as fronteiras da China e os primeiros casos foram reportados na Tailândia, Japão e Coreia e rapidamente a doença começou a se espalhar pelo mundo. No Brasil o primeiro caso foi detectado no dia 26 de fevereiro. Na virada para o mês de março, a doença já ultrapassava a centena de casos em diversos países, a escalada da Covid-19 a partir de então foi exponencial, e o aumento de casos passou a ser acompanhado pelo crescimento inimaginável do número de mortos.

Observações importantes:

- i. Todos os apêndices utilizados para o desenvolvimento desta sequência didática de ensino encontram-se nos apêndices deste produto educacional e disponibilizamos em pasta pública *online* no google *drive* que pode ser acessado através do código QR *code* ou do endereço eletrônico ao lado.



<https://drive.google.com/drive/folders/198zzqGCs0gm_vR8JX9XZuQlxt-5zf5DW?usp=sharing>

2.1 PRIMEIRO ENCONTRO: MODELIZAÇÃO

TIPO DE ENSINO:	PRESENCIAL	REMOTO
Tempo de duração	50 min	45 min
Materiais e Recursos	Folha de papel A4; Lápis de cor, pincéis colorido e giz de cera (opcional); Cartolina 50 x 65 cm Diário de bordo - caderno de anotações (para uso do professor).	Folha de papel A4; Lápis de cor, pincéis colorido e giz de cera (caso o aluno tenha em casa); Google meet; <i>Slide</i> ; Câmera do celular (para os estudantes); Padlet ² (ferramenta digital).
Organização da turma	Separar os alunos em grupos de 4 ou 6 pessoas.	Desnecessária ao ensino híbrido, visto que a plataforma utilizada (google meet) não permite a separação de grupo.

² O Padlet é uma ferramenta digital disponível de para construção de murais virtuais colaborativos.

<p>Introdução</p>	<p>No início da aula será apresentado o tema e o roteiro a ser trabalhando na sequência didática de ensino aqui disposta, explicando que se trata de uma pesquisa na área de ensino de física e que todo o seu desenvolvimento será observado e avaliado conforme estabelecido pela categoria de pesquisa por nós proposto, no caso a pesquisa-ação³. Posteriormente questione-os sobre a importância de se estudar Astronomia e Astrofísica, verifique se os estudantes sabem a diferença e apresente esta diferença para a turma.</p> <p>OBS.: <i>Para ajudar na sua coleta de dados, os professores que estiverem aplicando presencialmente, sugerimos que tenham sempre em mãos diário de bordo para poder ir fazendo suas anotações ao transcorrer da aula. No caso da aplicação on-line pode optar por gravar a aula.</i></p>
<p>Objetivo</p>	<p>Apresentar a sequência didática de ensino de modo a explorar o conhecimento prévio dos estudantes através da utilização da modelização da vizinhança do Sol.</p>
<p>Desenvolvimento</p>	<p><i>i.</i> Inicialmente apresente o tema da aula;</p> <p><i>ii.</i> Através de questionamentos do tipo:</p> <p style="text-align: center;"><i>Você gosta de Astronomia? Você considera ser importante estudar essa ciência? O que te fascina nas astronomias?</i></p> <p style="text-align: center;"><i>Quem saberia diferenciar Astronomia de Astrofísica?</i></p> <p>Tais perguntas têm o objetivo de identificar o conhecimento prévio dos estudantes e verificar o nível de interesse apresentado por eles;</p> <p><i>iii.</i> Questione-os se sabem como o sistema solar é representado, em seguida;</p> <p><i>iv.</i> Entregue o material, ou no caso do ensino remoto, peça para utilizem o caderno e o material de desenho que tenham em casa, questione-os sobre como eles supõem que as estrelas estão</p>

³ Para os interessados indico a leitura do capítulo 5, referente a metodologia da dissertação de mestrado que acompanha este produto educacional, especificamente o tópico 5.1.3 Investigação através da pesquisa-ação.

- distribuídas na vizinhança do Sol. (pergunta retórica, eles não devem compartilhar neste momento suas respostas);
- v. Posteriormente, oriente que façam, individualmente, uma representação na forma de desenho, informando como julgam a distribuição das estrelas na vizinhança do Sol;
- vi. Em seguida peça para identificarem seus desenhos, com seus nomes e guardem para usar ao fim da aula. Em seguida divida a sala em grupos de até 6 integrantes, (este número é uma sugestão, dependerá da quantidade de aluno que se tenha em sala). No papel cartolina que será entregue a cada grupo, os alunos deverão representar o modelo da distribuição das estrelas na vizinhança do Sol, a qual o grupo debaterá e chegará a um consenso de como julguem que se dá essa representação;
- vii. Para finalizar, será construído o mural coletivo, onde todos os grupos devem descrever suas representações e explicar o como eles entendem a distribuição das estrelas, e se tiveram diversas concepções a respeito do modelo.
- OBS 1.:** A etapa *vi.* não será executada na aula remota, pela impossibilidade de gerar e organizar os grupos.
- OBS 2.:** Oriente que o aluno faça o relato ao lado de seu modelo representativo;
- OBS 3.:** Para a construção do mural coletivo, na aula remota, utilizaremos a plataforma Padlet⁴, para isso cada aluno deverá

⁴ Para criar seu *Padlet*, deve-se primeiramente cadastrar-se no site através do *link*: <<https://padlet.com/>>, em seguida na lateral esquerda em inscreva-se, adicione ou crie um endereço eletrônico e a senha, o site abrirá o painel inicial, onde você selecionará na parte superior esquerda o botão de (+) criar um Padlet, a página da internet lhe apresentará uma área de modelos, selecione o modelo mural, que será instantaneamente aberto, em seu mural onde você deve adicionar o título do Padlet, sugerimos: “Nosso mural interativo”; adicione a descrição: “Mostre-nos como você julga que estas estrelas estão distribuídas na vizinhança do Sol e com suas palavras explique seu modelo representativo”, você pode personalizar seu mural. Ainda na mesma área, é interessante atribuir o nome do autor acima de cada publicação, para isso basta ativar a função atribuição, habilite também a área de comentários assim os alunos poderão interagir uns com os outros. Na área de reação sugiro deixar o curtir, pois, os alunos poderão “dar match” nas publicações dos colegas. Na área filtro de conteúdo ative o filtro de linguagem obscena, assim caso algum aluno adicione algum termo obsceno, pejorativo ou ofensivo o filtro removerá a palavra. Para compartilhar o mural com a turma, no canto superior direito da tela aparecerá o botão compartilhar, ao selecioná-lo ele abrirá um guia, onde ele lhe dará algumas opções de compartilhamento, indico que use o link, caso opte pelo código “QR code”, lembre-se que alguns aparelhos

	fotografar seu modelo representativo e adicionar ao mural virtual na plataforma Padlet.
Conclusão	<p>Será levantado questionamento sobre os modelos, que ficaram guardados e salvos para serem expostos na etapa final. Ainda será passada aos alunos uma atividade de pesquisa para ser realizada em casa. Assim o aluno deverá pesquisar: <i>O que é paralaxe? Quais são as unidades de medida usadas em astronomia e quais suas definições?</i></p> <p>No segundo encontro iniciaremos questionando os estudantes sobre suas pesquisas.</p>
Avaliação	Avaliação da participação dos alunos na produção dos seus modelos representativos bem como na construção do mural onde o aluno irá verbalizar/escrever/digitar sua explicação do seu modelo.

Fonte – Elaborada pela autora.

2.2 SEGUNDO ENCONTRO: PARALAXE

TIPO DE ENSINO:	PRESENCIAL	REMOTO
Tempo de duração	50 min	45 min
Materiais e Recursos	Data show, computador e Slide; Quadro branco, pincel e apagador;	Google meet; Slide; OpenBord (mesa digital/não obrigatória)
Organização da turma	Meia-lua	—

celulares não possuem tecnologia de leitor de QR code e isso fará seu aluno perder tempo instalando aplicativos para realizar essa leitura, neste caso sugiro sempre que for usar o código QR disponibilizar também o link de acesso. Ao fim desta atividade você poderá retornar a esta aba de compartilhamento e escolher o formato que deseja salvar seu mural. **OBS.:** Para aparecer o nome do aluno na parte superior, o aluno pode inscrever-se no site, ou adicionar o nome na área de título. O Padlet encontra-se disponível nas plataformas de aplicativos para celulares.

<p>Introdução</p>	<p>A pesquisa não só abre uma janela para o conhecimento ela abre uma porta, de modo a facilitar a entrada de novas informações e conhecimentos que contribuem para o progresso humano cultural, social, científico, político, tecnológico e educacional. Nesta perspectiva, inicia-se a aula questionando sobre os pontos levantados na aula anterior e deixados com atividade de pesquisa de casa.</p>
<p>Objetivo</p>	<p>Apresentar e discutir as unidades de medidas astronômicas e formular conceitos de paralaxe.</p>
<p>Desenvolvimento</p>	<p>i. Inicialmente questione sobre o que eles entenderam sobre a pesquisa deixada com atividade de casa, faça com que eles vejam e comparem as diversas definições sobre unidades astronômicas, indague-os sobre conceito que apresentarem desvios e incoerência, enfatize conceitos bem apresentados.</p> <p>ii. Deixe aberto durante toda a aula o espaço para o debate, visto que os alunos após fazerem suas pesquisas virão com um conhecimento prévio e com dúvidas sobre os temas pesquisados.</p> <p>iii. Inicie a aula de forma expositiva e dialogada;</p> <p>iv. Após o debate apresente os conceitos de:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Unidades astronômicas (UA); ● Ano-luz (al); ● Parsec (pc). <p>v. Posteriormente questione sobre: <i>O que é paralaxe?</i> E em seguida, sugerimos que, apresente os conceitos e as formas de se calcular distâncias de objetos distantes, sugerimos que conduza linearmente, seguindo a seguinte ordem:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Método da triangulação associado a paralaxe trigonométrica; <p>vi. Faça uma breve experiência mostrando na prática a mudança de percepção de um objeto, para isso:</p> <p style="text-align: center;"><i>Basta pedir para o aluno olhar para um objeto fixo que esteja a uma certa distância, que ele feche um dos olhos e cubra com o polegar o objeto, posteriormente sem mexer a</i></p>

	<p><i>mão e o polegar e ainda olhando para o objeto que ele de forma rápida, feche o olho que estava aberto e abra o olho fechado e relate o que observou.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ● Em seguida comente ao seu aluno que esta mudança aparente na posição do objeto se chama paralaxe e é o mesmo que acontece com objetos distantes como as estrelas. <p>vii. Em seguida diferencie:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Paralaxe heliocêntrica; ● Paralaxe geocêntrica. <p>viii. Finalize mostrando que é possível calcular a paralaxe, explique as expressões matemáticas que podemos utilizar para realizar este cálculo e exemplifique.</p>
Conclusão	<p>Ao fim desta aula calcule a distância da estrela mais próxima da terra usando a expressão que caracteriza a paralaxe estelar, mostre como as unidades astronômicas se relacionam, dessa forma ao fim desse encontro o aluno deverá saber que existem unidades de medidas próprias as distâncias astronômicas e que a paralaxe é um método utilizado para calcular a distâncias de objetos celestes muito distantes.</p>
Avaliação	Avaliação contínua e participativa.

Fonte – Elaborada pela autora.

2.3 TERCEIRO ENCONTRO: FOTOMETRIA E RADIOMETRIA

TIPO DE ENSINO:	PRESENCIAL	REMOTO
Tempo de duração	100 min	45 min
Materiais e Recursos	Data show, computador e Slide; Quadro branco, pincel e apagador;	Google meet; Slide; Mentimeter

Organização da turma	Formato tradicional, com cadeiras enfileiradas.	—
Introdução	<p>O olho humano é um órgão maravilhoso que reage à luz, tal como ela é percebida permitindo assim a visão, as células essenciais os cones e os bastonetes responsáveis pela visão, captam e diferentes comprimentos de onda, os valores medidos devem ter correlação com a sensação visual produzida em um observador humano, sem sérios problemas de visão, exposto a esta mesma radiação. A resposta visual humana é restrita a uma pequena faixa do espectro eletromagnético. Esta faixa do espectro está situada entre 380 e 770 nm, dependendo do observador. O olho humano pode distinguir cerca de 10 milhões de cores, e a íris pode regular a quantidade de luz incidente em nossos olhos. Fotometria é a medida da luz proveniente de um objeto, sendo que na idade média as observações eram realizadas através do olho humano, com o avanço das tecnologias e a invenção do telescópio em 1609, começam as observações astronômicas de Galileo, a astrofotografia iniciou no fim do século XIX, além de muitas categorias de detectores eletrônicos, produzidos nas últimas décadas, são usados para estudar a radiação eletromagnética do espaço. Todo o espectro eletromagnético, desde a radiação gama até as ondas de rádio são atualmente usadas para observações astronômicas e a todo estudo da radiação emitida por uma fonte de ondas eletromagnético seja ela visível ou não-visível damos o nome de radiometria.</p>	
Objetivo	<p>Introduzir tópicos de astrofísica e assim apresentar e conceituar propriedades próprios a fotometria e a radiometria de modo a enfatizar a luz como pequena faixa visível do espectro eletromagnético. Busca-se, ainda, enunciar e diferenciar algumas grandezas físicas da radiação.</p>	
Desenvolvimento	<p>Nesta aula será trabalhado fotometria estelar, associando assim as propriedades físicas da luz proveniente das estrelas. A sugestão</p>	

	<p>aqui é apresenta-la de forma clara e objetiva os conceitos associado a fotometria.</p> <ol style="list-style-type: none"> i. Inicie a aula explicando o que é a fotometria e a radiometria bem como apresentando o espectro eletromagnético; ii. Posteriormente apresente as grandezas físicas do corpo de radiação tais como: <ul style="list-style-type: none"> ● Definição de ângulo sólido ω; ● Intensidade específica I_v ● Fluxo $F(r)$; ● Magnitude aparente m; ● A relação entre a Magnitude m e o brilho/fluxo luminoso $F(r)$; ● Índice de cor ● Magnitude absoluta M; iii. As grandezas listadas a cima devem ser conceituadas bem como explorada suas expressões matemáticas afins de identificar as relações entre propriedades físicas da radiação e facilitando a compreensão teórica e matemática. iv. Ainda realizaremos comparações entre a magnitude de alguns astros. v. Para finalizar este encontro efetue um breve resumo de tudo que foi estudado nesta aula, visto que há uma densa quantidade de conceitos.
Conclusão	Para compreender os aspectos atórficos é fundamental entender as grandezas físicas presente na radiação.
Avaliação	Avaliação contínua e participativa.

Fonte – Elaborada pela autora.

2.4 QUARTO ENCONTRO: DIAGRAMA DE HERTZSPRUNG-RUSSELL (DIAGRAMA RH)

TIPO DE ENSINO:	PRESENCIAL	REMOTO
Tempo de duração	100 min	45 min
Materiais e Recursos	Data <i>show</i> , computador e <i>Slide</i> ; Quadro branco, pincel e apagador;	Google <i>meet</i> ; <i>Slide</i> ; <i>Mentimeter</i> ⁵
Organização da turma	Livre	—
Introdução	A classificação estrelar pelo tipo espectral utiliza o Diagrama Hertzsprung-Russell ou simplesmente Diagrama RH, um gráfico que relaciona os parâmetros ligados a luminosidade e cor, para as diferentes categorias de estrelas. Faremos uma descrição de como o Diagrama HR é construído de forma que ao olharmos conseguimos	

⁵ O *mentimeter* é uma plataforma *online* que permite criar apresentações interativas, como, por exemplo, nuvem de palavras, *ranking*, diagramas, etc. Para gerar a apresentação interativa deve-se primeiro cadastrar-se no *site* através do *link*: < <https://www.mentimeter.com/>>, ao criar uma conta e entrar, você será direcionado ao painel inicial, onde selecionará a função “*new presentation*”, aí dará um título a sua apresentação em seguida o sistema abrirá o painel de edição, na lateral esquerda dentre os modelos disponíveis você selecionará a opção “*ranking*” e adicionará abaixo de “*Your question*” a pergunta norteadora (*Comparado com outras estrelas, o Sol é quente ou frio? É grande ou pequeno? É luminoso ou fraco?*), em “*items*” você adicionará às nove alternativas {(quente/mediano/frio) (grande/médio/pequeno) (luminoso/semi-luminoso/fraco)}, caso não tenha nove itens, clique em “+ *Add another option*” em seguida baixe a seguinte figura <<https://static.escolakids.uol.com.br/2020/10/ponto-interrogacao.jpg>>. Volte ao *mentimeter*, clique em “*image*” e faça “*upload*” da imagem baixada no seu computador ou utilize o velho clique e arraste, selecione a na imagem baixada e arraste até o espaço com no nome “*image*”. Em seguida na lateral esquerda em cima do “*slide*” que acabou de criar, clique com o botão esquerdo do “*mouse*” e selecione a opção duplicar, assim você terá duplicado a questão que será usada ao fim da aula com intenção de pós teste. Agora para compartilhar com seus alunos você deve ir ao canto superior direito em “*share*” aparecerá um *link* de compartilhamento (“*voting link*” e um código “*QR code*”, você pode copiar o *link* ou baixar o “*QR code*” que compartilhará com seus alunos na hora da resolução da questão. Para apresentar a pergunta, vá à parte superior direita em “*Prent*” aperte a tecla S do teclado alfa numérico para esconder as respostas que seus alunos estão respondendo pelo *link*, caso algum aluno precise de um código de acesso, basta adicionar o número que aparece na parte superior central da sua apresentação, no canto inferior da apresentação aparecerá o número de alunos que responderam à pergunta norteadora. Para mostrar os resultados apertem a tecla S do teclado alfa numérico do computador, para sair do modo de apresentação aperte a tecla *Esc* do teclado alfa numérico e para voltar para o painel de configuração das perguntas aperte a tecla *Esc* novamente. Caso deseje mudar o *design* explore no painel do editor de apresentação a aba “*themes*”. Para o aluno responder às perguntas o *mentimeter* deverá estar em modo de apresentação “*Prent*”, assim antes de liberar a pergunta aos estudantes explique que ele deverá escolher três das nove alternativas, referente às três partes da pergunta.

	facilmente identificar as populações estelares, entretanto antes de explicarmos o identificarmos os elementos do Diagrama RH é fundamental entendermos o sistema de classificação das estrelas.																
Objetivo	Apresentar diagrama RH e classificar as estrelas de acordo com sua luminosidade temperatura e cor.																
Desenvolvimento	<p>i. Inicie a aula questionando: <i>Comparado com outras estrelas, o Sol é quente ou frio? É grande ou pequeno? É luminoso ou fraco?</i></p> <p>ii. Peça para que seu aluno anote sua resposta em um canto do caderno, após todos anotar incentive o compartilhamento rápido e objetivo das suas respostas e caso alguém sinta necessidade de justificar a resposta dê um breve espaço para a exposição</p> <p>iii. Em seguida apresente:</p>	<p>i. Inicie a aula questionando: <i>Comparado com outras estrelas, o Sol é quente ou frio? É grande ou pequeno? É luminoso ou fraco?</i></p> <p>ii. Utilize a ferramenta <i>mentimeter</i> para coletar as respostas dos alunos, para cada parte do questionário deve conter três respostas objetivas:</p> <table border="1" data-bbox="938 1048 1418 1462"> <thead> <tr> <th colspan="3" data-bbox="938 1048 1418 1108"><i>Comparado com outras estrelas, o Sol</i></th> </tr> <tr> <th data-bbox="938 1108 1082 1263">É quente ou frio?</th> <th data-bbox="1082 1108 1225 1263">É grande ou pequeno?</th> <th data-bbox="1225 1108 1418 1263">É luminoso ou fraco?</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="938 1263 1082 1328">Quente</td> <td data-bbox="1082 1263 1225 1328">Grande</td> <td data-bbox="1225 1263 1418 1328">Luminoso</td> </tr> <tr> <td data-bbox="938 1328 1082 1393">Mediano</td> <td data-bbox="1082 1328 1225 1393">Médio</td> <td data-bbox="1225 1328 1418 1393">Semi-luminoso</td> </tr> <tr> <td data-bbox="938 1393 1082 1462">frio</td> <td data-bbox="1082 1393 1225 1462">Pequeno</td> <td data-bbox="1225 1393 1418 1462">Fraco</td> </tr> </tbody> </table> <p>Obs.: Oriente seu aluno que para cada parte da pergunta ele deverá escolher uma das três alternativas, assim ao fim ele deverá ter marcado três das nove alternativas vigentes.</p> <p>Após todos os alunos responderem compartilhe o gráfico contendo o resultado gerado na hora.</p>	<i>Comparado com outras estrelas, o Sol</i>			É quente ou frio?	É grande ou pequeno?	É luminoso ou fraco?	Quente	Grande	Luminoso	Mediano	Médio	Semi-luminoso	frio	Pequeno	Fraco
<i>Comparado com outras estrelas, o Sol</i>																	
É quente ou frio?	É grande ou pequeno?	É luminoso ou fraco?															
Quente	Grande	Luminoso															
Mediano	Médio	Semi-luminoso															
frio	Pequeno	Fraco															

- O sistema de classificação das estrelas;
- Faça um breve relato sobre quem desenvolveu esse sistema enfatizando que foi um grupo de mulheres e dando destaque a Annie Jump Cannon e Cecilia Payne;
- Cite às três leis da espectroscopia;
- Mostre o sistema de classificação de luminosidade.

iv. Em seguida dê um destaque maior ao diagrama de Hertzsprung-Russell – diagrama RH, mostrando ele é representado indicando o significado de cada parte dele, além de:

- Mostre como os grupos de estrelas estão distribuídos;
- Mostre como determinar a luminosidade utilizando a Lei de Stefan-Boltzmann;
- Explique que a luminosidade é diretamente proporcional ao raio da estrela e quarta potência da temperatura efetiva;
- Cite que porque buracos negros e estrelas de nêutrons não são representados no diagrama RH;

v. Posteriormente mostre que a sequência principal é também uma sequência de massas que possui relação com a luminosidade e diferencie:

- Estrelas massivas;
- Estrelas menos massivas

vi. Apresente o histograma do número relativo de estrelas nas proximidades do Sol;

vii. E para finalizar replique a questão norteadora

viii. Refaça a pergunta norteadora aos seus alunos “Comparado com outras estrelas, o Sol é quente ou frio? É grande ou pequeno? É luminoso

vii. Volte ao *mentimeter* e reaplique a pergunta norteadora da aula, “Comparado com outras estrelas, o Sol é quente ou frio? É grande ou pequeno? É luminoso ou fraco?”. Em estimule que os

	ou fraco?” peça que comparem suas respostas e se houve mudanças nas suas respostas, peça que justifiquem.	alunos justifiquem se ouve ou não mudanças nas respostas e peça que justifiquem as respostas. Em seguida comente os resultados, apresentando a explicação que o sol é uma estrela média, tanto com relação ao tamanho quanto a temperatura e se calcularmos a luminosidade dela também estará entre as estrelas medianas e que a maioria das estrelas na vizinhança do sol é do tipo M, ou seja, anãs vermelhas.
Conclusão	Desta forma, buscamos nesta aula apresentar características mais voltadas a Astrofísica, esta aula é o marco dessa sequência de ensino, e para ela, julgamos necessário uma utilização maior número de recursos visuais na apresentação em <i>slide</i> com a finalidade de facilitar a compreensão e a associação.	
Avaliação	Avaliação Contínua, dialogada através do <i>rankig</i> gerado pelo <i>mentimeter</i> .	

Fonte – Elaborada pela autora.

2.5 QUINTO ENCONTRO: A VIZINHANÇA DO SOL

TIPO DE ENSINO:	PRESENCIAL	REMOTO
Tempo de duração	150 min	90 min
Materiais e Recursos	Data <i>show</i> , computador e <i>Slide</i> ; Quadro branco, pincel e apagador; Mobile 3D	Google <i>meet</i> ; <i>Slide</i> ; Mobile 3D

	<p>Lista de estrelas próximas ao Sol (apêndice A)</p> <p>Roteiro de questionário (disponível nos apêndices da dissertação, não indicamos seu uso para finalizar esta sequência didática de ensino)</p>	<p>Lista de estrelas próximas ao Sol (apêndice A)</p> <p>Simulação 100.000 <i>star</i>⁶</p> <p>Roteiro de questionário (disponível nos apêndices da dissertação, não indicamos seu uso para finalizar esta sequência didática de ensino)</p>
Organização da turma	<p>Divida a turma em três grupos, cada grupo deverá receber a lista de estrelas próximas ao Sol</p>	—
Introdução	<p>O Sol, nossa estrela mãe que coreografa o movimento elíptico dos planetas em sua volta, mais se sairmos dessa de dança vemos que, na verdade, o Sol dança junto de outras estrelas, e, nessa altura da observação concluímos que se trata de uma grande festa que unifica toda a vizinhança em um balé suave de toda braços de Órion, e, porque não dizer em toda a via Láctea. Assim, apesar de muitas vezes nos voltarmos ao estudo do sistema solar vamos além, conheceremos a vizinhança do Sol e visualizar um modelo representativo de como estas estrelas estão distribuídas em seu entorno.</p>	
Objetivo	<p>Desenvolver modelo representativo da vizinhança do Sol e trabalhar principais características da classificação espectral de estrelas.</p> <p>Avaliar o desenvolvimento da sequência didática de ensino.</p>	<p>Apresentar modelo representativo da vizinhança do Sol bem como identificar nosso lugar na via láctea e avaliar metodologia de ensino utilizada para o desenvolvimento da sequência didática de ensino.</p>

⁶ Simulação *online* desenvolvida para o navegador Google Chrome, através dele podemos explorar a via Láctea através de visualização 3D interativa, assim podemos “conhecer” a vizinhança estelar sem necessitar de telescópios, a simulação inclui mais de 100.000 estrelas próximas e permite uma navegação de forma realista pela Via Láctea, os desenvolvedores deste simulador usaram dados reais derivados de vários catálogos estelares, e assim, traçaram a posição de 119.617 estrelas próximas e para sua formulação geral foi utilizada diversas recursos presentes na linguagem de programação HTML5.

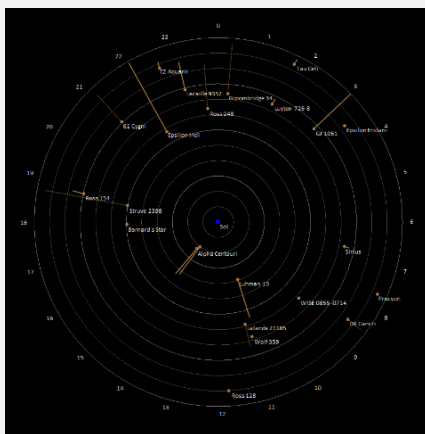
Desenvolvimento:

Este encontro será realizado no formato de oficina, para montarmos o Mobile 3D junto a turma

i. Inicialmente separe a turma em três grupos e entregue a este grupo uma lista contendo as estrelas próximas ao Sol;

ii. Após os encontros anteriores os alunos já deverão estar familiarizados com algumas características presentes na tabela.

iii. Em seguida apresente o significado das colunas de ascensão reta e declinação, sendo que a ascensão representa a localização da estrela no plano circular visto como um “relógio” que vai de zero a 23 conforme a figura



Fonte: wikiwand ⁷

No cenário de pandemia da covid 19 e da consequente aplicação desta sequência didática de ensino de forma remota, este encontro foi o que mais teve alteração na metodologia inicialmente pensada na realização de uma oficina para a montagem junto aos alunos do modelo representativo em 3 dimensões da vizinhança do Sol - Móbile 3D, conforme proposto no quadro ao lado. E assim todas as alterações da sequência didática de ensino aqui descritas foram feitas com o intuito de facilitar a compreensão dos estudantes e adaptar-se a necessidade do isolamento social, assim reordenamos esse encontro da seguinte forma:

i. Inicialmente deve-se apresentar nossa a localização no universo e mostrar que o Sol é apenas mais uma estrela dentre

⁷ Disponível em:

<https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/b/bd/Angular_map_of_fusors_around_Sol_within_12ly.png/640px-Angular_map_of_fusors_around_Sol_within_12ly.png?1626142706014>. Acesso 9 mar. 2021.

	<p>iv. Após identificar o mapa unidimensional das estrelas vizinhas ao Sol, deve-se usar o a lista de estrelas próximas ao Sol que contém a planificação do grupo local de estrelas.</p> <p>v. Posteriormente cada grupo ficará responsável em marcar as estrelas em um disco de vidro de 60 cm de diâmetro, para facilitar este trabalho o grupo 1 marcará a estrelas que estiverem no plano acima do Sol, o grupo 2 marcará as estrelas que estiverem no plano do Sol e o grupo 3 marcará a posição das estrelas abaixo do plano do Sol, para fazer está etapa usaremos um sistema de aproximação tanto para ascensão reta quanto para a declinação, visto que o modelo representativo trata de distâncias tão grandes o que torna inviável trabalhar com sistemas de escalas de distâncias e/ou volumes das estrelas representadas, mais por questões visuais usaremos esferas coloridas e de diversos tamanhos para representar o</p>	<p>bilhões de estrelas presentes na Via Láctea.</p> <p>ii. Mostre uma imagem mostrando que as estrelas não estão distribuídas de formas uniforme e padrão.</p> <p>iii. Com o auxílio da simulação 100.000 <i>star</i>, navegue de forma virtual pelo universo apresentando as vizinhanças do Sol e dando destaque ao grupo local de estrelas.</p> <p>iv. Posteriormente apresente o Mobile 3D de forma remota através de vídeo aos seus estudantes, explique como estas estrelas foram distribuídas e apresente a lista do grupo local de estrelas.</p> <p>v. Explique o que a ascensão reta e a declinação associando com o Mobile 3D.</p> <p>vi. Peça aos seus alunos façam suas comparações entre os desenhos representativos produzidos no primeiro encontro com o Móbile 3D, os alunos deverão identificar dentro dos seus modelos representativos se há ou não</p>
--	---	--

	<p>grupo local de estrelas no Mobile 3D.</p> <p><i>vi.</i> Montaremos es três vidros na estrutura metálica previamente construída e debateremos a importância desse modelo representativo.</p> <p><i>vii.</i> Para finalizar esta oficina, faremos a comparação entre os desenhos representativos produzidos no primeiro encontro com o Móbile 3D, os alunos deverão identificar dentro dos seus modelos representativos se há ou não uma aproximação do modelo com a realidade, neste caso com a teoria.</p> <p><i>viii.</i> Por fim, finalizaremos a nossa sequência didática de ensino, aplicando o questionário, para sondar e avaliar o potencial didático desta sequência de ensino.</p>	<p>uma aproximação do modelo com a realidade, neste caso com a teoria</p> <p><i>vii.</i> Ao fim, aplicaremos o questionário, para sondar e avaliar o potencial didático desta sequência de ensino.</p>
Conclusão	<p>Ao fim deste encontro buscaremos entender se a sequência didática de ensino proporcionou aprendizado aos estudantes de forma que gere interesse aos estudos de astronomia e astrofísica.</p>	
Avaliação	<p>A avaliação durante todos os encontros se dá de forma contínua e participava, e além desde dois elementos a aplicação do questionário que visa fazer uma avaliação geral de todo o processo da sequência didática de ensino.</p>	

2.6 FINALIZAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA DE ENSINO

Para finalizar aplicaremos ao fim do 5º encontro o questionário estruturado que está disponível no apêndice B da dissertação, assim como na pasta do google drive aqui compartilhada, para a aplicação deste questionário no formato remoto recorreremos à plataforma online *Google forms* e através dele sondaremos a impressão dos estudantes e avaliaremos a eficácia da metodologia aplicada ao longo da sequência didática de ensino e com o intuito de avaliar a participação continua todas as aulas foram gravadas e não serão disponibilizadas, servirão apenas para documentar a aplicação da sequência didática de ensino junto as respostas individuais do questionário final.

3 SUGESTÃO DE CONSTRUÇÃO DE UM MODELO REPRESENTATIVO PARA O GRUPO LOCAL DE ESTRELAS

O Móbile 3D, foi inicialmente pensado como ponto principal deste produto educacional, no entanto, devido à necessidade de adaptação, percebemos que ele pode ser secundarizado em virtude da sequência didática de ensino aqui proposta. Deste modo deixamos aqui como sugestão e cabe ao professor que deseja aplicar nossa sequência didática de ensino analisar se é viável ou não a construção do Móbile 3D, e uma vez que construído este recurso servirá também para trabalhar aspectos de astronomia e astrofísica no âmbito da educação inclusiva junto a alunos com deficiência visual, e para facilitar esta escolha destacamos as vantagens e desvantagem deste recurso.

3.1 VANTAGENS DO MÓBILE 3D

Listamos a seguir algumas das vantagens apresentada pelo Móbile 3D:

- Apresenta uma melhor representação da distribuição das estrelas na vizinhança do Sol, pois demonstra que não há uma distribuição homogênea destas estrelas;
- É possível através do Móbile diferenciar as estrelas em função de sua classificação espectral;

- Desperta grande interesse nos estudantes visto que, eles podem visualizar o grupo local de estrelas, e ainda descobrem não haver uma direção privilegiada, podendo observar esta distribuição de vários pontos;
- Fácil montagem;
- Pode-se através do móbile apresentar aos estudantes com deficiência visual como as estrelas estão distribuídas na vizinhança do Sol;
- Ainda, pode ser usado independentemente da sequência didática de ensino.

3.2 DESVANTAGENS DO MÓBILE 3D

Listamos a seguir algumas das desvantagens apresentada pelo Móbile 3D:

- Alto custo para sua confecção;
- Tamanho, o que dificulta a locomoção, devendo-se este permanecer em um ambiente próprio;
- Não é possível trabalhar escalas de distância, visto que pelas distâncias reais das estrelas em relação ao Sol, teríamos que reduzir o número de sistemas estelar ou aumentar o raio de circunferência do móbile.
- Também não é possível trabalhar com escala de tamanho e volume das estrelas, pode-se apenas dá uma ideia que há uma diferença de volume das estrelas.

3.3 MATERIAIS

Buscarei aqui apresentar um quadro com os materiais utilizados para a confecção do Móbile 3D, no entanto, é importante ressaltar que para alguns materiais utilizamos apenas medidas aproximadas.

	Nome do objeto	Observações
	Lista de estrelas próximas ao Sol	Apêndice A
	Mapa unidimensional da posição das estrelas vizinhas ao Sol	Apêndice B
14	Esferas com tamanhos variados	Representaremos os sistemas estelares (utilizamos esfera de isopor, vidro e plástico).

3	Vidros de 60 cm de diâmetro e 6 mm de espessura	Será os planos no quais as estrelas estarão distribuídas.
1	Cano de ferro 3,5m x 1,5cm e 1/4mm de diâmetro dividida em 3 hastes de 1,15 m de comprimento	Será usado para fazer a base.
1	Barra chata de ferro de 6m x 1,5cm x 5mm divididas em três barras de 194,6 cm de comprimento	Será usado para fazer a circunferência onde os vidros ficarão fixos.
9	Anéis de ferro 3/4mm de diâmetro e 6cm de comprimento	Serão usados para encaixar as circunferências na base.
9	Parafusos de 3 cm	—
Outros	Cola de papel; Cola de silicone para vidro; Tesoura; Régua; Tintas de artesanato para pintar as estrelas; Tinta <i>splay</i> preto fosco para pintar a estrutura metálica; Fita transparente; Pincel marcador permanente.	Material utilizado para finalizar as pinturas e colagem das estrelas e seus nomes nos vidros.
	Trena; Solda de ferro; Furadeira com broca de ferro; Lixa de ferro; Martelo; Chave estrela;	Estes materiais foram usados para fazer alguns ajustes. Caso construa sua estrutura com metalúrgico não serão necessárias.

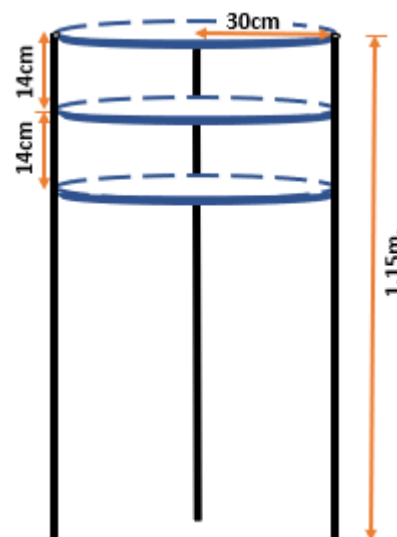
Fonte - Elaborado pela autora.

3.4 ESTRUTURA E MONTAGEM

Para construção do modelo representativo em três dimensões necessitaremos dos materiais listados anteriormente e como se trata de uma estrutura metálica moldada, é necessário auxílio profissional que trabalhe com moldagem de ferro, neste caso metalúrgico, que foi quem concretizou a estrutura previamente esquematizada conforme a figura 1 ao lado.

Com as barras chata foram confeccionados três suportes circulares de 60 cm de diâmetro, cuja finalidade é ser suporte para os vidros.

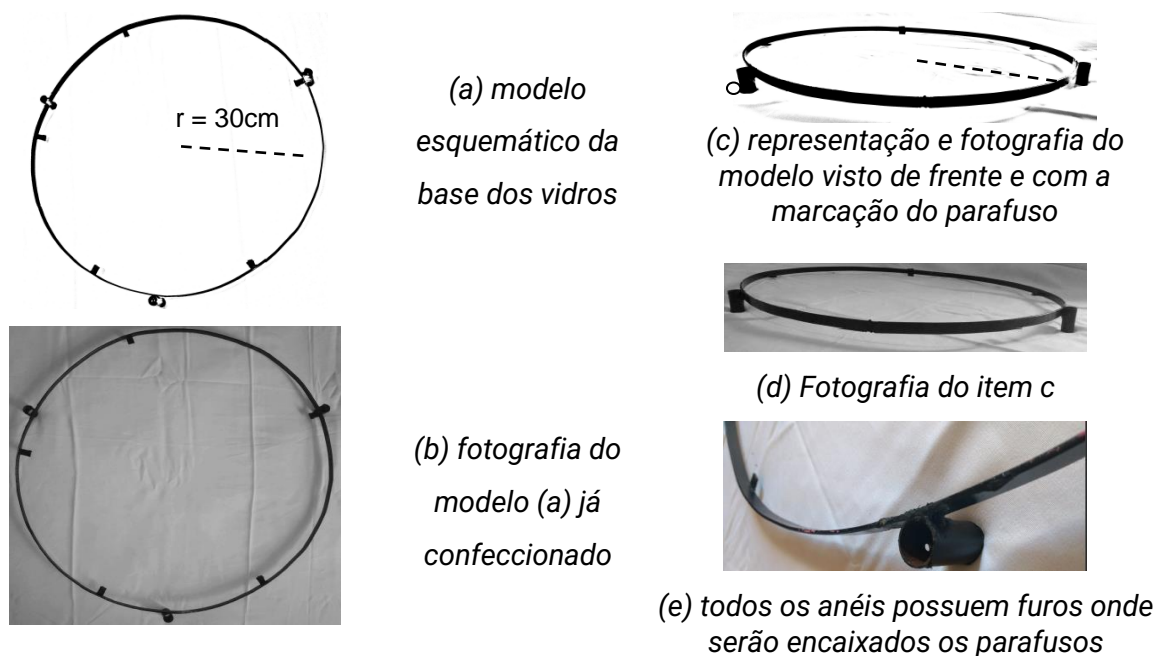
Figura 1: Modelo representativo da estrutura metálica



Fonte - Elaborado pela autora.

As hastes de cano de ferro 1,15 m de comprimento fazem parte dos pés do modelo representativo, conforme pode ser observado na figura 1. Na figura 2 a seguir, apresentamos individualmente os suportes para o vidro. Sendo que cada suporte possui três anéis, onde serão fixos os pés do Móvil 3D, cada anel deve estar fixo parte externa dos suportes para vidro.

Figura 2: Representa e fotografia do suporte circular para o vidro

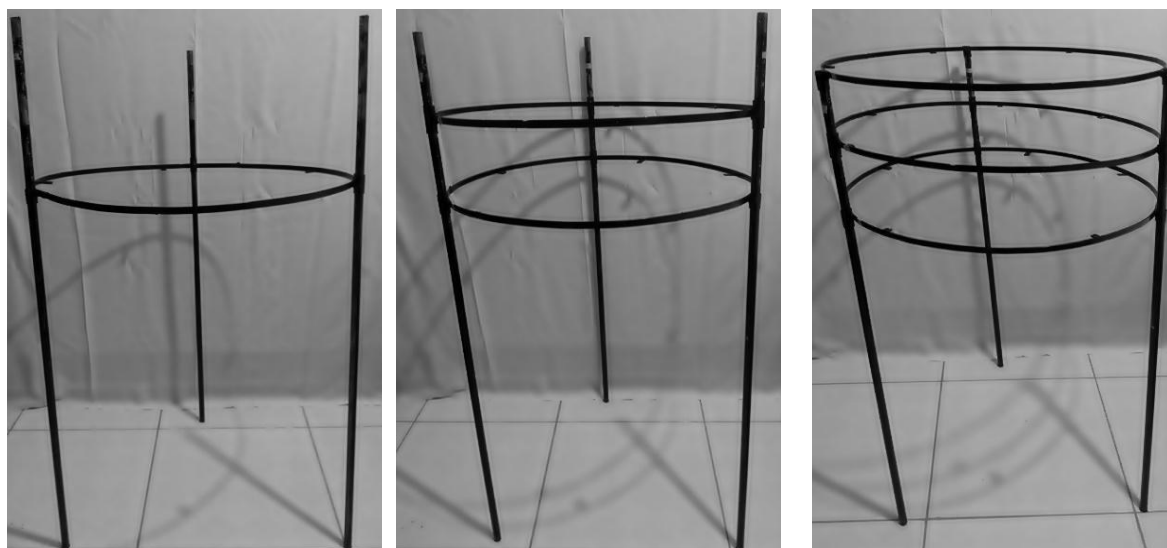


Fonte - Elaborado pela autora.

Criamos uma estrutura que pode ser montada e desmontada facilmente, para isso foram soldados três anéis metálicos em cada suporte circular. Nas hastes de cano de ferro foram realizadas marcações mantendo uma distância de 14 cm entre cada suporte circular.

Na figura 3, são apresentadas as instruções da para a montagem da estrutura metálica. Assim, após marcar a posição de cada plano, com o auxílio de uma furadeira e broca própria para ferro nº 6, faça um furo na lateral de um dos anéis do primeiro plano. Fixe-o com o parafuso tamanho 6. Em seguida utilize um nível e posicionando os outros dois anéis do plano 1 (plano acima do Sol). Faça o mesmo para os planos 2 e 3, lembrando de mantê-los sempre a uma distância de 14 cm um do outro e totalmente nivelados. Todos os planos devem estar bem parafusados para que não caiam ao colocar os vidros. Após montar utilize tinto *spray* preto fosca, ou qualquer outra de sua preferência, para pintar a estrutura metálica.

Figura 3: Encaixe dos suportes circulares e dos vidros



(a) Inicie adicionando o terceiro o plano, o plano abaixo do Sol – Plano 3.

(b) Em seguida adicione o plano central – Plano do Sol (Plano 2).

(c) Posteriormente adicione o primeiro plano acima do Sol – Plano 1.

Fonte - Elaborado pela autora.

A estrutura fica mais firme ao adicionar os vidros, como pode ser observado na figura 4 abaixo.

Figura 4: Estrutura metálica completamente montada e com vidros inclusos



Fonte - Elaborado pela autora.

Na figura 4 adicionamos os vidros com a finalidade de mostrar como fica a estrutura previamente montada, no entanto, ainda falta a demarcação das estrelas que faremos a seguir.

3.4.1 Orientação para as impressões

Para demarcar as estrelas nos planos necessitaremos dos apêndices A e B, são respectivamente a lista de estrelas próximas ao Sol e o mapa unidimensional com suas posições, para a impressão indicamos que imprima os arquivos direto da pasta no *google drive* disponível pelo link: https://drive.google.com/drive/folders/198zzqGCs0gm_vR8JX9XZuQIxt-5zf5DW?usp=sharing, pois os apêndices estão no formato representativo.

Quando ao apêndice A, da lista de estrelas próximas ao Sol, pode-se a princípio usa-la de forma *online*, no entanto, caso queira imprimir deixamos o arquivo disponível tanto no formato PDF com no formato de planilha Excel, assim:

- Para imprimir o documento no formato PDF: Utilize papel A4 na orientação retrato, escolha a opção tamanho real.
- Caso opte por usar o documento no formato Excel: Selecione a orientação paisagem, em seguida em escala, escolha a opção ajudar pela largura.

Já para a impressão do apêndice B, referente ao mapa da posição das estrelas, deixaremos um conjunto de arquivos na pasta do google contendo 6 folhas que devem ser impressas individualmente seguindo as seguintes orientações:

- Impressão em papel A4 na orientação retrato, escolha a opção tamanho real;
- De modo algum ajuste a página para estes arquivos.

3.4.2 Orientação para o posicionamento das estrelas

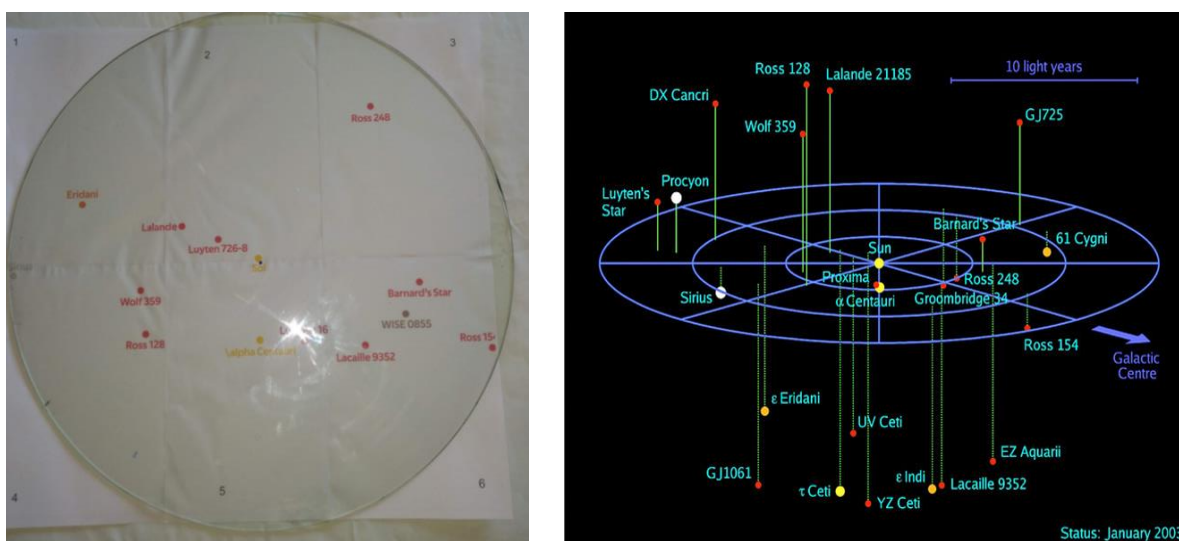
Antes de posicionar as estrelas é importante que tenha em mão as impressões dos apêndices A e B, assim como: régua, cola, tesoura e as esferas que representarão as estrelas. Com os arquivos do apêndice B:

- I. Pegue a folha de número 2 e recorte as laterais direita e esquerda obedecendo à marcação pontilhada vermelha;
- II. Em seguida, pegue a folha de número 5 e recorte apenas as laterais esquerda e direita, sempre seguindo as marcações pontilhadas em vermelho;
- III. Posteriormente, utilizando cola de papel una a folha 2 entre as folas 1 e 3, obedecendo à margem demarcadas nas folhas 1 e 3, que está representada pela linha pontilhada vermelhas, a folha 2 deve estar bem ajustada tendo suas laterais inteiramente alinhadas com o pontilhado vermelho;

- IV. Você fará o mesmo com a folha de número 5, recortará as laterais esquerda e direita, depois colará entre as folhas de número 4 e 6;
- V. Em seguida, você cortará a extremidade superior do conjunto de folha 4, 5 e 6;
- VI. Em seguida cole o conjunto de folhas (4, 5 e 6) abaixo do conjunto de folhas 1, 2 e 3, obtendo assim, o modelo representativo do mapa das estrelas do grupo local.

Agora, adicionará os vidros uma a um sobre esta marcação e com a ajuda de um pincel marcará o centro de todos os vidros, e é nesta posição que o Sol estará, conforme pode ser observado na figura 5(a) a seguir.

Figura 5: Representação do grupo local de estrelas



(a) Representação do mapa unidimensional das estrelas vizinhas ao Sol

(b) Representação 3D dos sistemas estelares na vizinhança solar

Fonte – (a) Elaborado pela autora. (b) European Southern Observato — ESO⁸

- VII. Conforme a figura 05 (b) do *European Southern Observato* — ESO, acima. Representaremos apenas das estrelas contidas até 10 anos-luz. Esta imagem representativa é do ano de 2003, nela está faltando os sistemas binários *Wise 0855* e o sistema ternário *Luyten 726-8*).

⁸ Nesta figura as estrelas contem a posição das estrelas em um raio de 15 anos-luz, sendo que cada círculo da figura está a respectivamente 5, 10 e 15 anos-luz de distância do centro. Como limitamos nosso modelo representativo a 10 anos-luz, observamos apenas as estrelas até a segunda circunferência em azul. Esta imagem está disponível em: <<https://www.eso.org/public/images/eso0303c/>>. Acesso em: 05 mai. 2019.

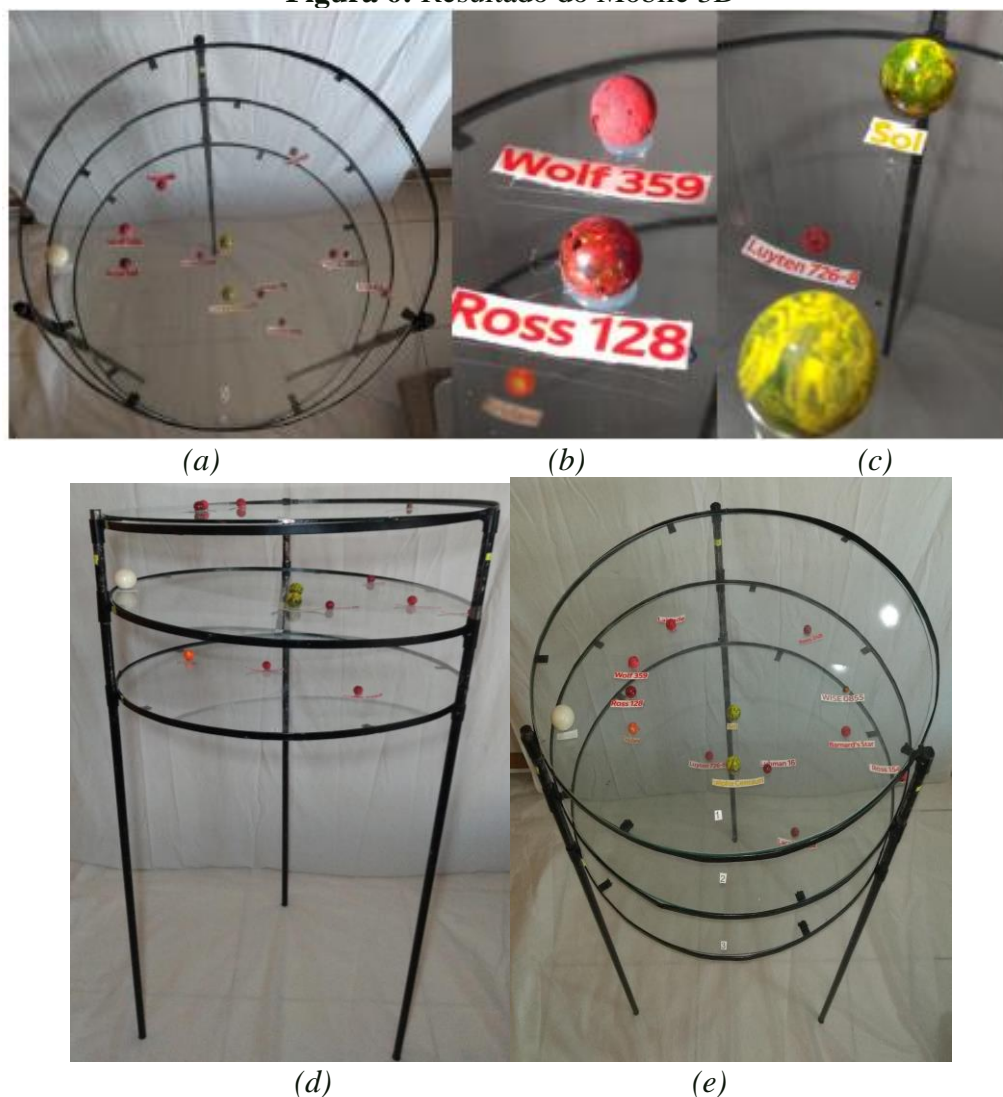
Assim é importante destacar que trabalhamos com três planos. Em cada plano adicionamos as estrelas conforme estão distribuídas na figura 5 (b) acima. Sendo:

- ❖ **Plano 1** — Plano acima do Sol: Nele está contida as estrelas *Ross 128*; *Lalande*; *Wise 0855* e *Wolf 359*.
- ❖ **Plano 2** - Plano do Sol: Neste plano além do *Sol* estão contidas a *Estrela de Barnard's*; o Sistema trinário *Alpha Centauri*; temos as estrelas *Ross 154* e *Ross 248* e os sistemas binários *Luhman 16* e da constelação de cão maior representado pela estrela *Siriús* a maior neste raio.
- ❖ **Plano 3** - Neste plano indicamos duas estrelas *Lacaille 9352*, *Épsilon Eridani* e um sistema binário Luyten.

Deste modo totalizamos 14 estrelas, sendo 1 do tipo A (Branca); 2 do tipo G (Amarela), 8 do tipo M (Anãs-vermelhas); 1 do tipo T (vermelho-escuro / infra-vermelho) e 1 do tipo Y (anã-marron).

- VIII. Após identificar a posição de cada estrela, você deverá marcar em cada plano sua posição, lembre-se de fazer determinar o alinhamento de cada plano, para isso com a uma caneta permanente marque a numeração de cada plano nos vidros e alinhe essa numeração.
- IX. Para finalizar utilize cola quente para fixar as esferas nos vidros que representam os sistemas estelares, por fim identifique cada estrela/sistema, para isso recorte das folhas impressas (apêndice B) o nome de cada estrela colando-os em suas respectivas posições. Deste modo, terá como resultado o Móbile representativo da vizinhança do Sol em três dimensões, conforme pode ser observado na figura 6 a seguir.

Na figura 06, a seguir, apresentamos o resultado do Móbile 3D, onde os itens (a, b, c, d) mostra a distribuição das estrelas visto de cima, sendo que ao realizar as aproximações em (b) e em (c) temos as estrelas *Ross 128* e do sistema trinário *Alpha Centauri*, que devido à escala utilizada é impossível representar o conjunto de estrelas, assim usamos apenas a maior estrela que compõem este sistema estelar fazer esta representação através do conjunto de estrelas. Já o item (e) apresenta a distribuição geral das estrelas em cada plano do móbile 3D.

Figura 6: Resultado do Móbile 3D

Fonte - Elaborado pela autora.

No o capítulo 4, a segui, usaremos as seguintes referências: livros, *Descobrimdo o Universo* (COMINS; KAUFMANN III, 2011) e *Astronomia e Astrofísica* (FILHO; SARAIVA, 2017); bem como, notas de aulas da disciplina de Astronomia e Astrofísica (FIS02010) (FILHO; SARAIVA, 2017) disponibilizados⁹ pelo departamento de Astronomia de Instituto de Física da UFRGS¹⁰. A apostila AGA215: Fundamentos de Astronomia, disponibilizadas¹¹ pelo departamento de Astronomia - IAG/USP¹². Entre outros materiais que estarão descritos nas referências do presente produto educacional.

⁹ Organizada por Maria de Fátima Oliveira Saraiva, Kepler de Souza Oliveira Filho e Alexei Machado Müllere. Disponíveis em: <http://www.if.ufrgs.br/fis02001/aulas_132.htm>. Acesso em 10 jan. 2021.

¹⁰ Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

¹¹ Organizado pelas professoras Jane Gregorio-Hetem, Vera Jatenco-Pereira e Claudia Mendes de Oliveira. Disponíveis em: <<http://www.astro.iag.usp.br/~jane/aga215/>> Acesso em 10 jan. 2021.

¹² Universidade de São Paulo.

4 DETERMINAÇÕES DE DISTÂNCIAS



Você deve ter se perguntando: Como os cientistas medem a distância dos astros celestes?

Para medir uma folha de caderno, uma simples régua é suficiente, enquanto para medir o diâmetro do fio de cabelo podemos utilizar um micrômetro, já para medir o comprimento da frente de uma casa, podemos usar uma trena métrica. Mais como faríamos a medida das distâncias dos objetos celestes?

Antes de lhe mostrar como podemos realiza esta medida, falaremos sobre a triangulação, método comumente usados para medir grandes distâncias e é muito conhecido na topografia, a ciência responsável pelo estudo das características naturais ou artificiais da superfície dos terrenos.

Em escala astronômica, que é, humanamente impossível utilizar régua ou trena para efetuar medidas de distâncias entre astros, utiliza-se a triangulação, método bem eficaz, pois permite-nos medir, por exemplo, a distâncias da estrela alfa Centauro.

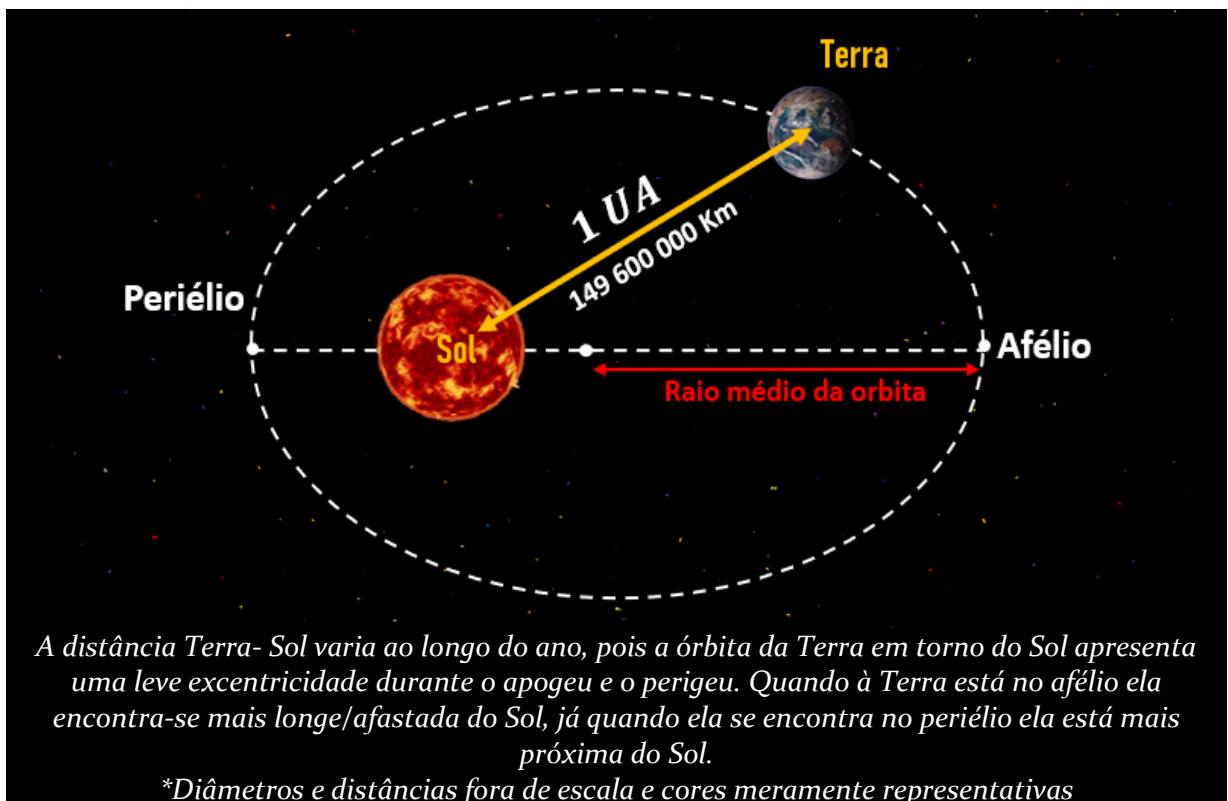
É importante destacar que o Sistema Internacional de Medidas – SI, foi criado em 1960 na 11ª Conferência Geral de Pesos e Medidas – CGPM, nesta conferência foram padronizadas unidades de medidas de inúmeras grandezas físicas. O SI, tem como objetivo universalizar a linguagem científica. Deste modo o metro, por exemplo, a unidade padrão de comprimento, deve ser utilizado em todos os continentes, assim ao comprar um tecido, por exemplo, compramos por metragem, antes era “medido” em “palmos”, “pé”, “braça”, entre outros.

Já se falarmos em grandes distâncias, como a distância de Fortaleza – CE a Salvador – BA utilizamos o quilometro (km) como unidade de comprimento, no entanto, quando falamos em distâncias extremamente grandes, como é o caso das distâncias astronômicas, essa unidade perde o sentido, pois a ordem de grandeza é muito maior do que o metro ou o quilometro e está muito além das grandezas que estamos familiarizados, assim podemos estudá-las e aplica-las.

4.1 UNIDADES DE MEDIDA USADAS NA ASTRONOMIA

Deste modo as unidades de grandezas mais adequadas para medir distâncias astronômicas é a *unidade astronômica* — *UA* que se refere a distância média da Terra ao Sol, atualmente sabemos que o valor da UA possui quatro algarismos significativos, e corresponde a 149 600 000 km.

Figura 7: Representação da Unidade astronômica



Fonte - Elaborado pela autora.

A unidade astronômica cobre um ângulo de 1" no céu, e a partir da distância média dos planetas do sistema solar ao Sol, expressas em quilômetros, podemos calcular estas mesmas distâncias em unidades astronômicas através de uma simples conversão que matematicamente é expressa como:

$$d_{ua} = \frac{d_{m\u00e9diado\ planeta\ ao\ Sol}}{d_{Terra\ ao\ Sol}} = \frac{d_{m\u00e9diado\ planeta\ ao\ Sol}}{149\ 600\ 000} \quad (1)$$

Por exemplo, Mercúrio está a 57 910 000 km do Sol, em unidades astronômicas valerá 0,39 UA, podemos fazer o mesmo para os demais planetas, deste modo a tabela 1 abaixo estão os valores obtidos após a conversão de quilômetros em unidades astronômicas.

Tabela 1: Distância dos planetas ao Sol em quilômetros e unidade astronômica

Planeta	Distância média ao Sol (em Km)	Distância média ao Sol (em UA)
Mercúrio	57 910 000	0,39
Vênus	108 200 000	0,72
Terra	149 600 000	1
Marte	227 940 000	1,52
Júpiter	778 330 000	5,20
Saturno	1 429 400 000	9,53
Úrano	2 870 990 000	19
Neptuno	4 504 300 000	30

Fonte - adaptada de oficina de Astronomia, Autor: João B. G. Canalle.

Outra forma de medir distância, que, aliás você já deve ter ouvido falar muito, é o *ano-luz* – al^{13} , que caracteriza a distância que a luz percorre no vácuo no período de um ano. Na antiguidade, ao observar as estrelas, muitos pensavam que as luzes emitidas por elas eram observadas na terra instantaneamente, logo após serem produzidas. Ou seja, acreditava-se que a luz se propagava no espaço com velocidade infinita, hoje sabemos que a velocidade da luz vale 299 795 796 m/s ou por aproximação 300 (mil) km/s.

Figura 8: Representação da trajetória da luz no período de um ano



Fonte - Elaborado pela autora.

¹³ Essa unidade é usada, principalmente em divulgação astronômica, mas raramente se observa os profissionais da área expressarem em trabalhos acadêmicos e/ou artigos científicos a unidade em ano-luz, usa-se o parsec (pc) definida pela comunidade científica a unidade padrão no S.I, o parsec representa a distância à qual um segmento de reta de 1”.

Essa distância equivale a:

$$1 \text{ al} = \text{velocidade da luz} \times 1 \text{ ano}$$

$$1 \text{ al} = 2,99795796 \times 10^5 \text{ km/s} \times 3,1557 \times 10^7 \text{ s}$$

$$1 \text{ al} = 9,46 \times 10^{12} \text{ km} \approx 9,5 \times 10^{12} \text{ km}$$

Porém hoje sabemos, portanto, um ano-luz vale cerca de $9,5 \times 10^{12} \text{ km}$, uma distância extremamente alta, o que faz com que usemos o ano-luz como unidade de medida facilitando assim o desenvolvimento dos cálculos. Hoje sabemos que essa afirmação é falsa, que as luzes provenientes das estrelas refletem o passado, pois foram emitidas há 10, 20, 30 ou milhões de anos atrás.

A determinação da velocidade da luz foi feita pela primeira vez em 1675, pelo astrônomo dinamarquês Olaus Roemer, medindo os intervalos entre sucessivo eclipse da lua Io de Júpiter. Trabalhando no observatório de Paris, mediu com precisão os horários em que Io passava por trás do planeta. Observou que Io percorria uma órbita quase circular e que possuía um período extremamente regular. Com isto, podia prever o horário exato em que Io passaria atrás de Júpiter. Entretanto, ele notou que, com o passar dos meses, o ocultamento Io chegava até um máximo de 8 minutos de atraso. A partir daí, os horários voltavam a se ajustar aos previstos inicialmente. Esse ciclo se repetia a cada ano.

Sua interpretação foi que, em virtude do movimento de translação, a distância da Terra até Júpiter variava durante o ano, e os atrasos eram causados pelo tempo que a luz levava para sair de Io e chegar à Terra. Como a melhor estimativa para o eixo maior da órbita da Terra medido na época era 241 500 000 km Roemer deduziu a velocidade da luz como sendo:

$$c \approx \frac{\text{diâmetro da órbita da Terra (km)}}{\text{tempo total de atraso (s)}} = \frac{\text{diâmetro da órbita da Terra (km)}}{1\,000 \text{ s}}$$

Hoje sabemos que o eixo maior da órbita da Terra é de 299 795 786 km, então a velocidade da luz é de:

$$c \approx \frac{299\,795\,786 \text{ km}}{1\,000 \text{ s}} = 299\,765,786 \text{ km/s} \cong 300\,000 \text{ km/s}$$

Isso significa que se um avião pudesse viajar à velocidade da luz, ele daria sete voltas completas em torno do equador terrestre em apenas 1 segundo. Ainda temos outra unidade de medida usada na astronomia e na astrofísica, o *parsec* – *pc*, que é a distância em que dois objetos

com uma separação de 1 UA são vistos com uma separação de 1 arcosegundo. Esta distância é de $3,09 \times 10^{13} \text{ km}$ ou 206.265 UA.

Figura 9: Representação da distância em parsec com o ângulo de paralaxe



Fonte- Elaborada pela autora.

A palavra parsec (do inglês *parallax second*) aparece pela primeira vez no ano de 1913, em uma nota de rodapé de artigo astronômico, em que Frank Watson Dyson¹⁴ expressa preocupação em adotar um nome para representar a distância das estrelas a partir de suas paralaxes.

4.2 TRIANGULAÇÃO – PARALAXE TRIGONOMÉTRICA

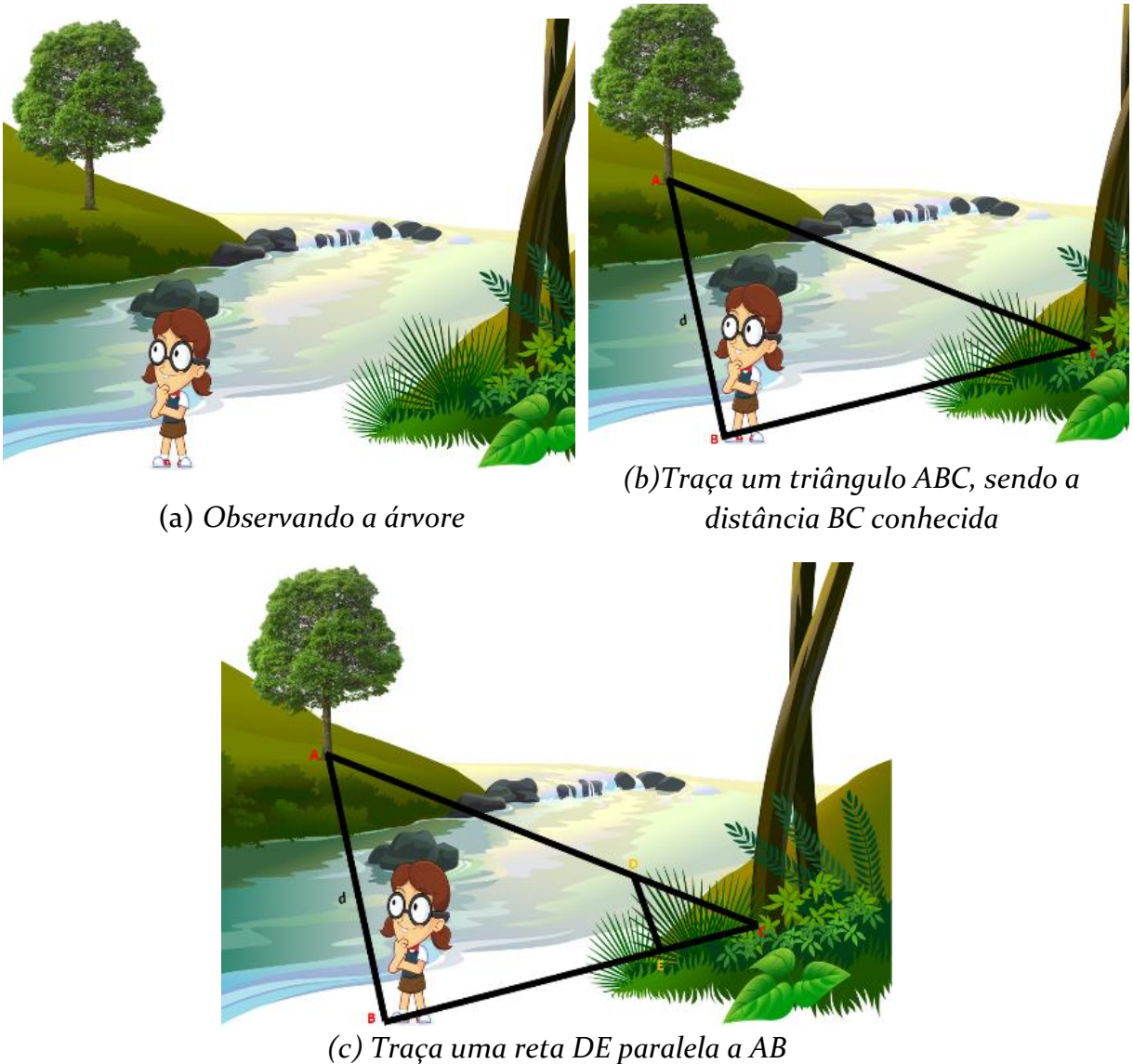
A triangulação é um método eficiente para determinar distâncias, mais de fato como ela funciona?

Bem, primeiro imaginaremos a seguinte situação você está ao lado de um rio observando uma árvore do outro lado do mesmo rio, aí você deseja descobrir a distância que essa árvore está de você, assim, *O que devemos fazer? Como podemos medir esta distância? Você pode não ter a resposta para esta pergunta, mas vou lhe ajudar na construção dela.*

¹⁴ Frank Dyson, foi diretor de grande sucesso do Observatório Real de Greenwich, contribuiu significativamente para o estudo dos movimentos das estrelas e inaugurou a transmissão do tempo via rádio, mas ele é mais conhecido por ajudar a organizar a expedição do eclipse solar de 1919 em Sobral no Ceará, que forneceu a primeira detecção de deflexão gravitacional da luz das estrelas.

Primeiro você traça um triângulo ABC , como mostra a figura 10 (b), de modo que o ponto A seja a posição da árvore do outro lado do rio e está a uma distância d do ponto B . Depois você traçar uma reta paralela DE ao lado AB conforme mostra a figura 10 (c).

Figura 10: Ilustração do método de triangulação para a medida da distância d entre A e B .



Fonte- Elaborada pela autora.

Assim no triângulo ABC , determinamos que distância AB que vale d , e se estamos do lado de cá do rio, conseguimos com um auxílio de uma trena medir as distâncias BC ; CD ; DE e EC , assim a distância d pode ser encontrada aplicando a propriedade de triângulos semelhantes.

Que diz que: $\frac{AB}{DE} = \frac{BC}{EC}$, assim se isolarmos AB , temos: $AB = \frac{BC \cdot DE}{EC}$. Sabemos que $AB = d$, podemos assim determinar a distância d onde a árvore está:

$$d = AB = \frac{BC \cdot DE}{EC} \quad (2)$$

Por trás da árvore tem um plano de fundo, neste caso um “morro”, desta forma, se a olharmos do ponto B, teremos uma posição inicial. No entanto, ao observar a mesma árvore do referencial C, observaremos uma mudança na posição da árvore, e a esta aparente mudança de posição se dá o nome de **paralaxe trigonométrica**, e através do método da triangulação, podemos medir a distâncias real dos objetos. Também sendo adequado para determinar distância das estrelas próximas.

Em astronomia, costuma-se definir paralaxe como sendo a metade do deslocamento angular total médio. Assim para determinar a paralaxe podemos utilizar a trigonometria, assim chamamos o ângulo entre os lados AB e AC de p , como representado na figura 11, a seguir.

Figura 11: Ilustração do angulo p entre os lados AB e AC



Fonte- Elaborada pela autora.

Assim por trigonometria triangular básica temos que a tangente de p é o produto do cateto oposto pelo cateto adjacente, logo $tg p = \frac{\text{cateto oposto}}{\text{cateto adjacente}} = \frac{BC}{AB}$. Como o lado AB corresponde a distância d . Podemos substituir na tangente de p , desta forma obtemos que:

$$tg p = \frac{BC}{d} \rightarrow d = \frac{BC}{tg p} \quad (3)$$

Assim o ângulo p é a mudança de direção de B para C, a percepção dessa mudança só é visível se tivermos objetos fixos de fundo. Como, por exemplo, casas ou montanhas atrás da árvore.

4.3 PARALAXE

Faça o seguinte experimento:

Olhe para frente e procure um objeto que esteja um pouco distante de você, em seguida, levante a mão direita com o polegar levantado, tipo dando sinal de legal para alguém, como o olho esquerdo fechado posicione seu polegar de modo que ele cubra totalmente o objeto escolhido.

Depois sem mexer mão e o polegar, ainda olhando na direção do objeto que está totalmente escondido atrás do seu polegar, abra o olho esquerdo e feche o olho direito



O que você observou?

Ao realizarmos rapidamente este movimento, conseguimos perceber uma pequena mudança na posição do objeto, e a esta aparente mudança na posição do objeto é a paralaxe.

Na história da astronomia, se conta que as estrelas eram luzes fixas no firmamento, observadas a olho nu, sua posição estaria sempre fixa, no entanto, as posições das estrelas próximas se movem em pequena distância, tão pequenas que passam às vezes despercebidas enquanto estrelas mais distantes parecem não mudar.

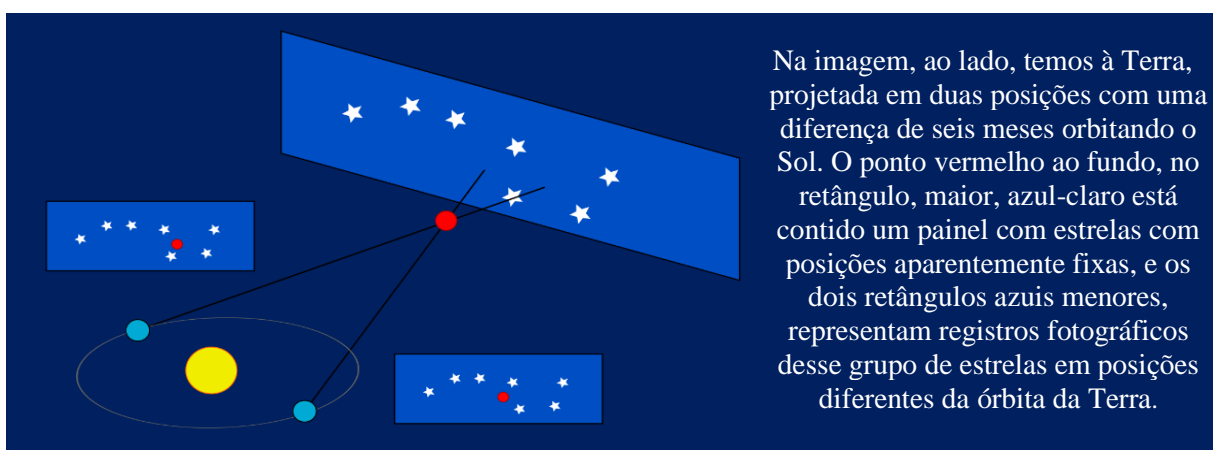
Os gregos que já observam o céu e conheciam o método de triangulação deduziram que “se pudermos medir o movimento aparente, podemos calcular a distância que a estrela está usando trigonometria simples”, essa ideia era bem conhecida pelos gregos, pois usavam esta ideia para argumentar o modelo do heliocentrismo. Apoiavam-se na hipótese que “se à Terra orbita o Sol, então devemos ser capazes de ver o deslocamento das estrelas mais próximas no céu”. Como na época isso não era possível acreditava-se que à Terra era estacionária, o que girava em seu entorno era o Sol e os planetas conhecidos, era então um “mundo geocêntrico”.

Enquanto o heliocentrismo perdurava os filósofos e astrônomos não contavam é a imensa distância até as estrelas, torna o deslocamento tão pequeno que não foi possível detectá-lo até a década de 1830, e o primeiro cientista a realizar este feito foi Friedrich Bessel em 1838.

O matemático e astrônomo Claudius Ptolomeu (85 - 161 d.C), que não se sabe se era egípcio ou romano, foi um dos responsáveis por moldar a teoria geocêntrica definitivamente. Na sua obra *Almagesto*¹⁵, ele se baseava na hipótese de que a Terra estaria parada no centro do Universo e tudo o mais girava ao seu redor. A teoria heliocêntrica já fora postulada pelo grego Aristarco Samos (310-230 a. C) antecipando Nicolau Copérnico (1473-1543) em quase 2000 anos. Assim para calcular a paralaxe de um astro ele é observado da Terra e após seis meses este mesmo astro é observado e suas posições são medidas usando o método de deslocamento angular.

Se olharmos um grupo de estrelas esta noite e fizermos um registro fotográfico e após seis meses refizermos esta observação e novamente um novo registro, conforme pode ser observado na figura 12 a seguir.

Figura 12: Deslocamento angular



Fonte - <https://www.pngwing.com/pt/free-png-sqzjm>.

Observando e comparando os dois retângulos menores, podemos verificar que houve um deslocamento aparente do astro observado, representado em vermelho, quando, na verdade, houve um deslocamento angular da Terra. Isso ocorre, pois, na primeira fotografia, lado esquerdo da imagem, a Terra está numa posição cerca de 300 milhões de km da posição

¹⁵ Obra de Claudius Ptolomeu, escrita entre 127 e 151 d.C, o termo *Almagesto* é uma corruptela do árabe *Al Mojisti* que em grego o livro ficou conhecido como *Mathemamake syntaxi* (Copilação matemática) ou *He Megiste Syntaxis* (A maior coleção), nesta obra Ptolomeu copilou uma serie de treze volumes sobre astronomia, e apesar da biblioteca de Alexandria ter sido destruída, uma cópia do *Almagesto* foi encontrada no Iram em 765 d.C que foi traduzida para árabe e posteriormente para o latim, uma cópia do livro foi deixada pelos árabes em Toledo, na Espanha.

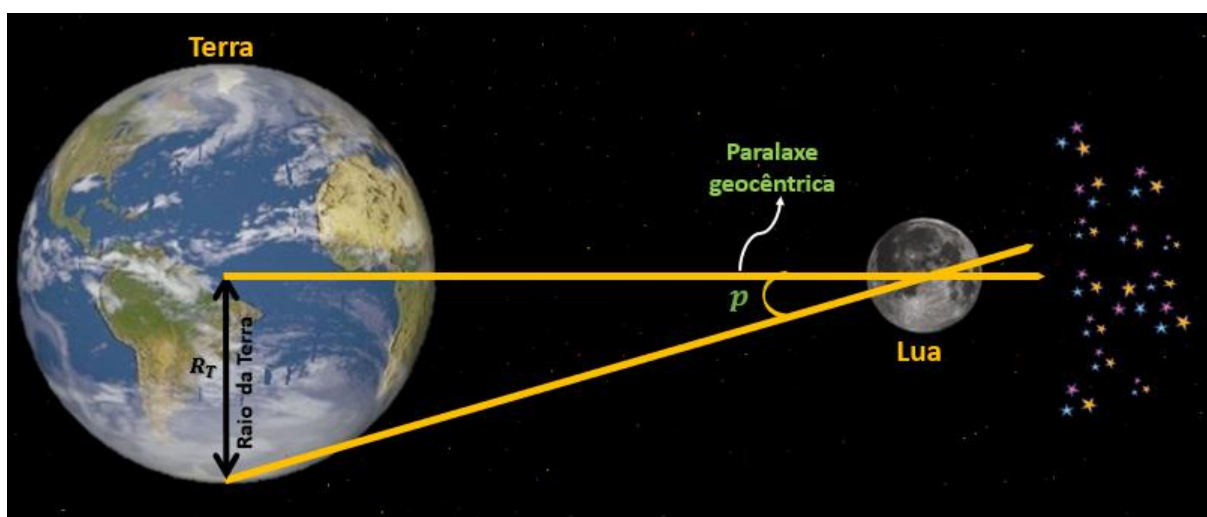
posterior, e assim a localização das estrelas aparecem deslocadas num pequeno ângulo $2p$, ou seja, a diferença angular das duas posições. Já para as estrelas muito mais distantes essa diferença angular ou paralaxe é tão pequena que são aparentemente estrelas fixas.

No entanto, você ainda pode estar se perguntando; “o que é paralaxe?” A resposta é bem simples, a paralaxe é justamente a diferença na posição aparente de um objeto visto por observadores em locais distintos, e em astronomia tomam-se essas diferentes posições usando o movimento da órbita da Terra. Há dois tipos de paralaxe, a geocêntrica e a heliocêntrica.

4.4. PARALAXE GEOCÊNTRICA

A paralaxe geocêntrica era usada para calcular distâncias mais próximas da Terra, pois considera os efeitos de visão no próprio planeta. Para medir a distância da Lua ou dos planetas mais próximos, por exemplo, pode-se usar o raio da Terra como linha de base. Conforme pode ser observado na figura 13.

Figura 13: Esquemática de paralaxe geocêntrica onde a distância do objeto é vista a partir da triangulação com o raio da Terra



Fonte: Elaborada pela autora

Recordando que o seno de um ângulo é a razão entre o cateto oposto ao ângulo, neste caso o raio da Terra, pela hipotenusa, podemos obter a distância da Terra à Lua, já que o seno de p é um valor conhecido. Este valor, na verdade, é aproximadamente o próprio p , pois, para arcos muito pequenos e medidas em radianos, $\text{sen}(p) = p$. Assim a paralaxe geocêntrica (p) é:

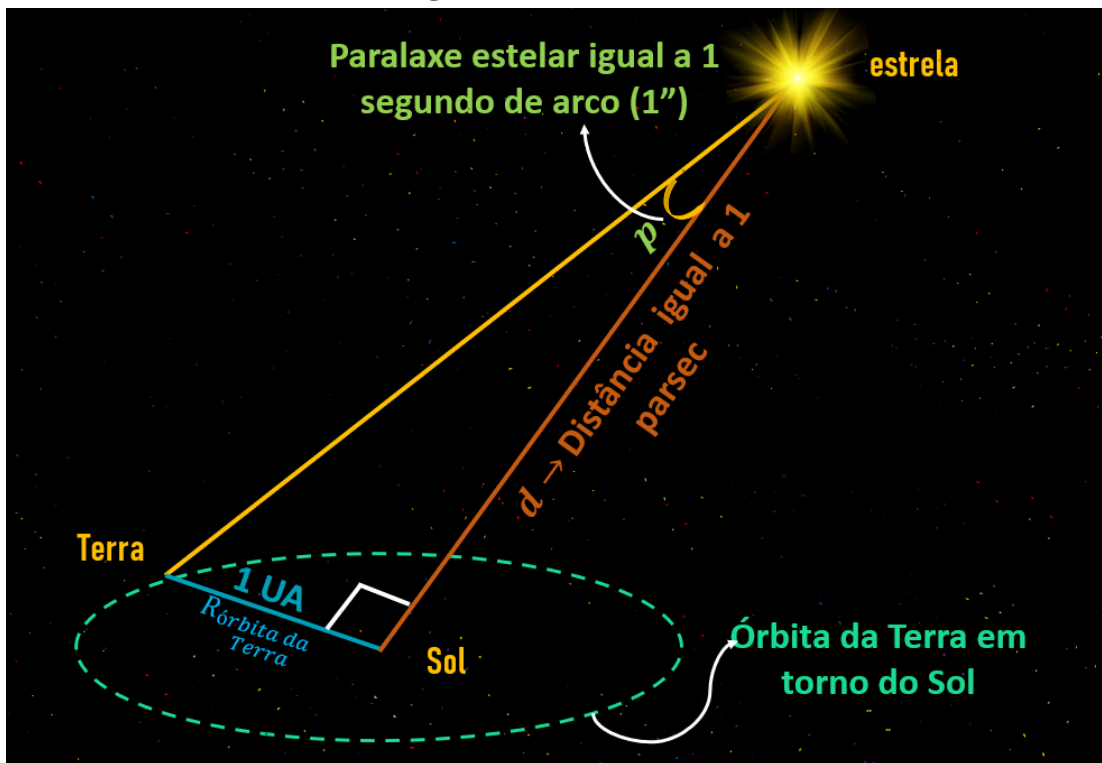
$$p_{rad} = \frac{R_{Terra}}{d} \rightarrow d = \frac{R_{Terra}}{p_{rad}} \quad (4)$$

Sendo p a paralaxe geocêntrica em radianos, e R o raio da Terra em km. Atualmente utilizam-se radares para calcular distâncias mais próximas da Terra.

4.5 PARALAXE HELIOCÊNTRICA

Como vimos antes para se definir o parsec, deve-se entender o que é paralaxe, neste caso a paralaxe que interessa é a heliocêntrica, que usa o raio médio da órbita da terra como referência.

Figura 14: Paralaxe heliocêntrica



Fonte - Elaborada pela autora.

A paralaxe anual é definida com: *a diferença de posição de uma estrela com vista da Terra e do Sol*, mais como é impossível ver esta estrela na posição do Sol, a observação deve ser feita a partir de dois pontos opostos da órbita da Terra e o resultado dividido por 2. O parsec é a distância para a qual a paralaxe anual é de um segundo de arco ou arcseg. Sendo que um parsec é igual a 3,26 anos-luz. Assim a distância de um objeto em parsecs pode ser calculada do inverso de sua paralaxe.

$$d = \frac{R}{\operatorname{tg} p} \quad (5)$$

Podemos escrever uma equação especialmente simples para a distância das estrelas, pois, $R = \text{órbita da terra} = 1 \text{ UA} = 1 \text{ pc}$ e para ângulos muito pequenos podemos usar a aproximação que $\operatorname{tg}(p) = p$. Assim:

$$\text{distância de uma estrela (parsecs)} = \frac{1}{\text{ângulo de paralaxe (segundo de arco)}}$$

ou seja,

$$d = \frac{1}{p} \quad (6)$$

onde d é a distância da estrela em parsec e p é o ângulo de paralaxe em arcosegundo. Como usaremos principalmente o ano-luz (al) como unidade mais intuitiva, a mesma equação torna-se:

$$\text{distância de uma estrela (ano - luz)} \approx \frac{3,26}{\text{ângulo de paralaxe (arco de segundo)}}$$

ou seja,

$$d = \frac{3,26}{p} \quad (7)$$

sendo d a distância até uma estrela em anos-luz.

Por exemplo, a estrela mais próxima, Alfa Centauri, tem uma paralaxe de $0,750''$. Assim, para encontramos a distância que ela está da Terra basta

$$d = \frac{1}{p} = \frac{1}{0,750} \approx 1,33 \text{ psrsecs}$$

Portanto, está estrela Alfa está a uma distância de $1,33 \text{ pc}$, e lembrando-se que $1 \text{ pc} = 3,26 \text{ al}$, temos que $d = 4,33 \text{ anos - luz}$.

5 AS ESTRELAS: NOSSA LOCALIZAÇÃO NA VIA LÁCTEA

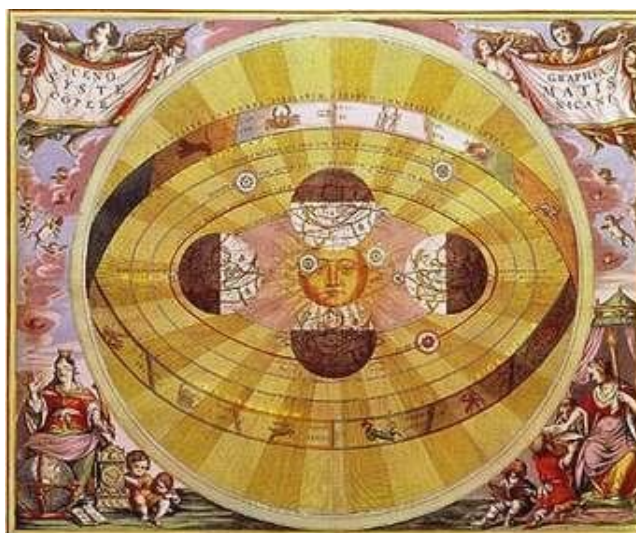
No centro de tudo, está o Sol entronado. Neste belíssimo templo, poderíamos nós colocar essa luminária noutra posição melhor de onde ela iluminasse tudo ao mesmo tempo? Ele é corretamente chamado a Lâmpada, a Mente, o Governante do Universo; Hermes Trismegisto chama-lhe o Deus Visível, a Electra de Sófocles chama-lhe O que tudo vê. Assim, o Sol senta-se como que num trono real, governando os seus filhos, os planetas que giram a sua volta.

Copernicus, 1952.



Figura 15: Representação do universo heliocêntrico de Copérnico presente na obra

A. Cellaria



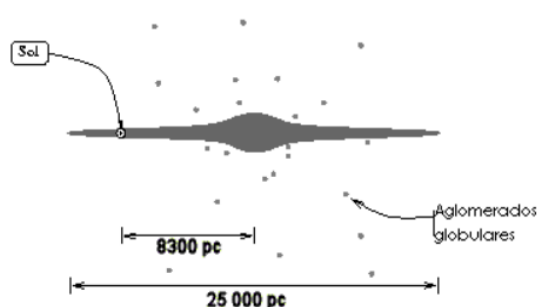
Fonte - <<http://www.ghtc.usp.br/Universo/pag79.html>>.

Na concepção de Copérnico¹⁶, o Sol ocupa o centro do universo, cercado pelas esferas nas quais se movem os diversos planetas, o modelo de Copérnico pode ser observado na obra de A. Cellaria

¹⁶ Nicolás Copérnico, astrônomo polonês, médico e cônego (presbítero que vive sob uma regra que o obriga a realizar as funções litúrgicas mais solenes na igreja catedral ou colegiada) no turbulento século XVI, Copérnico refuta as teorias de Ptolomeu e Aristóteles, argumentando que o Sol é o centro do universo.

Atualmente sabemos que o conceito de “universo” é bem mais amplo. O sistema solar não ocupa o centro de nossa galáxia, tão pouco o centro universo. Na verdade, o Sol está localizado em um dos braços da Via Láctea, e está em uma região tão distante do centro da galáxia, que pode é considerado periferia. Nosso foco aqui não é compreender a estrutura das galáxias, mais sim, identificar suas principais características de modo a compreendermos melhor a nossa localização na Via Láctea.

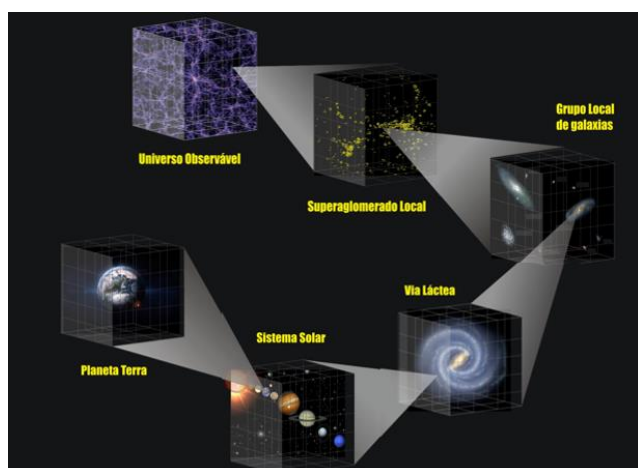
Figura 16: Representações da Via Láctea e nosso lugar no espaço



(a) *Representação esquemática da Via Láctea vista de perfil e com o Sol posicionado no lado esquerdo da figura*



(b) *Representação artística da Via Láctea com o Sistema Solar representado em um dos braços da Via Láctea*



(c) *Nosso lugar no espaço desde uma perspectiva cosmológica saindo do Universo observável até nosso plante mãe*

Fontes - (a) <https://ief.if.ufrgs.br/pub/cref/n29_Muller/aula3/aula3a.pdf>. (b) <<https://equipe-bazinga.wixsite.com/bazinga/single-post/28/06/2017/Conteudo-Extra--2-Movimentos-da-Terra>>. (c) <<http://www.if.ufrgs.br/~fatima/ead/endereco-cosmico.htm>>.

Como o universo continua se expandindo, a galáxia também se movimenta, levando todos os seus corpos celestes consigo, o que faz com que seja considerado o movimento de

translação com a galáxia. Deste modo o sistema solar completa uma órbita em torno do centro da Via Láctea (um ano galáctico) a cada 225 – 250 milhões de anos (completou entre 20 e 25 órbitas desde sua formação. A velocidade orbital do Sistema Solar em torno do centro da galáxia é de cerca de 250 km/s (o Sol demora 1,4 mil anos para percorrer 1 ano-luz). O Sol atravessa, atualmente, a "*Nuvem Interestelar Local*" de gás de alta temperatura, no interior do "Braço de Oríon" na Via Láctea, entre os braços maiores "Perseus" e "Sagitário".

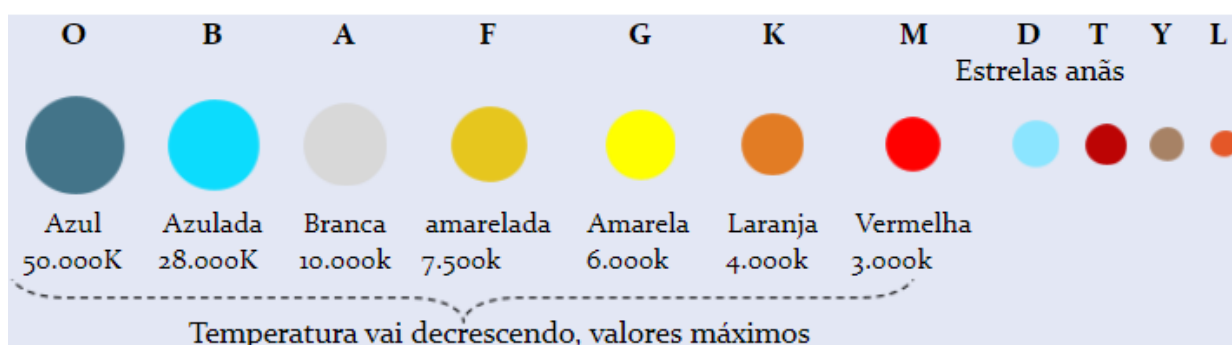
5.1 CLASSIFICAÇÃO ESPECTRAL

As estrelas puderam ser classificadas em função de suas propriedades físicas, como temperatura superficial e características espectrais. A temperatura de uma estrela pode determinar sua cor visível, e foi com o entendimento dos subníveis da estrutura atômica, por volta de 1020, que possibilitou a esquematização para a classificação espectral.

Assim no meio do século passado, quando ainda não se compreendia como os átomos produzem linhas espectrais, as primeiras classificações das estrelas foram baseadas nas intensidades das linhas do hidrogênio. Atualmente a classificação espectral das estrelas é sequenciada conforme as letras: **O, B, A, F, G, K, M**.

Na figura 17 apresentamos um modelo representativo, fora de escala, mais com o intuito visual de apresentar as diferenças entre os grupos estelares, que vão das estrelas mais quentes a estrelas mais frias, sendo as estrelas do tipo **M**, estrelas frias - anãs vermelhas, são as mais comuns no universo, sendo ainda a categoria de estrela mais quente dos grupos das estrelas anãs sequenciadas pelas letras **M, D, T, Y, L**.

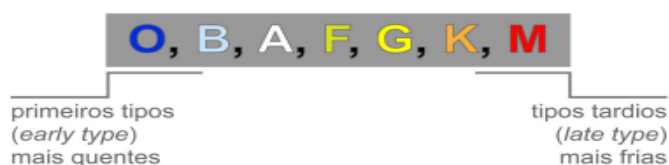
Figura 17: Modelo representativo da classificação espectral das estrelas



Fonte - Elaborado de pela autora.

As estrelas mais próximas de **O**, no início da sequência são chamadas estrelas de primeiros tipos (do inglês *early type*), enquanto mais próximas de **M**, no final da sequência são chamados tipos tardios (*late type*), como pode ser visto na figura 18. Sendo que cada tipo espectral é subdividido em dez subgrupos, sendo de 0 (primeiros) a 9 (tardios). Assim os tipos espectrais estão subscritos da seguinte forma: ... O0, O1, ..., O8, O9, ..., M0, M1, M2, ..., M9.

Figura 18: Classificação espectral de Harvard



Fonte - Cepa¹⁷

A primeira sequência espectral, adotada internacionalmente, foi desenvolvida em 1990 no Observatório de Harvard, por Annie Jump Cannon e seus colaboradores, essa sequência recebe o nome de Classificação de Harvard.

Figura 19: Fotografia de Annie Jump Cannon e d grupo de mulheres que trabalhavam em Harvard



(a) (b)

A primeira classificação das estrelas desenvolvida no observatório de Harvard foi desenvolvida por Annie Jump Cannon (a) e colaboradoras (b) em 1890, Harvard Computers no trabalho. Henrietta Swan Leavitt, terceira sentada a partir da esquerda, com uma lupa (1868–1921), Annie Jump Cannon (1863–1941), Williamina Fleming de pé no centro (1857–1911) e Antonia Maury (1866–1952).

Fonte - Colonialschooldistrict¹⁸, leganerd¹⁹




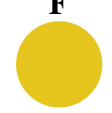
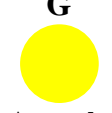
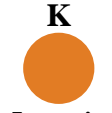
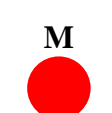
¹⁷ https://midia.atp.usp.br/impressos/lic/modulo01/estrelas_PLC0006/Estrelas_top02.pdf



¹⁸ Disponível em: <<http://www.colonialschooldistrict.org/pt/blog/we-celebrate-annie-jump-cannon/>>.

¹⁹ Disponível em <<https://leganerd.com/2016/06/15/le-donne-computer-di-harward/>>

A tabela 2, a seguir, resume bem as principais características dos tipos espectrais das estrelas.

Tabela 2: Características do sistema de classificação

Tipo Espectral Cor	Variação da Temperatura (K)	M/ M _{Sol}	Linhas proeminentes de absorção	Exemplos	Percentagem entre as estrelas conhecidas
		R/ R _{Sol}			Tempo na sequência principal
		L/L _{Sol}			
O  Azul	28.000 a 50.0000	M – 20 a 60	Átomos ionizados, especialmente hélio	—	0,00003%
		R – 9 a 15			10 a 1 milhão de anos
		L – 9.000 a 800.000			
B  Azulada	10.000 a 28.000	M - 3 a 18	Hélio neutro, algumas de hidrogênio	Rigel (B8)	0,13%
		R – 3 a 8			400 a 11 milhões de anos
		L - 95 a 52.000			
A  Branca	7.500 a 10.000	M – 1,8 a 3	Hidrogênio forte, algumas de metais ionizados	Sirius A (A1)	0,6%
		R – 1,7 a 2,7			3 bilhões a 4 milhões de anos
		L – 1,8 a 55			
F  Amarelada	6.000 a 7.500	M – 1,1 a 1,8	Hidrogênio e metais ionizados, tais como cálcio e ferro	Canopus (F0)	3%
		R – 1,2 a 1,6			7 bilhões a 3 milhões de anos
		L – 2 a 6,5			
G  Amarela	4.900 a 6.000	M – 0,8 a 1,1	Ambos, metais neutros e ionizados, especialmente cálcio ionizado	Sol (G2)	7,5%
		R – 0,85 a 1,1			15 a 7 bilhões de anos
		L – 0,66 a 1,5			
K  Laranja	3.500 a 4.900	M – 0,4 a 0,8	Metais neutros	Aldebaran (K5)	12,1%
		R – 0,65 a 0,80			17 bilhões de anos
		L – 0,10 a 0,42			
M  vermelha	2.500 a 3.500	M – 0,08 a 0,40	Óxido de titânio forte e algumas de cálcio neutro	Próxima Centauri (M5)	76,5%
		R – 0,17 a 0,63			56 bilhões de anos
		L – 0,001 a 0,08			











L  Vermelhas escuras	1.500 a 2.500	—	Bandas de absorção moleculares de metais hídricos (CrH, FeH), água monóxido de carbono (CO) e metais alcalinos (Na, K, Rb, Cs)	Luhman 16A (L8)	—
T  Infra- vermelho	< 1.300	—	Bandas de absorção intensa de metano (CH ₄), CO diminuído	Luhman 16B (T1)	—

Fonte - Elaborado pela autora.

5.2 AS VIZINHAS DO SOL – GRUPO LOCAL DE ESTRELAS

Na tabela 3, a seguir, tabulamos um grupo pequeno de 14 sistemas com um total de 16 estrelas distribuídas em um raio de cerca de 10 anos-luz do Sol, estes astros fazem parte do grupo local de estrelas.

Tabela 3: Lista de estrelas próximas na vizinhança do Sol em um raio de 10 anos-luz

N		Sistema e Estrela		Distância em ano-luz	Classifi- cação estrelar	Ascensão reta
1		Solar	Sol	—	G2	—
2		Alpha Centauro	Próxima Centauri	4,2	M5	14h29m43s
			α Centauri A	4,3	G2	14h39m35,5s
			α Centauri B		K1	14h39m35,1s
3		Estrela de Barnard (serpentário)		5,9	M4	17h57m48,5s
4		Luhman 16	Luhman 16 A	6,5	L8	10h49m15,5s
			Luhman 16 B		T1	
5		WISE 0855–0714		7,2	Y	8h55m10,8s
6		Wolf 359 (leão)		7,7	M6	10h56m29,2
7		Lalande 21185 (Ursa Maior)		8,2	M2	11h3m20,2s

8		Sirius (α Cão Maior)	Sirius A	8,5	A1	6h45m8,9s
			Sirius B	8,5	D	6h45m8,9s
9		Luyten (Eetus)	Luyten 726- 8 A (BL Ceti)	8,7	M5	1h39m01,3s
			Luyten 726- 8 B (UV Ceti)		M6	
10		Ross 154 (Sagitário)		9,6	M3	18h49m49,5s
11		Ross 248 (Andromedae)		10,3	M5	23h41m54,7s
12		Épsilon Eridani (Eridanus)		10,5	K2	3h32m55,8s
13		Lacaille (Piscis Austrinus)		10,7	M1	23h05m52s
14		Ross 128 (virgo)		10,9	M4	11h47m44,4s

Fonte - Elaborado pela autora.

5.3 FOTOMETRIA E RADIOMETRIA

A imensa maioria do conhecimento que temos hoje do sistema solar, da galáxia e do universo é devido ao estudo da luz dos corpos celestes.

Horvath, 2008

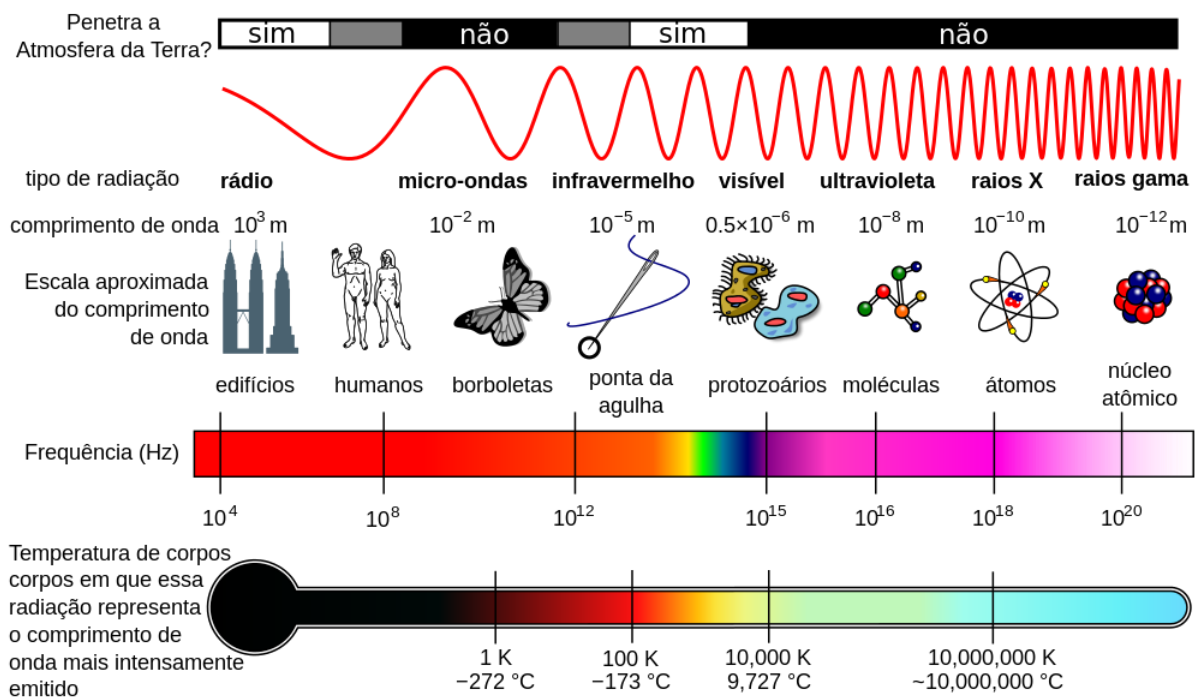
A fotometria se volta ao estudo da luz visível tal como ela é percebida pelo olho humano, enquanto a radiometria se volta ao estudo de toda a radiação emitida por uma fonte de ondas eletromagnético seja ela visível ou não. Através da análise da luz das estrelas, podemos conhecer as propriedades como brilho, cor, composição química, temperatura, densidade, estrutura interna dentre outras coisas. A luz traz a história de objetos distantes até nós, pode-se afirmar que, é a verdadeira mensageira cósmica.

Antigamente as observações eram realizadas através do olho humano e no fim da Idade Média, começou-se a usar aparatos mecânicos para medir a posição dos corpos celestes. E só no início do século XVII com a invenção do telescópio e as observações astronômicas de Galileo tivemos maiores avanços na astronomia. A fotografia astronômica iniciou no fim do século XIX e durante as últimas décadas muitos tipos de detectores eletrônicos são usados para

estudar a radiação eletromagnética do espaço. Todo o espectro eletromagnético, desde a radiação gama até as ondas de rádio são atualmente usadas para observações astronômicas.

A luz que se desloca no espaço através de ondas eletromagnéticas, pois não necessitam de um meio físico para serem transportadas. Essa radiação pode ser estudada em função de sua intensidade, numa dada faixa de comprimento de onda, ou na forma de luz dispersada num espectro, que está representado na figura 19:

Figura 19: Espectro eletromagnético em diferentes comprimentos de onda, frequência e escalas de temperatura



Fonte - Wikipedia²⁰.

Assim sabendo-se que a maioria das observações utiliza a radiação eletromagnética, temos que determinar algumas grandezas para a caracterização desta radiação.

$$f = c \lambda ; \lambda = c v ; v = c \lambda ; c = \lambda v \quad (8)$$

Sendo λ o comprimento de onda, f a frequência, c a velocidade da luz no vácuo, que vale 3 00 000 kms.

²⁰ Disponível em:

<https://pt.wikipedia.org/wiki/Espectro_eletromagn%C3%A9tico#/media/Ficheiro:Espectro_EM_pt.svg>. Acesso em 05 nov. 2021.

O espectro eletromagnético na chamada faixa do visível cobre comprimentos de onda desde o violeta: 3900 \AA ($1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ m} = 10^{-8} \text{ cm} = 0,1 \text{ nm}$) até o vermelho: 7200 \AA , a qual corresponde à radiação da luz solar, que pode ser decomposta em diferentes frequências.

Tabela 4: Características das radiações componentes do espectro visível. Como as cores são subjetivas, pois dependem da sensibilidade de cada olho humano, a definição é um pouco arbitrária.

Cor	Comprimento de onda (\AA)	Frequência (10^{12} Hz)
Violeta	3900 - 4550	659 - 769
Azul	4550 - 4920	610 - 659
Verde	4550 - 4920	520 - 610
Amarelo	5920 - 5770	503 - 520
Laranja	5770 - 5970	482 - 503
Vermelho	5970 - 6220	384 - 482

Fonte - SARAIVA; FILHO; MÜLLER.

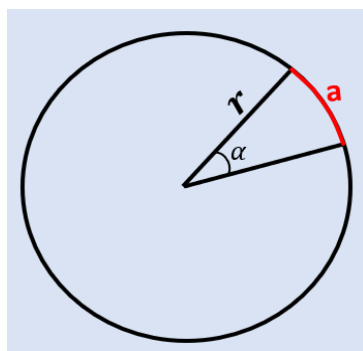
5.3.1 Grandezas típicas do campo de radiação

Aqui definiremos algumas grandezas típicas do campo da radiação, tais como intensidade específica; fluxo; magnitudes; índice de cor.

5.3.1.1 Intensidade específica

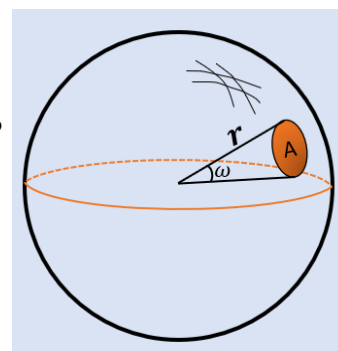
Antes de definirmos a intensidade luminosa, devemos definir os ângulos plano e sólido. O ângulo plano é a razão entre o comprimento do arco a e o raio r .

Figura 20: Ângulo plano e ângulo sólido



(a) O ângulo plano (α) é definido como $\alpha = a/r$

(b) O ângulo sólido (ω) é definido como $\omega = A/r^2$



Fonte - Elaborado pela autora.

Esta razão entre duas grandezas de mesma natureza não possui unidade, desta forma o ângulo reto é um número que nos informa quantas vezes o arco é maior que o raio. Já o ângulo sólido pode ser definido, como avisto, do centro de uma esfera e percorre uma dada área sobre a superfície da esfera sendo definido como a razão entre a área da superfície da esfera A e o quadrado do raio r . Na figura 20 abaixo pode-se observar a diferenciação entre os ângulos.

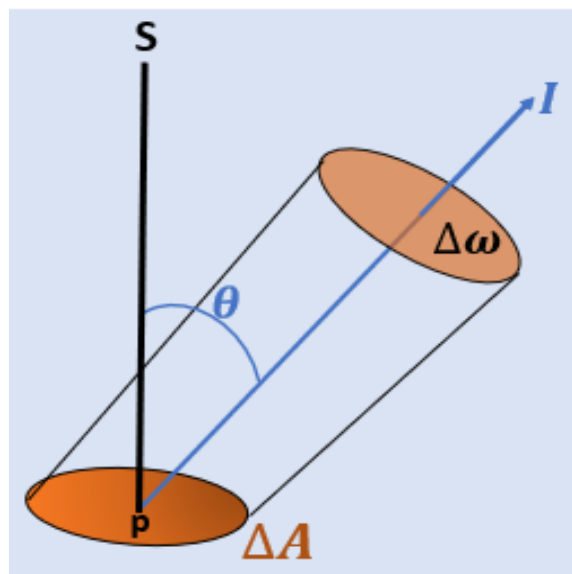
O maior ângulo plano é aquele que subentende toda a circunferência do círculo, e vale 2π radianos; o maior ângulo sólido subtende toda a área superficial da esfera, e vale 4π esferorradianos (sr).

Assim a intensidade específica monocromática é taxa da quantidade de energia ΔE que emitida pela fonte, por unidade de área ΔA , de tempo Δt , de ângulo sólido $\Delta\omega$, em um intervalo de frequências $\Delta\nu$, ao longo de uma certa direção θ . Que pode ser calculado através da expressão matemática:

$$I_\nu = \frac{\Delta E \cdot \cos\theta}{\Delta t \cdot \Delta a \cdot \Delta\omega \cdot \Delta\nu} \quad (9)$$

Geralmente a intensidade específica é medida em $jm^{-2} s^{-1} sr^{-1} Hz^{-1}$ já no sistema cgs é medido em: $erg cm^{-2} s^{-1} sr^{-1} Hz^{-1}$.

Figura 21: Representação da intensidade específica monocromática



Fonte - Adotada de FILHO; SARAIVA 2017.

A intensidade específica não varia com a distância da fonte, pois a quantidade de energia dentro do ângulo sólido permanece constante.

5.3.1.2 Fluxo

Ao observar uma fonte de radiação, o que se mede é o fluxo de radiação que chega ao detector, não é a intensidade específica. O fluxo monocromático F_v é a energia por unidade de tempo, por unidade de intervalo de frequência e por unidade de área que chega ao detector.

$$F_v = \frac{\Delta E}{\Delta t \cdot \Delta \nu \cdot \Delta A} \quad (10)$$

Existe uma relação entre fluxo (F) e a luminosidade (L) de forma que o fluxo é diretamente proporcional a luminosidade e inversamente proporcional ao quadro da distância que este astro se encontra. Assim o fluxo na superfície de uma estrela esférica de raio r , o fluxo dado por:

$$F_r = \frac{L}{4\pi r^2} \quad (11)$$

Deste modo ao contrário da intensidade específica I , o fluxo de radiação cai com o quadrado da distância (r), de forma que o fluxo que chega na Terra é muito menor do que o fluxo na superfície do astro, estando diluído por um fator de $1/r^2$.

A luminosidade (L) é a potência luminosa da estrela, expressa em watts. O fluxo é potência luminosa que atravessa uma superfície, e tem unidades de W/m^2 no SI. De forma que a luminosidade intrínseca é a energia total emitida por unidade de tempo (s) em todas as direções.

5.3.1.3 Magnitudes

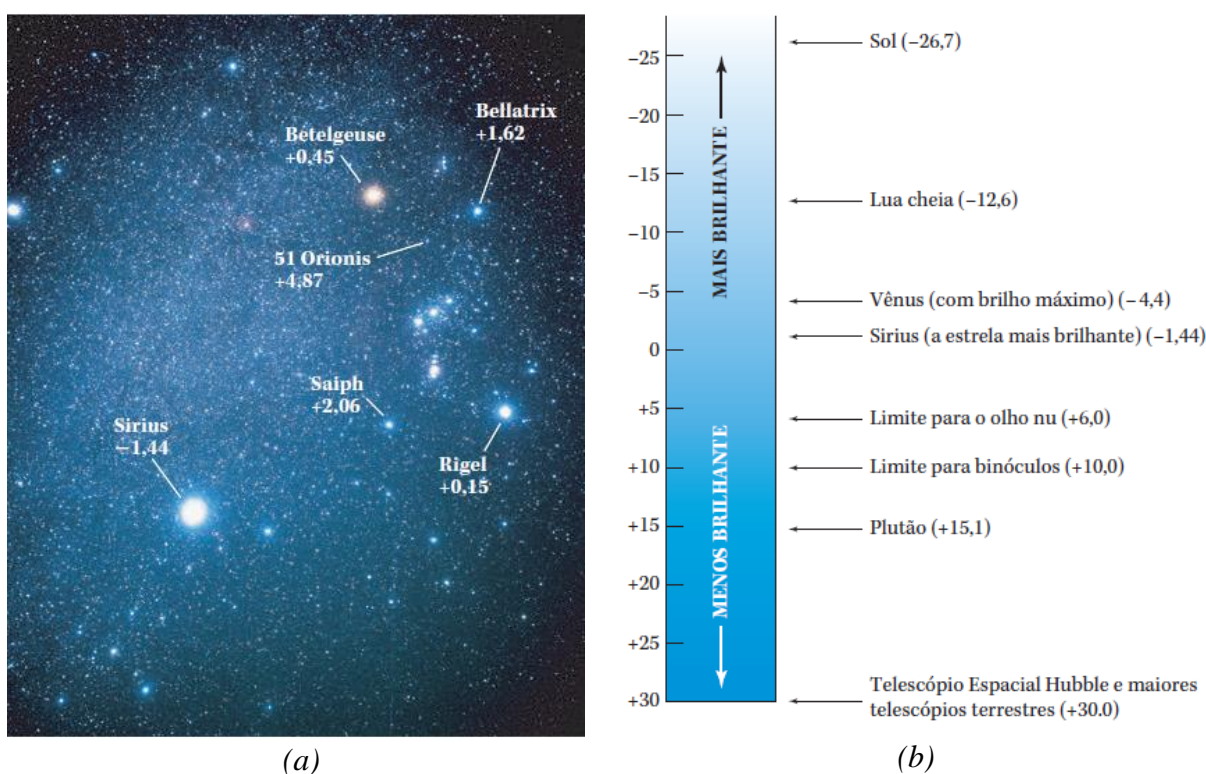
A magnitude de uma estrela está relacionada com o brilho da estrela, e pode ser dividida em dois tipos: A **magnitude aparente**, que tem mede o brilho das estrelas sem considerar suas distâncias até à Terra, denotada pela letra minúscula **m**. E a **magnitude absoluta**, representada pela letra maiúscula **M**, informa o brilho que cada estrela teria se estivesse a uma distância de 10 pc.

5.3.1.3.1 Magnitude aparente

Entre os séculos II a.C e o séculos II d.C, os filósofos gregos creditavam que estas estrelas estavam todas à mesma distância da Terra, assim de Hiparco a Ptolomeu a classificação das estrelas era estritamente pela avaliação dos brilhos entre elas. Sendo que as estrelas mais brilhantes consideradas de primeira magnitude, designadas por $m = +1$. As estrelas de segunda magnitude ($m = +2$), eram as que pareciam ter a metade do brilho de uma estrela de primeira magnitude e assim por diante, até as estrelas de sexta magnitude. O Sol neste esquema não foi classificado pelos gregos.

Essa escala de magnitude aparente com o passar dos anos e com a utilização de telescópios, câmeras fotográficas entre outros equipamentos foram sendo refinada, mantendo a premissa básica de que os objetos mais brilhantes têm menores números do que os mais fracos. Deste modo, a estrela Vega tem uma magnitude aparente zero. Na figura 22 a seguir podemos observar algumas magnitudes de corpos celestes conhecidos.

Figura 22: Escala de magnitude aparente



(a) Várias estrelas na constelação de Orion e próximas a ela, marcadas com seus nomes e magnitudes aparentes. (b) Os astrônomos denotam o brilho dos objetos no céu pelas suas magnitudes aparentes. As estrelas visíveis a olho nu têm magnitudes entre $m = -1,44$ (Sirius) e aproximadamente $m = +6$. Entretanto, fotografias com uma câmera CCD (“dispositivo de carga acoplada”) feitas pelo

Telescópio Espacial Hubble ou por um grande telescópio na Terra podem revelar estrelas e outros objetos de luminosidade tão fraca que equivale a uma magnitude de $m = +30$.

Fonte - COMINS; KAUFMANN III.

Experimentos mostraram que o fluxo de uma estrela de magnitude +1 era cerca de 100 vez maior que o fluxo de uma estrela de magnitude +6. Em outras palavras, são necessárias 100 estrelas de magnitude aparente $m = +6$ para fornecer a mesma quantidade de luz de uma estrela de magnitude aparente $m = +1$.

A diferença de brilho entre uma estrela de certa magnitude em relação à próxima magnitude mais fraca, tem sempre o mesmo fator. Assim quando vamos de $m = +6$ para $m = +5$, vemos um aumento de brilho do mesmo fator de quando vamos de $m = +5$ para $m = +4$, e assim por diante. Quando vamos de $m = +6$ para $m = +1$, devemos multiplicar o mesmo fator de brilho de uma magnitude para as próximas 5 vezes. O número que devemos multiplicar 5 vezes para obter a variação de brilho de 100 é $100^{1/5} \approx 2,512$, ou, colocado. Isso significa que cada magnitude sucessivamente mais brilhante é cerca de 2,512 vezes mais brilhante do que a magnitude precedente.

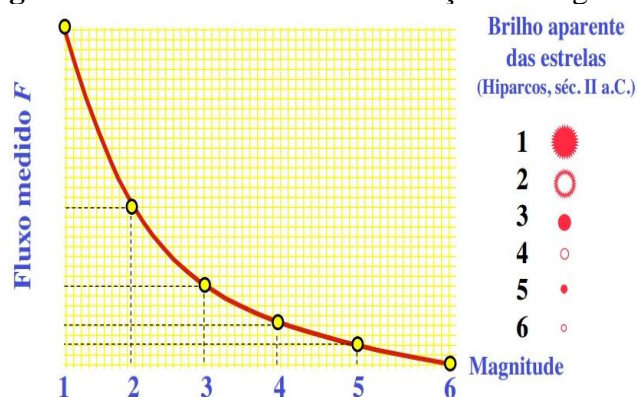
O brilho aparente de um astro é o fluxo medido na Terra e, normalmente, é expresso em termos da magnitude aparente (m ,) dada por:

$$m = -2,5 \log F + \text{constante} \quad (12)$$

A diferença de magnitudes corresponde a uma razão entre fluxos:

$$m_2 - m_1 = 2,5 \log \frac{F_1}{F_2} \quad (13)$$

O brilho aparente é o fluxo de energia detectado numa dada área da superfície coletora num intervalo de tempo, ou seja, depende da posição onde se encontra a superfície coletora. Note quanto mais fraca for a estrela, maior será sua magnitude, isso se dá pelo sinal negativo (-), assim na figura 23, podemos perceber a relação entre brilho e magnitude aparente.

Figura 23: Gráfico do fluxo em função da magnitude

Fonte - Harmonia do Mundo²¹.

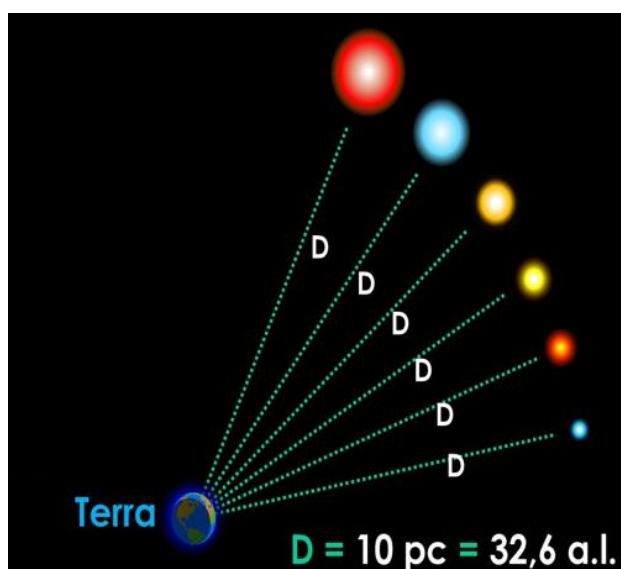
A escala de magnitude tem uma função logarítmica. Sendo que o fluxo é inversamente proporcional as magnitudes, ou seja, quanto maior for os fluxos menores serão as magnitudes. E com relação à distância, quanto mais longe o objeto estiver menor será seu brilho.

5.3.1.3.2 Magnitudes absoluta

A magnitude absoluta, M , é o brilho que cada estrela teria se estivesse a uma distância de 10 pc, conforme pode ser observado na figura 24. Infelizmente, o brilho absoluto tem uma escala numérica contrária à intuição, semelhante à escala de magnitudes aparentes. Pois, para determinar a quantidade de energia emitida por cada estrela no espaço, é necessário remover o efeito gerado pelas diferentes distâncias que as estrelas se encontram com relação à Terra.

A relação entre a magnitude aparente e a magnitude absoluta, pode ser

obtida adicionando a distância d em parsec na equação que determina a magnitude aparente, e rearranjando os coeficientes da definição, assim temos:

Figura 24: Determinação da magnitude aparente

Fonte - Prof. Roberto Boczko; adaptações: André Luiz da Silva CDCC/USP

²¹ Disponível em: <<https://harmoniadomundo.files.wordpress.com/2013/03/brilhoemagnitud.jpg>>. Acesso em 05 nov. 2021.

$$M = m - 5 \log \frac{d}{10} \quad (14)$$

Onde m é a magnitude aparente de uma estrela que está a uma distância d da Terra (em parsecs). Podemos ainda reescrever essa magnitude como sendo:

$$M - m = -5 \log(d - 5) \quad (15)$$

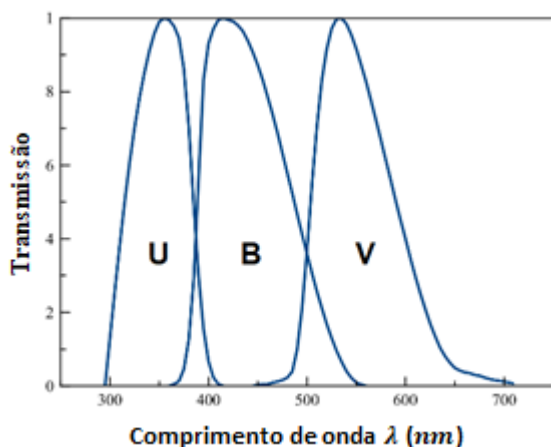
A estrela *Proxima Centauri* que se encontra a uma distância de 1,3 pc da Terra e magnitude aparente é $m = +11,1$, terá sua magnitude absoluta igual a:

$$\begin{aligned} M &= m - 5 \log \frac{d}{10} \\ M &= 11,1 - 5 \log \frac{1,3}{10} \\ M &= 11,1 - 5(-0,088) \\ M &= 11,1 + 0,44 \\ M &= +15,5 \end{aligned}$$

Portanto, o brilho de um objeto muda com a distância.

5.3.1.4 Índice de cor

Figura 25: Curvas de transmissão dos filtros UBVR



Fonte - Wikiwand²².

Uma estrela se comporta de modo muito semelhante a um corpo negro perfeito, assim temos que sua cor é determinada pela temperatura de sua superfície, e para estudar a cor de uma estrela, mede-se sua magnitude através de diferentes filtros (bandas). Assim o sistema fotométrico de Johnson, que classifica as estrelas pelo tipo espectral, baseia-se nas magnitudes/bandas ultravioleta **U** ($\lambda=350\text{nm}$), azul **B** ($\lambda = 450\text{nm}$) e visual **V** ($\lambda = 550\text{nm}$). Assim um telescópio equipado com esses filtros pode medir as magnitudes

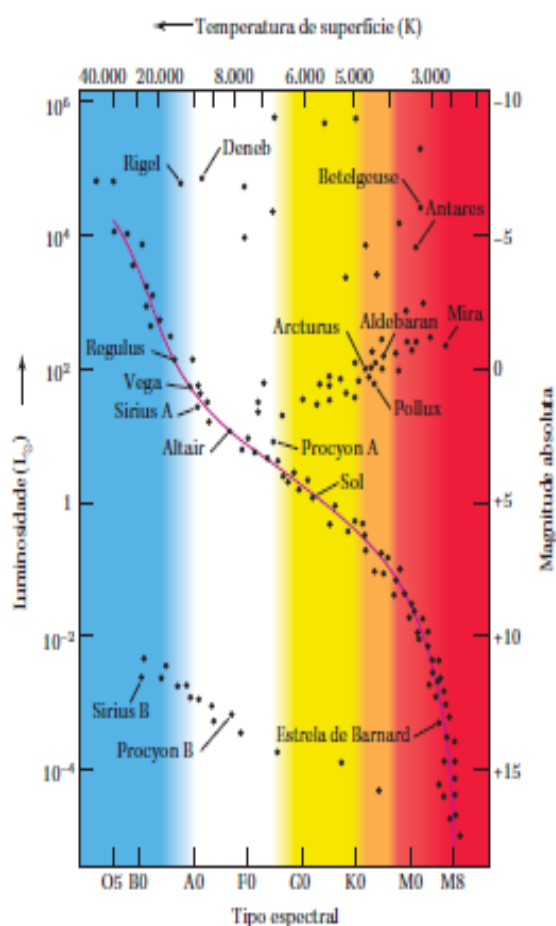
²²Disponível em: < https://www.wikiwand.com/en/UBV_photometric_system>. Acesso em 09 nov. 2021.

aparentes. Os sistemas fotométricos também se estendem para outras faixas espectrais como laranja e vermelho (**R, I**), assim como pode ser visto na figura 25.

Em qualquer sistema de magnitudes multicolor definem-se os índices de cor como a razão entre os fluxos em duas bandas (filtros) diferentes, ou equivalentemente, assim a cor de uma estrela pode ser quantificada, pois, as diferenças de cores entre as estrelas são reflexo da diferença no espectro. Por exemplo, a diferença entre duas magnitudes do sistema, subtraindo a magnitude **V** da magnitude **B** temos o índice de cor **B-V** o filtro **B** só permite a passagem de luz do domínio azul e o filtro **V** as luzes no domínio verde-amarelo.

5.4 DIAGRAMA HERTZSPRUNG-RUSSELL - DIAGRAMA RH

Figura 25: Diagramas Hertzsprung-Russel



Fonte - COMINS; KAUFMANN III.

O diagrama HR é um instrumento essencial para o estudo da evolução estelar, trata-se de um gráfico da luminosidade pela temperatura de superfície das estrelas, assim, podemos observar na figura 26.

Cada ponto, na figura 26, representa uma estrela, cuja luminosidade e o tipo espectral estão determinados. A luminosidade (ao lado esquerdo) e a magnitude absoluta (ao lado direito) indicam a energia total emitida por uma estrela, já a temperatura (no topo da figura) indica o tipo espectral (na base da figura). Portanto, há uma equivalência entre luminosidade e magnitude absoluta, assim como, a temperatura e o tipo espectral, assim como apresentado na

classificação espectral (seção 5.1).

As estrelas brilhantes estão próximas do topo do diagrama; as estrelas fracas estão próximas da parte inferior. Contrariamente à intuição, as estrelas quentes (tipo **O** e **B**) se encontram na direita. Hertzsprung e Russel fizeram essa escolha por causa da sequência padrão **O, B, A, F, G, K, M** já apresentadas anteriormente.

O diagrama HR revela a existência de quatro principais grupos de estrelas: estrelas da sequência principal, gigantes, supergigantes e anãs brancas. A sequência principal²³, é a faixa diagonal que vai do extremo superior esquerdo, estrelas quentes e muito luminosas, até o extremo inferior direito, estrelas frias e pouco luminosas, aqui encontra-se um elevado número de estrelas.

As estrelas iniciam sua evolução na sequência principal depois tornam-se gigantes ou supergigantes e se extinguem como anãs brancas, ou, em casos mais raros, como estrela de nêutrons em buracos negros, que não podem ser incluídos no Diagrama HR. O Sol encontra-se na sequência principal conforme pode ser visto na figura 26. Estima-se que em torno de 80% das estrelas nas vizinhanças do Sol são estrelas da Sequência Principal. Cerca de 20% são anãs brancas e menos do que 1% são gigantes ou anãs marrons.

Estrelas de mesma temperatura podem possuir raios diferentes, assim para determinar a luminosidade podemos utilizar a Lei de Stefan-Boltzmann, de modo que:

$$L = 4\pi R^2 \sigma T^4 \quad (16)$$

Sendo L a luminosidade da estrela; R o raio da estrela; σ a constante de Boltzmann e T a temperatura efetiva da estrela, que pode ser expressa através da lei de Wien, que relaciona temperatura com o comprimento de onda (λ), em nanômetro.

$$T = \frac{2,93 \times 10^3}{\lambda} \quad (17)$$

Assim a função expressa que a temperatura é inversamente proporcional ao comprimento de onda, assim, estrelas do tipo **O** que são estrelas quentes têm menor λ e, portanto, devem ser mais azuis, enquanto estrelas do tipo **M**, frias, têm maior λ e devem ser

²³ Etapa mais longa da vida da estrela, quando ela está fundindo hidrogênio em hélio no núcleo e brilhando estavelmente, em equilíbrio hidrostático. Durante esse tempo as estrelas mantêm uma relação unívoca entre a luminosidade e a temperatura, determinada pela sua massa, formando uma faixa diagonal no diagrama HR, com as estrelas mais quentes (mais massivas), as mais luminosas e as mais frias (as menos massivas) as menos luminosas. A massa com que uma estrela se forma define a sua temperatura, a sua cor, o seu tamanho, a sua luminosidade e o seu tempo de vida da estrela na sequência principal. Quanto maior a massa, mais quente, mais azul e mais luminosa será a estrela, e menor será o seu tempo de vida.

mais vermelhas. Portanto, a luminosidade é uma característica intrínseca da estrela e só depende de sua temperatura (T) e do seu tamanho (R). Já o fluxo depende do local onde é medido, ou da distância da estrela. Quanto mais distante estiver a estrela, mais fraca ela parecerá. Essa diminuição do brilho aparente está relacionada com a área da esfera que tem como raio a distância da estrela.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, R. R. **Tópicos de Astrofísica e Cosmologia: uma aplicação de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio**. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) - Ensino de Ciências (Física, Química e Biologia), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010. Disponível em: <<https://teses.usp.br/teses/disponiveis/81/81131/tde-25012011-112911/ptbr.php>>. Acesso em: 19 jan. 2019.
- ALVES, B. W. F. **Uma proposta metodológica de uma oficina de Astrofísica no Ensino Médio**. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Curso de Ciências Biológicas, Fortaleza, 2019. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/48309/1/2019_tcc_bwfalves.pdf>. Acesso 15 jan. 2019.
- ANDRADE, L. B. P. **Educação infantil: discurso, legislação e práticas institucionais**. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2010.
- BRASIL, **LDB - Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional Lei nº 9394/96**, 4ª edição. Atualizada até abril de 2020. Brasília, DF.: MEC. Disponível em: <https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/572694/Lei_diretrizes_bases_4ed.pdf?s_equence=1&isAllowed=y>. Acesso em 20 nov. 2020.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular (BNCC)**. Educação é a Base. Brasília, DF. MEC/CONSED/UNDIME, 2018. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf>. Acesso em 26 out. 2020.
- BRITO, A. A.; MASSONI, N. T. **Astrofísica para educação básica: a origem dos elementos químicos no universo**. Curitiba: Appris, 2019.
- BUNGE, M. **Teoria e Realidade**. Tradução de Gita K. Guinsburg. São Paulo: Perspectiva, 2017.
- COMMINS, N. F.; KAUFMANN III, W. J. **Descobrimos o universo**. 8ª ed. Tradução: Eduardo Neto Ferreira. São Paulo: Bookman, 2011.
- CORRÊA, T. Estrelas parte II. **Harmonia do Mundo**, Rio de Janeiro, 23 mar. 2013. Disponível em: <<https://harmoniadomundo.wordpress.com/2013/03/23/estrelas2/>>. Acesso em 05 nov. 2021.
- DAMINELI, A.; MOLINA, E. C.; PICAZZIO, E. *et al.* **O céu que nos rodeia: Introdução à astronomia para educadores e iniciantes**. São Paulo: Odisseus. 2011.
- FILHO, K. S. O; SARAIVA, M. F. O. **Astronomia e Astrofísica**. 4ª ed. São Paulo: Editora Livraria da física, 2017.
- FRANCISCO, R. L.; LUMINET, J. P. **El enigma de copernico: los constructores del cielo**. Espanha: Ediciones B, 2007.

FRÓES, A. Astronomia, astrofísica e cosmologia para o Ensino Médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, vol. 36, n. 3, 2014. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/363504.pdf>>. Acesso em 06 nov. 2020.

HETEM, J. G.; PEREIRA, V. J.; OLIVEIRA, C. M. **Fundamentos de Astronomia**. Apostila AGA215. Observatórios Virtuais. Departamento de Astronomia Universidade de São Paulo - IAG/USP. São Paulo. Disponível em: <<http://www.astro.iag.usp.br/~jane/aga215/>>. Acesso em 10 jan. 2021.

HORVATH, J. E. **As estrelas na sala de aula: Uma abordagem para o ensino de astronomia**. São Paulo: Editora livraria da física, 2019.

LAGO, L.; ANDRADE, R.; LOCATELLI, R.; PIETROCOLA, M. **Astronomia no ensino de ciências da natureza**. São Paulo: Editora livraria da física, 2017.

LONGHINI, M. D. O UNIVERSO REPRESENTADO EM UMA CAIXA: I NTRODUÇÃO AO ESTUDO DA ASTRONOMIA NA FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES DE FÍSICA. **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia**. São Paulo. 2009. Disponível em: <<https://doi.org/10.37156/RELEA/2009.07.031>> Acesso em 26 ago. 2020.

HEILMANN, E. A.; JANOCA, B. G. *et al.* **Unidades de distância astronômicas**. 6º congresso brasileiro de meteorologia. 2014. Disponível em: <http://www.energiapura.net.br/Trabalhos%20Publicados/2011/unidades_astronomicas_2011.pdf>. Acesso em 15 jun. 2021.

FERREIRA, C. A.; BISCH, S. M. **Unidade de ensino potencialmente significativa (UEPS) medidas de distâncias em astronomia**. Trabalho de Conclusão de Curso (Produto educacional) - Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2018. Disponível em: <<https://educapes.capes.gov.br/bitstream/capes/430507/2/Produto%20Educatonal%20-%20Carlos%20Augusto%20Ferreira.pdf>>. Acesso em 15 jun. 2021.

PEREIRA, M. A. S. **Ciência: o prazer de descobrir**. São Paulo: Sagitarius, 2020.

SANTOS, D. P. **Modelos cosmológicos contemporâneos como ferramentas para o ensino de Física Moderna**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Licenciatura de Física) - Instituto Federal de Sergipe, Lagarto, 2019. Disponível em: <<https://repositorio.ifs.edu.br/biblioteca/handle/123456789/1229>>. Acesso em 06 nov. 2020.

SARAIVA, M. F. O.; FILHO, K. P. O.; MÜLLERE, A. M. **Astronomia e Astrofísica**. Apostila FIS02010. Departamento de Astronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS. Rio Grande do Sul. Disponíveis em: <http://www.if.ufrgs.br/fis02001/aulas_132.htm>. Acesso em 10 jan. 2021.

TENN J.S.; DYSON, Frank Watson.; HOCKEY T. *et al.* **Biographical encyclopedia of astronomers**. New York: Springer, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-9917-7_394>. Acessada em 15 jun. 2021.

THIOLLENT, M. **Metodologia da pesquisa-ação**. 18ª ed. São Paulo: Cortez, 2011.

APÊNDICES












APÊNDICE A – LISTA DE ESTRELAS PRÓXIMAS AO SOL

Disponível em: <https://drive.google.com/drive/folders/198zzqGCs0gm_vR8JX9XZuQIxt-5zf5DW?usp=sharing>.

LISTA DE ESTRELAS PRÓXIMAS DO SOL (EM UM RAIO PRÓXIMO A 10 ANOS LUZ)

Destaque→

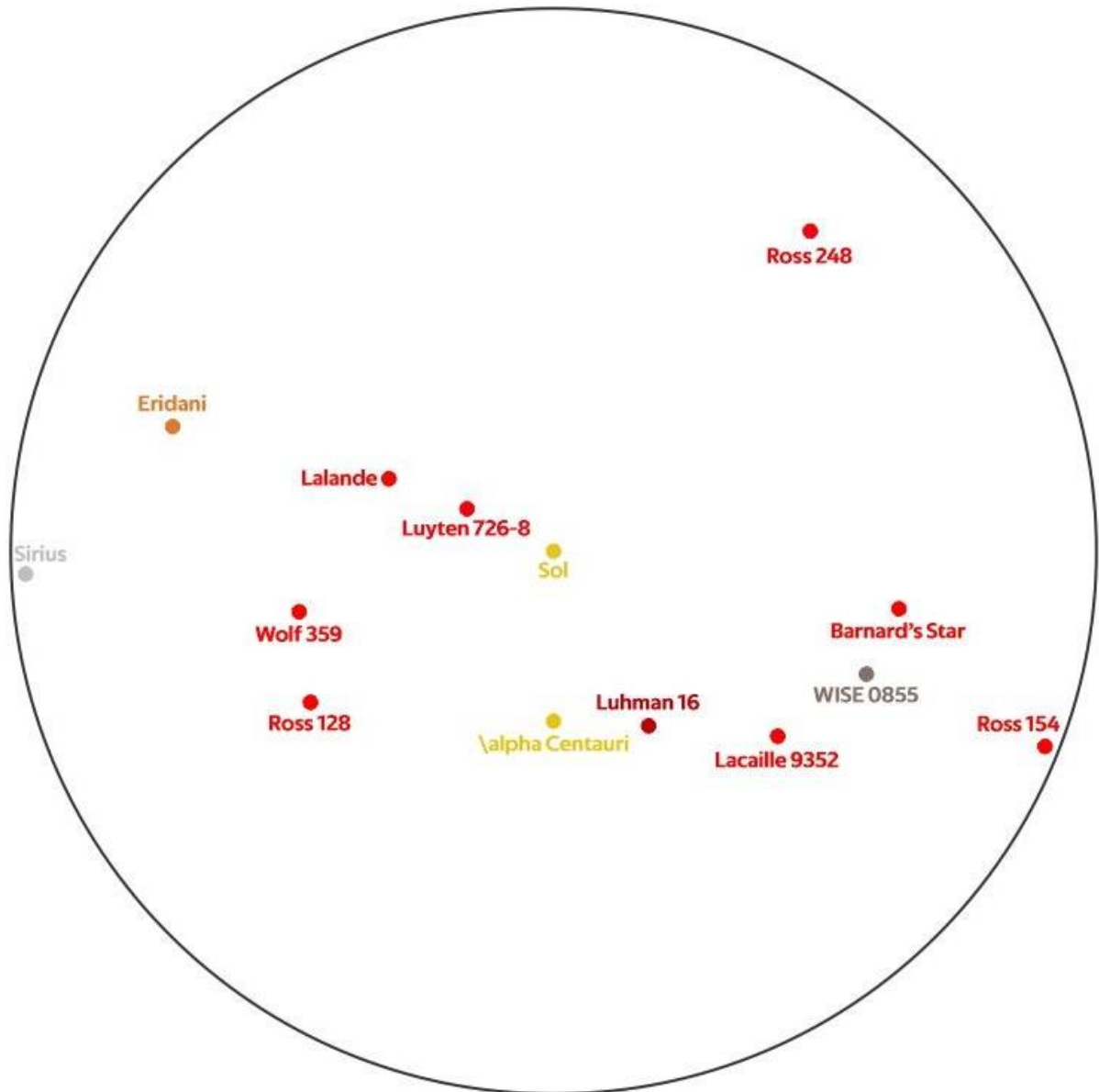
Para uma melhor visualização identifique as estrelas aqui apresentadas no Mobile 3D, devido às grandes distância entre as estrelas, e suas grandes massas, o produto educacional trata-se de um modelo representativo que busca aproximar a teoria da realidade, no entanto compreendemos as limitações do modelo, pois é nosso objetivo não é trabalhar com escalas mais sim com a representação da vizinhança do Sol.

CATEGORIA: Produto Educacional		AUTORA: Naiagry Paula de Fraga					
ÁREA: Astronomia e Astrofísica		PRODUZIDO EM: 10/03/21					
LINK PARA IMPRESSÃO: https://drive.google.com/drive/folders/198zzqGCs0gm_vR8JX9XZuQIxt-5zf5DW?usp=sharing							
SISTEMA ESTELAR	ESTRELAS	Distâncias e Classificação				Fotometria	
		Distância em anos-luz	Classificação	Ascensão reta	Declinação	Magnitude aparente	Magnitude absoluta
Solar							
	 Sol	-	G2	-	-	-26,74	4,85
Alpha Centauri (Rigel Kentaurus)							
	 Proxima Centauri (V645 Centauri)	4,2	M5	14h29m43s	-62°40'46"	11,09	15,53
	 α Centauri A (HD 128620)	4,3	G2	14h39m35,5s	-60°50'02"	0,01	4,38
	 α Centauri B (HD 128621)		K1	14h39m35,5s	-60°50'14"	1,34	5,71
Barnard							
	 Estrela de Barnard (BD+04°3561a)	5,9	M4	17h57m48,5s	04°41'36"	9,53	13,22
Luhman 16							
	 Luhman 16A	6,5	L8	10h49m15,5s	-53°19'06"	10,7	14,2
	 Luhman 16B		T1			-	-
WISE							
	 WISE 0855-0714	7,2	Y	8h55m10,8s	-07°14'42,5"	-	-
Wolf (leão)							
	 Wolf 359 (CN Leonis)	7,7	M6	10h56m29,2	07°00'53"	13,44	16,55
Lalande (Ursa Maior)							
	 Lalande 21185 (BD+36° 2147)	8,2	M2	11h3m20,2s	-16°42'58"	7,47	10,44
Sirius (α Canis Majoris)							
	 Sirius A	8,5	A1	6h45m8,9s	-16°42'01"	-1,42	1,42
	 Sirius B		D			8,44	11,34
Luyten 726-8							
	 Luyten 726-8 A (BL Ceti)	8,7	M5	1h39m01,3s	-17°57'01"	12,54	15,4
	 Luyten 726-8 B (UV Ceti)		M6			12,99	15,85
Ross 154 (V1216 Sagittarii)							
	 Ross 154 (V1216 Sagittarii)	9,6	M3	18h49m49,5s	-23°50'10"	10,43	13,07
Ross 248 (Andromedae)							
	 Ross 248 (Andromedae)	10,3	M5	18h49m49	44°10'30"	12,29	14,79
Epsilon Eridani (Eridanus)							
	 Épsilon eridani	10,5	k2	3h32m55	-09°27'30"	3,73	6,19
Lacaille (Piscis Austrinus)							
	 Lacaille (Piscis Austrinus)	10,7	M1	23h05m52s	-35°51'11"	7,34	9,75
Ross 128 (virgo)							
	 Ross 128	10,9	M4	11h47m44	00°48'16"	11,13	13,51

Fonte: Elaborada pela autora

APÊNDICE B – MAPA UNIDIMENSIONAL DA POSIÇÃO DAS ESTRELAS VIZINHAS AO SOL

Disponível para impressão em:
<https://drive.google.com/drive/folders/198zzqGCs0gm_vR8JX9XZuQIxt-5zf5DW?usp=sharing>.



APÊNDICE C – SLIDES COM O ROTEIRO DOS ENCONTRO

A apresentação em *slides* está disponível na pasta do *google drive*, que pode ser acessada através do link:

<https://drive.google.com/drive/folders/198zzqGCs0gm_vR8JX9XZuQIxt-5zf5DW?usp=sharing>.



Slide de orientação ao professor

