



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PIAUÍ
CAMPUS PARNAÍBA
CURSO LICENCIATURA EM FÍSICA**

LUCAS VIEIRA DE ARAUJO

**ASTROFOTOGRAFIA: A UTILIZAÇÃO DE REGISTROS CELESTES COMO
FERRAMENTA INOVADORA NO ENSINO E DIVULGAÇÃO DE CONCEITOS
ASTRONÔMICOS.**

PARNAÍBA

2024

LUCAS VIEIRA DE ARAUJO

ASTROFOTOGRAFIA: A UTILIZAÇÃO DE REGISTROS CELESTES COMO
FERRAMENTA INOVADORA NO ENSINO E DIVULGAÇÃO DE CONCEITOS
ASTRONÔMICOS.

Trabalho de Conclusão de Curso (monografia)
apresentado como exigência parcial para obtenção
do diploma do Curso de Licenciatura em Física do
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia
do Piauí, Campus Parnaíba.

Orientador: Prof. Me. Bruno Pires Sombra.

PARNAÍBA

2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD

Araújo, Lucas Vieira de

A663a Astrofotografia: a utilização de registros celestes como ferramenta inovadora no ensino e divulgação de conceitos astronômicos / Lucas Vieira de Araújo. — 2024.
55 f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Física)
– Instituto Federal do Piauí, Campus Parnaíba, 2024.
Orientador: Profº. Me. Bruno Pires Sombra.

1. Física. 2. Astrofotografia. 3. Ensino – Ferramentas .
4. Divulgação científica. I. Título.

CDD - 530

Elaborado por Micheline Angélica Aragão Gouveia CRB 3/1244

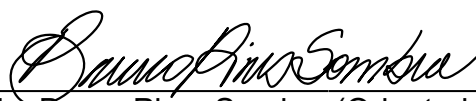
LUCAS VIEIRA DE ARAUJO

**ASTROFOTOGRAFIA: A UTILIZAÇÃO DE REGISTROS CELESTES COMO
FERRAMENTA INOVADORA NO ENSINO E DIVULGAÇÃO DE CONCEITOS
ASTRONÔMICOS.**

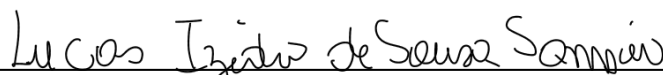
Trabalho de Conclusão de Curso (monografia)
apresentado como exigência parcial para obtenção
do diploma do Curso de Licenciatura em Física do
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia
do Piauí, Campus Parnaíba.

Aprovada em: ____/____/____.

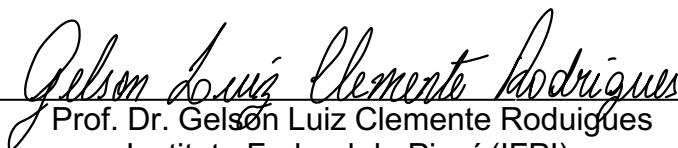
BANCA EXAMINADORA



Prof. Me. Bruno Pires Sombra (Orientador)
Instituto Federal do Piauí (IFPI)



Prof. Me. Lucas Izidio Sampaio
Instituto Federal do Piauí (IFPI)



Prof. Dr. Gelson Luiz Clemente Rodrigues
Instituto Federal do Piauí (IFPI)

Dedico este trabalho aos meus pais, aos meus irmãos, amigos de turma e, em especial, a minha companheira.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente ao meu pai Francisco das Chagas Vieira de Araujo e minha mãe Maria Vieira de Araujo que sempre me apoiarem ao longo da minha caminhada acadêmica. Saiba que vocês são minha fonte de inspiração e de determinação. Agradeço aos meus irmãos Wesley, Vitor, Josué e Débora por me incentivarem na busca pelo conhecimento.

Agradeço também a minha namorada, Francisca Thalia Santos Pereira que sempre esteve ao meu lado me motivando a seguir meus sonhos, me incentivando e tornando os desafios proporcionados pelo curso mais leves. Também agradeço a ela por ter me proporcionado momentos alegres e descontraídos fora e dentro do ambiente acadêmico. Obrigado por fazer parte desse momento. Amo você!

Agradeço também aos professores do curso por me proporcionarem uma educação de qualidade e por me guiarem nesse mundo maravilhoso que é a Física. Agradeço também aos demais servidores do IFPI, pessoal da limpeza, ao seu Alberto, e as tias da cantina (em especial a tia Lu) por tonarem este ambiente mais acessível para nós estudantes.

Meus mais sinceros agradecimentos aos amigos Lucas Oliveira, Isabela Carvalho, Eduardo Cardozo, Vitor Rodrigues, Rosemeire Açucena, Humberto Silva, Bruna Pâmela e Heitor Junior pelos momentos de estudo e de descontração ao longo deste ciclo. Vocês são incríveis!

Agradeço também ao Grupo Observacional de Astronomia (GOA) e a Alfa ScorpII por me mostrarem uma janela para o universo onde pude aprender, apreciar as belezas que compõem o cosmos. Agradeço também pelas viagens para eventos científicos e pelos projetos voltados para a comunidade. Tenho certeza que vocês inspiram pessoas por onde passam!

Para finalizar quero agradecer a meu amigo e professor Bruno Pires Sombra primeiramente por ter aceito me orientar nesta monografia. Quero agradecer também pelos seus ensinamentos e conselhos, onde certamente irei levá-los em minha trajetória como professor de Física.

“O céu é um espetáculo sem concorrência. É possível contemplar todas as maravilhas do nosso planeta, palmilhar os desertos, atravessar os oceanos e visitar todas as suas cidades; mas o Cosmo permanecerá sempre para ser descoberto”.

(Ronaldo Mourão)

RESUMO

O presente trabalho busca mostrar que a astrofotografia pode ser uma aliada no ensino e divulgação de astronomia em escolas e em ambientes não formais. O trabalho envolveu a elaboração de roteiros práticos e didáticos para a captura de imagens astronômicas utilizando equipamentos básicos de astrofotografia, de modo a permitir que professores, educadores e entusiastas da astronomia pudessem utilizar esses recursos em suas atividades educativas e de divulgação. Neste contexto foram lavadas em consideração atividades realizadas pelo Grupo Observacional de Astronomia (GOA) e utilizados instrumentos astronômicos pertencentes ao grupo na elaboração de roteiros que utilizam a fotografia celeste como fermenta de ensino.

***Palavras-chave:** Astrofotografia; Ferramentas de ensino; Divulgação Científica.

ABSTRACT

This work seeks to show that astrophotography can be an ally in the teaching and dissemination of astronomy in schools and in non-formal environments. The work involved the development of practical and didactic itineraries for capturing astronomical images using basic astrophotography equipment, in order to allow teachers, educators and astronomy enthusiasts to use these resources in their educational and dissemination activities. In this context, activities carried out by the Observational Astronomy Group (GOA) were taken into account and astronomical instruments belonging to the group were used in the preparation of itineraries that use celestial photography as a teaching tool.

***Keywords:** Astrophotography; Teaching tools; Scientific Divulcation.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	– Pintura rupestre em Lascaux, França	16
Figura 2	– Desenhos feitos por Galileu ao observar a Lua através de uma luneta	17
Figura 3	– Primeiro processo de geração de imagens	17
Figura 4	– Primeira fotografia da história	18
Figura 5	– Primeiras fotografias utilizando o daguerreótipo	19
Figura 6	– Primeira fotografia lunar	20
Figura 7	– Primeira Fotografia do Sol obtida por Fizeau e Foucault	21
Figura 8	– Primeiro registro de estrelas binárias	22
Figura 9	– Eclipse solar total em 1860	23
Figura 10	– Trânsito de Vênus registrado em 1874	23
Figura 11	– Alguns espectros obtidos por Huggins e Miller	24
Figura 12	– Primeiro registro objeto de céu profundo	25
Figura 13	– Características físicas da objetiva de um telescópio refrator	31
Figura 14	– Características físicas da objetiva de um telescópio refletor	31
Figura 15	– Limite de Dawes e Limite de Rayleigh	32
Figura 16	– Distância focal e ângulo de visão	33
Figura 17	– Campo de visão para telescópios de diferentes distâncias focais ...	34
Figura 18	– Tipos de aberração cromática	35
Figura 19	– Aberração cromática longitudinal	36
Figura 20	– Aberração cromática transversal	37
Figura 21	– Constelação de Órion à Leste	38
Figura 22	– Nuvens de Magalhães sobre o Chile	39

Figura 23	– Mosaico da porção visível da Via Láctea ao longo do ano	40
Figura 24	– Fotografia do Centro Galáctico a partir de uma lente grande angular	41
Figura 25	– Panorâmica da Via Láctea sobre Deadvlei (Namíbia)	41
Figura 26	– Rastro de estrelas sobre o Observatório Haute-Provence (França)	42
Figura 27	– Rastros de Estrelas no Polo Sul	43
Figura 28	– Movimento dos astros em diferentes latitudes	45
Figura 29	– <i>Star Trail</i> da região do polo Sul	47
Figura 30	– Registro do planeta júpiter	49
Figura 31	– Diagrama do ciclo de vida estelar	49
Figura 32	– Grande nebulosa de Órion	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Divisão do Roteiro	44
Tabela 2 – Exemplo de roteiro para a verificação do movimento diurno dos astros	46
Tabela 3 – Exemplo de roteiro para estudo da atmosfera de Júpiter	48
Tabela 4 – Exemplo de roteiro para verificar uma etapa do ciclo de vida estelar	50
Tabela 5 – Outras sugestões de roteiro	51

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BNCC	Base Nacional Comum Curricular
ACL	Aberração Cromática Longitudinal
ACT	Aberração Cromática Transversal
APOD	Astronomy Picture of the Day
DSLR	Digital Single Lens Reflex
DSO	Deep-Sky Objects (Objetos de Céu Profundo)
DSS	DeepSkyStacker
GOA	Grupo Observacional de Astronomia
HII	Hidrogênio Ionizado
IFPI	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí
IR	Infra Red
M	Messier
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NGC	New General Catalogue
NINA	Nighttime Imaging 'N' Astronomy
OIII	Oxigênio Duplamente Ionizado
PCN	Parâmetros Curriculares Nacionais
PIPP	Planetary Image Pre-processor

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	UMA BREVE HISTÓRIA DOS REGISTROS DO ASTRONÔMICOS ..	16
3	ASTROFOTOGRAFIA COMO FERRAMENTA INOVADORA	26
3.1	Astrofotografia na Divulgação Científica	26
3.2	Astrofotografia no ensino de Astronomia	27
4	INTRODUÇÃO A ASTROFOTOGRAFIA	30
4.1	Equipamentos	30
4.1.1	Telescópios e lentes	30
5	TIPOS DE ASTROFOTOGRAFIA	37
5.1	Grande campo	37
5.1.1	Paisagem	38
5.1.2	Via Láctea	39
5.1.3	Star Trail	41
6	METODOLOGIA DE APLICAÇÃO	44
6.1	Evidenciando o movimento aparente dos corpos celestes	46
6.2	Astrofotografia como aliada ao estudo de Júpiter	48
6.3	Verificando uma etapa do ciclo de vida estelar	50
6.4	Outras sugestões de temas que podem ser utilizadas na criação de novos roteiros	51
7	CONCLUSÃO	53
8	REFERÊNCIAS	54

1 INTRODUÇÃO

A Astronomia é uma ciência que fascina os povos desde os tempos mais remotos. Observar o movimento aparente dos astros na esfera celeste, as diferentes formas que as estrelas se dispõem no céu e os mais diversos fenômenos astronômicos, nos remetem a vários questionamentos, que vão desde o campo da metafísica (reflexão) a abordagens mais científicas e racional. Durante a Idade Antiga (período que durou de $\pm$ 4000 a.C. à 476 d.C.) os astros já eram estudados com objetivos práticos, como medir a passagem do tempo, prever a melhor época para o plantio e a colheita, navegação e, além disso, já possuíam o hábito registrar (com certa precisão) cometas, meteoros, entre outros (FILHO; SARAIVA, 2014).

Com a invenção do telescópio e o advento da fotografia, houve um avanço em relação ao estudo e catalogação dos astros pois tornou-se possível registrar através de imagens as descobertas astronômicas que conseqüentemente convergiram para uma melhor maneira de interpretar o universo. Assim, a astrofotografia como ferramenta de caráter interdisciplinar pode ser uma ferramenta inovadora no que diz respeito à novas metodologias aplicadas de ensino.

Os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) destacam a necessidade de “atividades práticas” e visitas preparadas a observatórios, associações de astrônomos amadores, museus de Astronomia e Astronáutica (BRASIL, 1998). Atrelado a isto, no Brasil, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) prevê a implementação da Astronomia em todo o currículo escolar, contemplando desde os anos iniciais do Ensino Fundamental ao Ensino Médio.

Entretanto, se por um lado parece haver um grande interesse da política educacional brasileira para que astronomia seja ensinada nas escolas, por outro lado, ela se configura como um assunto pouco abordado em salas de aula, uma vez que os professores possuem limitações em formação inicial para tratarem sobre esse tema (Langhi & Nardi, 2012). Em concordância com isto, os autores Pedrochi e Neves (2005) destacam que apesar de presente no currículo das licenciaturas, os conteúdos de Astronomia são vistos de forma superficial, confusa e desconexa com a vivência dos futuros docentes, o que impacta diretamente na sua formação e posterior aplicação destes conteúdos.

Diante disto, a presente monografia propõe a produção de roteiros didáticos

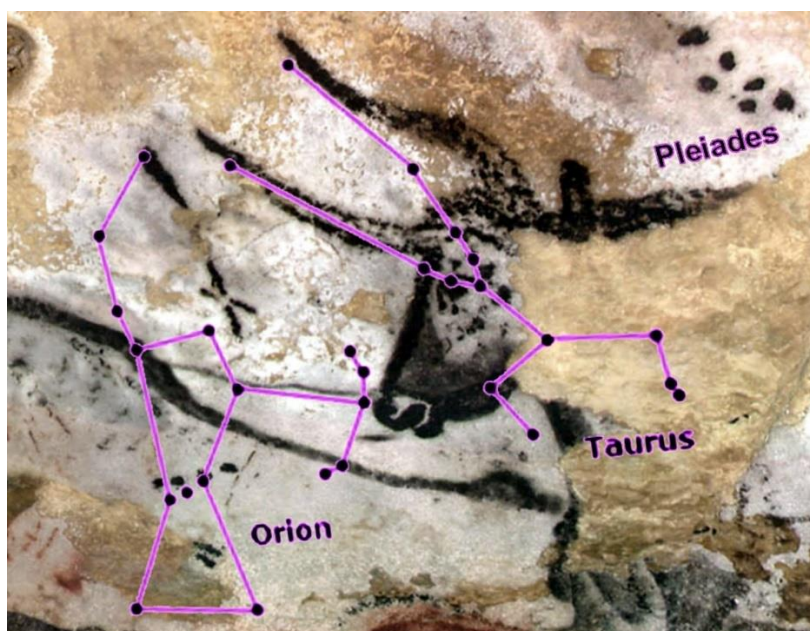
onde, através de uma metodologia simples, seja possível utilizar a astrofotografia como ferramenta auxiliar no ensino de Astronomia, que podem ser aplicadas em instituições de ensino ou em ambientes não formais. Para isto, foram utilizados equipamentos pertencentes ao Grupo Observacional de Astronomia (GOA) do Instituto Federal do Piauí – *Campus Parnaíba* e levadas em consideração as atividades realizadas em conjunto com este grupo ao longo do curso de Licenciatura em Física.

Dessa forma, no primeiro capítulo será feita uma revisão bibliográfica do livro *History of Astrophotography* do astrônomo português Pedro Ré onde serão abordadas as astrofotografias precursoras no histórica e suas contribuições para a ciência. dos registros astronômicos, onde serão mostrados os primeiros protótipos do que hoje se conhece como fotografia.

2 UMA BREVE HISTÓRIA DOS REGISTROS DO ASTRONÔMICOS

O céu noturno fascina os seres humanos desde os tempos antigos. Os povos que por a Terra passaram já mostravam uma admiração e interesse em interpretar aqueles pontos brilhantes no céu. Conforme mostra a Figura 1, pesquisas arqueológicas mostram que algumas pinturas rupestres e objetos moldados pelo Homem já apresentavam uma necessidade de reproduzir, por exemplo, as fases da Lua, posições dos astros e até constelações.

Figura 1: Pintura rupestre em Lascaux, França

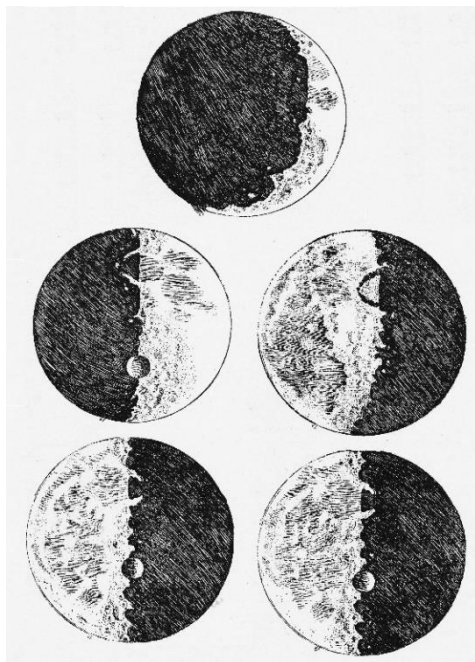


Fonte: Pedro Faris

Ou seja, a tentativa de se registrar o céu remonta à idade dos homens das cavernas. Com o passar dos milênios nossa espécie evoluiu e com ela foram surgindo novas tecnologias capazes de melhorar nossa compreensão da esfera celeste, como o astrolábio e o sextante.

Com a invenção dos primeiros telescópios, os seres humanos puderam pela primeira vez observar características dos astros que jamais poderiam ser observadas sem auxílio de um instrumento óptico. Em 1609, Galileu Galilei foi um dos primeiros a examinar o céu com ajuda de um telescópio e a desenhar, à mão (Figura 2), o que tinha visto na Lua, no Sol, em Júpiter e em Saturno, espantando a sociedade de sua época (DAMINELI & STENER, 2010).

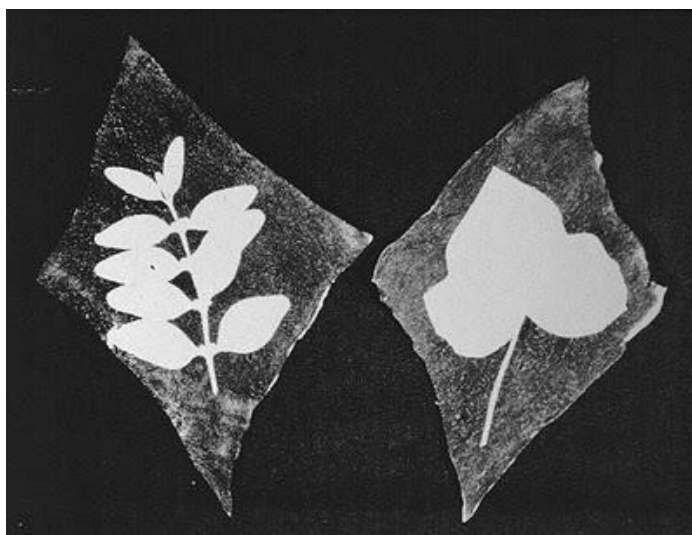
Figura 2: Desenhos feitos por Galileu ao observar a Lua através de uma luneta



Fonte: Wikimedia Commons

Até então a forma mais realista de se registrar de um objeto era através da pintura e do desenho. Só em 1800 começaram a surgir os primeiros procedimentos do que viria ser a fotografia (ver Figura 3). Um dos pioneiros na técnica de utilizar elementos químicos sensíveis a luz foi o químico inglês Thomas Wedgwood (1771-1805).

Figura 3: Primeiro processo de geração de imagens



Fonte: Wikimedia Commons

Segundo Ré (2010), colocando um objeto opaco sobre couro animal tratado com nitrato de prata em uma região que estava sendo iluminado pelo Sol, Thomas Wedgwood produziu pela primeira vez uma imagem da silhueta de um objeto. Entretanto, utilizando este processo, as imagens geradas deterioravam-se rapidamente. Ainda segundo o autor, no ano 1826, o francês Joseph Niépice (1765-1833) produz pela primeira vez uma imagem real da vista janela de seu escritório utilizando uma câmara escura e uma placa metálica (peltre) embebida em betume branco, conforme mostra a Figura 4.

Figura 4: Primeira fotografia da história



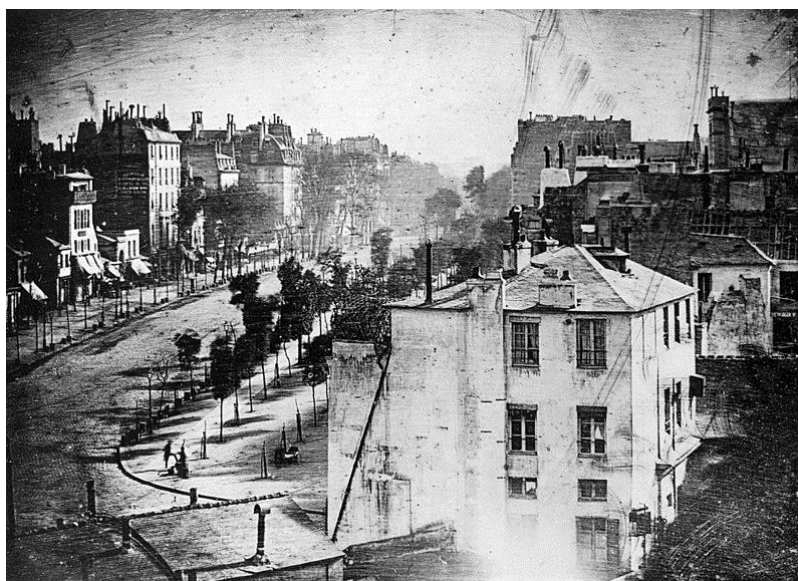
Fonte: Wikimedia Commons

Para registrar esta foto da Figura 4, Niépice posicionou seu equipamento na janela e o deixou absorvendo Luz durante oito horas. É possível notar que devido a lentidão em seu processo de registro, o Sol ilumina as paredes das construções que lados opostos. Após isso, em 1829, trocando cartas com o físico Loues Daguerre (1787-1851), Niépice e Daguerre criam um acordo para trabalharem em conjunto na tentativa de aperfeiçoar o seu novo processo de registro de imagens. Entretanto, quatro anos da criação desse acordo, Joseph Niépce morre.

Daguerre, dando continuidade a seus trabalhos, descobre por acidente uma maneira de melhorar o processo e de aprimorar o tempo necessário para se fazer um registro. Ele verifica que ao deixar as placas expostas ao vapor de mercúrio, as

imagens adquiridas passavam a apresentar um melhor contraste e nitidez (ver Figura 5). Dessa forma, Daguerre passa a criar imagens em cobre folheado a prata, revestido com iodeto de prata e “revelado” com mercúrio aquecido, assim criando o daguerreótipo (RÉ, 2010).

Figura 5: Primeiras fotografias utilizando o daguerreótipo



Fonte: Wikimedia Commons

A partir de então, os cientistas da época passavam a enxergar essa nova tecnologia como uma ferramenta que poderia ser aliada ao estudo do universo. François Jean Dominique Arago (1786-1853) anuncia o processo de daguerreótipo na Academia Francesa de Ciências (7 de janeiro e 19 de agosto). Arago prevê o uso futuro da técnica fotográfica nas áreas de Selenografia, Fotometria e Espectroscopia (RÉ, 2010). Ou seja, desde aquela época, já se buscava aplicar as novas descobertas em conhecimento científico.

Daguerre, a partir da sua criação, foi o primeiro a tentar realizar uma fotografia da Lua. Entretanto não obteve sucesso pois ele não conseguia acompanhar com precisão o movimento do nosso satélite natural ao longo da captura. Somente em 1840, o cientista John William Draper (1811-1882) consegue com sucesso realizar a primeira astrofotografia Lunar, conforme mostra a Figura 6. De acordo com Ré (2010), o primeiro daguerreótipo da lua bem-sucedido (corretamente exposto) foi feito utilizando um telescópio refletor de 130 milímetros de abertura com uma longa distância focal.

Figura 6: Primeira fotografia lunar



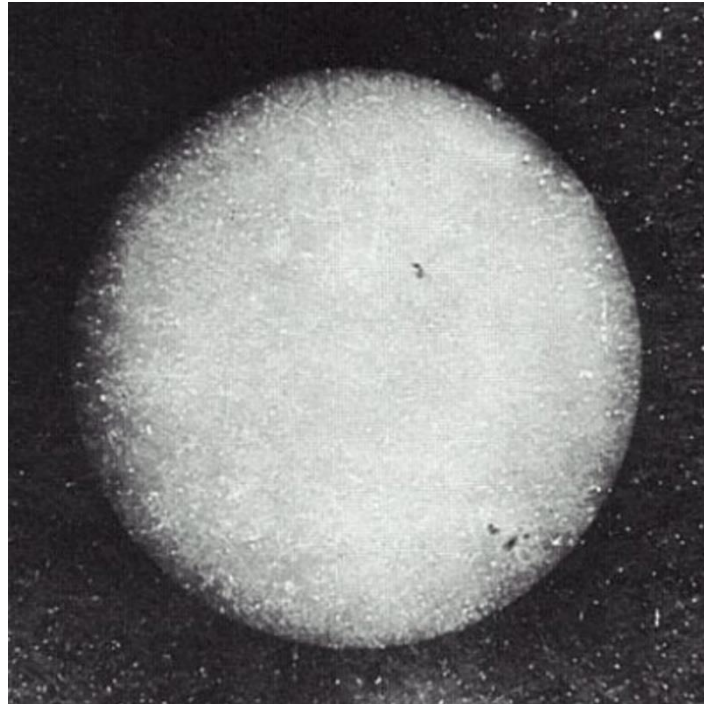
Fonte: Wikimedia Commos

Para conseguir esta fotografia, Drape acompanhou a Lua durante 20 minutos pela buscadora de seu telescópio (utilizando uma técnica chamada *PiggyBack*) enquanto seu daguerreótipo captava a luz da superfície lunar.

Em 1842 começaram a surgir as primeiras fotografias do Sol. De acordo com Ré (2010) o precursor na fotografia deste astro foi o astrônomo austríaco o GA Majocchi que em 8 de julho de 1842 obteve através de um daguerreótipo a primeira imagem de um eclipse solar parcial. Ademais, o autor afirma que entre os 1844 e 1845 uma grande quantidade de fotografias solares foram obtidas no observatório de Paris pelo físico Armand Hippolyte Louis Fizeau (1819-1896) e pelo físico astrônomo Jean Bernard Léon Foucault (1818-1868).

A Figura 7 mostra um daguerreótipo do sol obtida por eles em 2 de abril de 1845 onde é possível observar algumas características como a presença de manchas solares na fotosfera.

Figura 7: Primeira Fotografia do Sol obtida por Fizeau e Foucault



Fonte: Agencia Espacial Europeia (ESA)

Apenas em 1850 foi possível realizar a primeira imagem de um astro fora do Sistema Solar. De acordo com Ré (2010) a primeira fotografia de uma estrela foi obtida por John Adams Whipple em parceria com o astrônomo (e diretor de Harvard) William Cranch Bond. A estrela em questão era *Veja* (α *Lyrae*), estrela mais brilhante da constelação de *Lyra*. Para tal registro, eles utilizaram um telescópio refrator de 15 polegadas do Observatório de Harvard.

Em 1851 o inglês Frederick Scott Archer (1813-1857) cria o colódio úmido, uma substância que viria substituir o instrumento criado por Daguerre. Essa invenção melhora a resolução fotográfica espalhando uma mistura de colódio (algodão nitrado dissolvido em éter e álcool) e produtos químicos em lâminas de vidro (RÉ, 2010). Por possuir menor preço de mercado e ser mais sensível a luz, os daguerreótipos passaram a ser cada vez menos utilizados pelos astrônomos da época.

Um dos pioneiros na utilização deste novo material no processo de registrar os corpos celestes foi o britânico Warren de la Rue (1815-1889). Utilizando do colódio de placa úmida este astrônomo passou a realizar fotografias lunares a partir de um telescópio de sua autoria onde em 1855 ele publica uma série de 12 fotografias lunares. Segundo Ré (2010) o telescópio utilizado por Warren tratava-se um refletor de 330 milímetros de abertura e distancia focal de 3 metros aproximadamente.

Outro pioneiro na utilização do colódio úmido foi o astrônomo estadunidense o George Phillips Bond (1825 - 1865). Em 1857, utilizando o telescópio do Observatório de Harvard com um novo mecanismo de acompanhamento sideral, Bond fotografa pela primeira vez um sistema estelar binário (RÉ, 2010). As estrelas registradas por ele são Mizar (ζ *UMa*) e Alcor (80 *UMa*) ambas pertencentes à constelação da Ursa Maior (ver Figura 8).

Figura 8: Primeiro registro de estrelas binárias

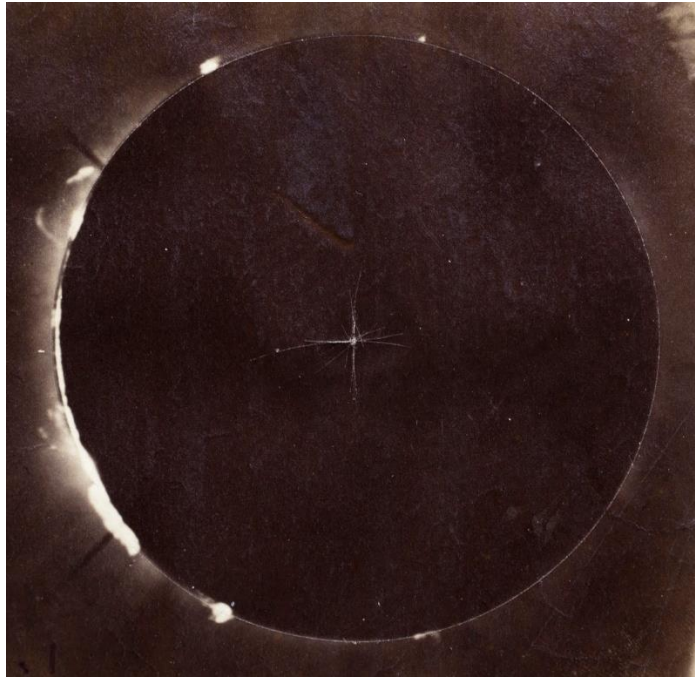


Fonte: Pedro Ré

A partir da imagem gerada, este astrônomo mostrou que através do processo fotográfico era possível relacionar o tamanho da imagem gerada à magnitude da estrela (fotometria) e que estes mesmos registros permitiam determinar com precisão a posição dos astros no céu (astrometria).

Na mesma década, em 1860, Warren de la Rue transporta um fotoheliógrafo para a Espanha com a finalidade de registrar um eclipse solar total que aconteceria naquele ano. Utilizando então o fotoheliógrafo e colódio umido, Warren de la Rue registra (em 18 de julho) o eclipse solar em sua totalidade (RÉ, 2010). Na ocasião Warren de la Rue deixou seu equipamento apontado para o sol durante um intervalo de 60 segundos. A imagem feita por ele (Figura 9) mostra detalhes da coroa solar.

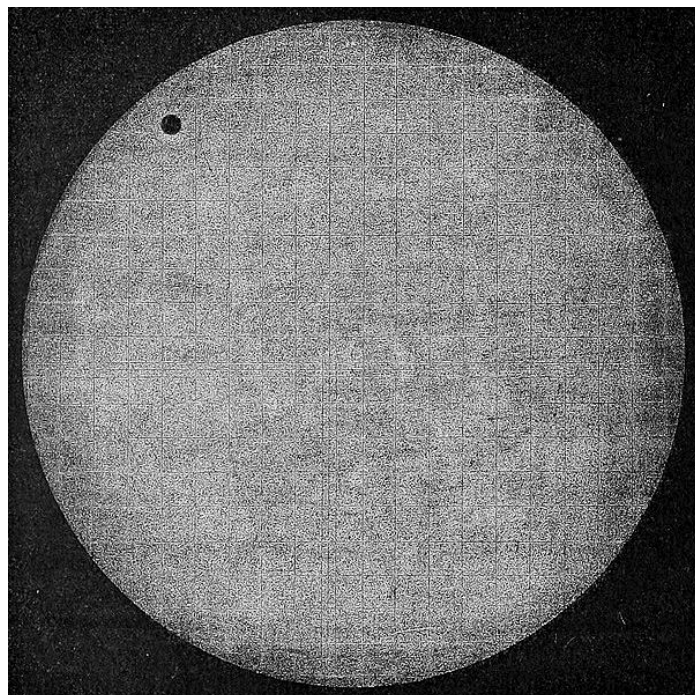
Figura 9: Eclipse solar total em 1860



Fonte: Royal Astronomical Society

No ano 1874 o astrônomo francês Pierre Jules César Janssen (1824-1907) desenvolve o revólver fotográfico para registrar o trânsito do planeta Vênus pela face do Sol (Figura 10), em 8 de dezembro de 1874 (RÉ, 2010).

Figura 10: Trânsito de Vênus registrado em 1874



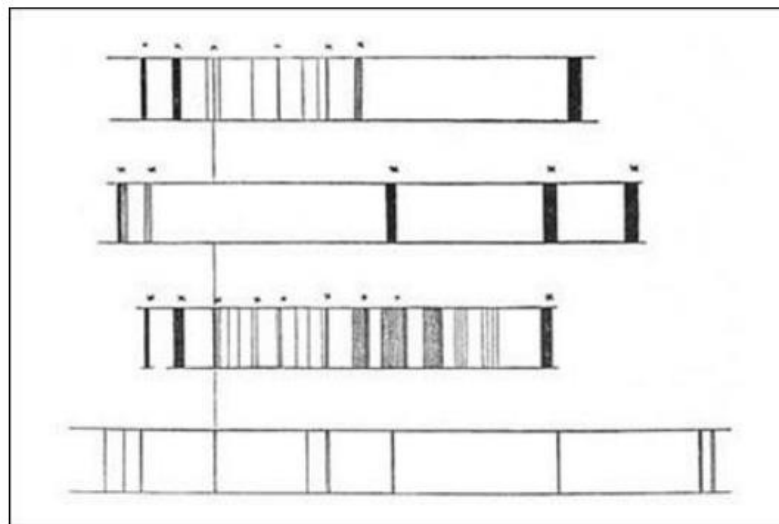
Fonte: Wikimedia Commons

Estes registros do trânsito planetário buscavam detectar a paralaxe solar e a partir deste dado calcular a distância da Terra ao Sol (definida como unidade astronômica). Ainda segundo Ré (2010), inúmeras equipes de astrônomos espalhadas por diversos locais do globo observaram e registaram o fenômeno utilizando técnicas diversas (daguerreótipos, placas húmidas e placas secas). Entretanto, esta tentativa não teve sucesso devido à imprecisão do mecanismo de acompanhamento sideral.

Duas décadas após a criação do colólido úmido surgem a placa seca, um método mais eficiente de se realizar fotografia. Este método desenvolvido por Richard Leach Maddox (1816-1902) utilizava emulsão de gelatina e brometo de prata sobre placas de vidro. Os astrônomos William Huggins (1824-1910) e William Allen Miller (1817-1870) são então os pioneiros na utilização desta nova ferramenta no estudo do universo.

Estes dois astrônomos dedicaram-se durante uma década na área da espectroscopia. Segundo Ré (2010) Huggins e Miller catalogaram entre os anos 1876 e 1886 o espectro de as estrelas de primeira e segunda magnitude (ver Figura 11).

Figura 11: Alguns espectros obtidos por Huggins e Miller



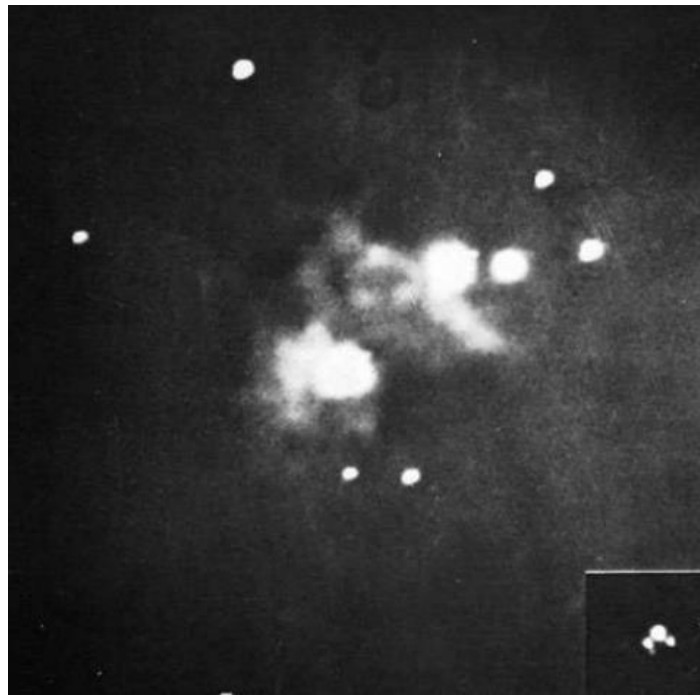
Fonte: Royal Society

Até então, no que diz respeito às áreas da astrofotografia, ninguém havia conseguido realizar o registro de um objeto de céu profundo. Foi só em 1881 que médico e astrônomo amador Henry Draper (1837-1882) conseguiu registrar detalhes da grande nebulosa de órião onde, segundo Ré (2010), Draper usou um telescópio

refrator Alvan Clark de 11 polegadas de abertura apoiado em uma montagem equatorial também construída por Clark.

A Figura 12 mostra o registro feito por Draper onde é possível verificar alguns detalhes presentes na nebulosa como seu núcleo em formato de pétala e um asterismo em forma de trapézio.

Figura 12: Primeiro registro objeto de céu profundo



Fonte: Pedro Ré

3 ASTROFOTOGRAFIA COMO FERRAMENTA INOVADORA

3.1 Astrofotografia na Divulgação Científica

A astrofotografia desempenha um papel crucial na divulgação da Astronomia, permitindo que o público visualize e aprecie a astros e até mesmo fenômenos do universo. As imagens impressionantes capturadas por meio dessa técnica não apenas despertam o interesse, mas também facilitam a compreensão de conceitos astronômicos complexos. Tais representações visuais não só aproximam as maravilhas do espaço do público em geral, mas também contribuem significativamente para ampliar a apreciação e a conscientização acerca do cosmos.

Ademais, ela exerce grande impacto e popularidade, cativando imediatamente pela sua beleza e despertando interesse tanto nos objetos retratados quanto na Astronomia em si. Grandes observatórios, como o Telescópio Espacial Hubble (HST) e o Observatório Europeu Austral (ESO), além de agências espaciais renomadas como a NASA (EUA) e a ESA (Europa), investem consideráveis esforços em comunicação social para criar e divulgar imagens impactantes. Essas imagens servem como poderosas ferramentas de comunicação e divulgação científica (MELO; PALIVANAS, 2023)

Além disso, a chegada de novas tecnologias e o avanço de redes sociais e plataformas online, têm desempenhado um papel significativo na disseminação dessas imagens, permitindo que astrônomos amadores e profissionais compartilhem suas descobertas com audiências globais. Isso contribui para uma maior democratização do conhecimento astronômico, promovendo uma apreciação mais ampla da astronomia e incentivando a participação ativa na exploração do cosmos. Projetos como o *Astronomy Picture of the Day* da NASA, o *Astrobin* para compartilhamento de imagens astronômicas, e plataformas sociais como o Instagram, onde astrônomos e entusiastas compartilham fotos do espaço. Essas iniciativas contribuem para a disseminação do conhecimento astronômico de maneira acessível e inspiradora.

Uma das melhorias evidentes proporcionadas por esse avanço reside na conveniência do compartilhamento instantâneo, de eventos e informações, seja por meio de texto, imagens ou vídeos. Essa possibilidade representa um cenário praticamente inimaginável nas décadas passadas, como nos anos 70 ou 80 (GALLI,

2002; BOYD E ELLISON, 2007).

Grande parte do vasto número de imagens compartilhadas na Internet é composta por astrofotografias. Cada vez mais, essas imagens são utilizadas para documentar eventos celestes, objetos astronômicos e efemérides, além de servirem como fonte de entretenimento e apreciação, sendo essas as finalidades mais comuns e populares. Entre os registros capturados estão eclipses, passagens de cometas, planetas, conjunções, chuvas de meteoros, galáxias, solstícios, equinócios, entre outros. O curioso é que nem sempre essas astrofotografias são empregadas para a educação em ciências ou astronomia, e muitas vezes não possuem qualquer vínculo com o ensino astronômico (FERREIRA; FURTADO, 2022).

Portanto, pode-se analisar que, apesar de a astrofotografia ser uma grande utilidade como recurso educacional em ciências, não está sendo devidamente direcionada, acessada ou aplicada em ambientes educacionais formais (como salas de aula, planetários, eventos científicos) e informais (como semanas universitárias). Há uma falta de integração efetiva dessa ferramenta visualmente poderosa nos contextos educacionais, o que poderia enriquecer a experiência de aprendizagem, tornando-a mais envolvente e acessível. Esta constatação destaca uma oportunidade perdida de aproveitar todo o potencial educacional da astrofotografia (FERREIRA; FURTADO, 2022).

3.2 Astrofotografia no ensino de Astronomia

A astrofotografia desempenha uma função fundamental no âmbito da astronomia, contribuindo significativamente para a compreensão e divulgação dos fenômenos celestes. Através da captura de imagens astronômicas, há uma exploração mais detalhada e acessível dos objetos celestes. O papel da astrofotografia transcende as fronteiras da pesquisa científica, estendendo-se à educação, motivação e engajamento do público em geral, proporcionando uma representação visual elucidativa do vasto cosmos.

A astrofotografia tem características que a tornam adequada para ser empregada como um recurso didático valioso. Ela pode enriquecer o processo de aprendizado, proporcionando uma abordagem mais rica para assimilar conceitos em ciências, especialmente na área de Astronomia e temas relacionados. A astrofotografia é vista como uma ferramenta que facilita a compreensão

interdisciplinar, servindo como mediadora para integrar diferentes disciplinas e promover uma abordagem mais abrangente no processo educacional (Neves e Pereira, 2007). Esta prática motiva e estimula nos estudantes o interesse pela investigação científica, proporcionando uma ferramenta eficaz para o desenvolvimento do entendimento e apreciação da astronomia. Diante disso, Neves e Pereira (2007, p. 29) afirmam que:

Trabalhar com a Astrofotografia pode aproximar o interesse das pessoas num céu já tão empobrecido pelo sistema de ensino e pelas luzes e poluição das cidades. Investir, pois, numa astrofotografia simples, significa tocar a imaginação das pessoas, trazendo para um “pedaço de papel” um pedaço do céu como nunca antes observado. Além disso, a fotografia astronômica pode se construir num recurso didático enriquecedor para o aprendizado de conceitos de Astronomia e do aprendizado de Física, especialmente envolvendo a interdisciplinaridade entre aquela ciência e os conceitos de ótica.” (NEVES e PEREIRA, 2007, p. 29)

Por meio de práticas realizadas no ambiente escolar, é possível que qualquer pessoa vivencie a experiência de explorar a astrofotografia. Ao utilizar equipamentos simples, de fácil acesso a todos, como câmeras, celulares ou telescópios de baixo custo, torna-se factível capturar imagens da esfera celeste, pois a fotografia de objetos e eventos astronômicos transcende o domínio exclusivo de astrônomos profissionais preparados com equipamentos tecnológicos avançados. Muitas das imagens atraentes presentes em livros e websites de astronomia resultam do trabalho de astrônomos amadores, que empregam instrumentação modesta para suas observações (BARCELLOS et al., 2021).

Com a utilização da astrofotografia no auxílio do ensino de astronomia, é possível explorar diversos conteúdos, conforme delineados nos documentos oficiais, como as diretrizes de educação. Estes incluem a identificação a olho nu de distintas estrelas, constelações e planetas ao longo do ano; a compreensão dos horários e locais de nascimento do Sol, da Lua, das estrelas e das constelações em diferentes períodos; a análise da duração do dia em várias épocas; a percepção da periodicidade das constelações, dos planetas e dos corpos celestes no céu; a observação do movimento aparente das estrelas em relação ao horizonte; e a compreensão das diversas distâncias e tamanhos dos corpos celestes visíveis no céu (Langhi & Nardi, 2012).

Integrando os elementos de curiosidade e motivação a uma abordagem pedagógica diversificada, na qual se consideram os interesses dos alunos e os engaja em projetos estimulantes, é possível alcançar resultados significativamente satisfatórios no processo educacional. Esses projetos podem englobar diversas atividades, tais como a identificação de constelações por meio de imagens, o estudo das fases da Lua através de capturas, a análise de cores e espectros de astrofotografias tiradas pelos próprios alunos, entre muitas outras possibilidades de atividades que podem ser trabalhadas com os alunos.

No entanto, grande parte das escolas não oferecem ensino nessa área, apesar de a astrofotografia oferecer uma variedade de oportunidades para atividades de aprendizado envolventes no ensino. Nesse contexto, Krasilchik (2004, p. 58) destaca a importância de abordagens didáticas diversas, indo além das tradicionais aulas expositivas. Perrenoud (2000, p. 73) sublinha a importância da competência docente na utilização das novas tecnologias da informação e comunicação (TIC).

Dessa maneira, a utilização da Astrofotografia como método de ensino para a disciplina de Astronomia, por meio de imagens de corpos celestes, mostra-se como uma estratégia educacional valiosa para alunos do ensino fundamental e médio, professores e membros da comunidade escolar. Essa prática experimental visa promover uma interação aprimorada entre os conhecimentos em Astronomia e o entendimento popular, contribuindo para uma nova abordagem epistemológica no desenvolvimento da didática e formação docente no contexto do ensino de ciências (CACHAPUZ et al, 2011, p. 23).

4 INTRODUÇÃO À ASTROFOTOGRAFIA

4.1 Equipamentos

Como em diversas áreas científicas, a astrofotografia possui uma infinidade de equipamentos capazes de obter informações dos seus objetos de estudo (corpos e estruturas celestes). Telescópios, montagens, espectroscópios, câmeras e filtros, são exemplos de instrumentos utilizados pelos astrofotógrafos. Por possuírem diversos modelos, cada um com características físicas e especificidades distintas, muitos iniciantes na Astrofotografia possuem dificuldade em saber de onde partir e o que adquirir para começar nesta atividade.

Desse modo, para evitar possíveis frustrações nesta jornada de exploração do universo, é necessário então conhecer a fundo cada modelo para que se possa obter um conjunto de equipamentos *setup* que proporcione o máximo de qualidade e desempenho que o dispositivo pode oferecer.

4.1.1 Telescópios e lentes

Os telescópios e as lentes fotográficas são instrumentos ópticos amplamente utilizados por astrofotógrafos amadores. Estes equipamentos possuem componentes, sendo a Objetiva o principal deles. Ela pode ser uma lente ou um espelho (ou um conjunto de ambos) por onde entra a luz vinda do objeto que estamos a observar (SANCHES, 2017). Desse modo, quando a objetiva for uma lente, o telescópio será classificado como refrator, quando for um espelho o telescópio será classificado como refletor e quando a objetiva for constituída por ambos (lentes e espelhos) será classificado como catadióptrico.

No caso da Astrofotografia a Objetiva é o componente responsável por coletar a luz dos astros e por convergir esta luz para o sensor da câmera. Além disso ela determina a abertura, distancia focal e razão focal, que são características físicas fundamentais que devem ser levadas em consideração para determinar a qualidade óptica das lentes, dos espelhos e o tipo de astrofotografia que se almeja realizar.

As Figuras 13 e 14 destacam as características físicas atreladas a objetiva nos telescópios refratores e refletores respectivamente.

Figura 13: Características físicas da objetiva de um telescópio refrator



Fonte: Autoria própria

Figura 14: Características físicas da objetiva de um telescópio refletor



Fonte: Autoria própria

A abertura nada mais é que o diâmetro da Objetiva (medida geralmente em polegadas ou milímetros). Este fator impacta diretamente na resolução da imagem, o que viabiliza o registro de detalhes tênues de alguns corpos celestes ou sistemas de estrelas binárias. Por comparação, se um telescópio possui 100 milímetros de abertura e outro possui o dobro de seu diâmetro (200 milímetros), o de maior abertura transmitirá quatro vezes mais dados para a câmera, pois aumentar em duas vezes o tamanho da objetiva fará com que a área de captação da luz seja quadruplicada.

O cálculo da resolução angular máxima de um instrumento óptico (chamado de poder separador) pode ser feito de duas maneiras, utilizando o limite de Dawes e o limite de Rayleigh. Para encontrar o poder separador de um telescópio usando o limite de Dawes utiliza-se a seguinte equação:

$$\theta = \frac{116}{D} \text{ arcseg} \quad (1)$$

$\theta \rightarrow$ Resolução angular em segundos de arco;

$D \rightarrow$ Diâmetro da Objetiva (em milímetros).

Esta equação foi obtida a partir de uma série de observações de estrelas duplas, ou seja, de forma totalmente empírica. De acordo com ela, para que se consiga fotografar um sistema binário onde as estrelas possuem separação angular

de um segundo de arco é necessário que abertura do telescópio seja superior a 116 milímetros ($D > 116 \text{ mm}$).

Outra forma de encontrar a resolução de um telescópio é usando uma equação desenvolvida a partir do fenômeno da difração. O limite de difração teórico de um telescópio é uma função inversa do tamanho do espelho primário, devido ao efeito da difração de Fraunhofer, que espalha a luz de um objeto pontual em um disco de Airy. (OLIVEIRA; SARAIVA, 2014). A equação utilizando da natureza ondulatória da luz foi desenvolvida por Rayleigh e é dada por:

$$\theta = 1,22 \times \frac{\lambda}{D} \text{ rad} \quad (2)$$

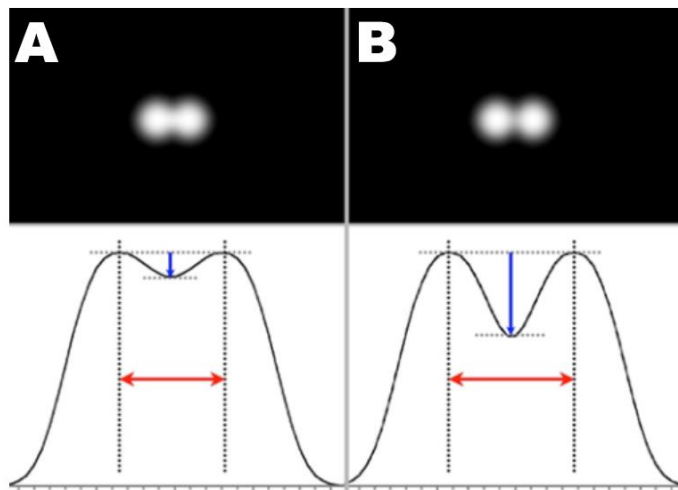
Onde:

$\theta \rightarrow$ Resolução em radianos;

$\lambda \rightarrow$ Comprimento de onda eletromagnética;

$D \rightarrow$ Abertura da Objetiva em milímetros (10^{-6} mm).

Figura 15: (A) Limite de Dawes e (B) Limite de Rayleigh



Fonte: ResearchGate/Henry Meißner

Dentro da faixa espectro de luz visível, o olho humano possui maior sensibilidade à região da cor amarela ($\lambda \sim 550 \text{ nanômetros}$). Atribuindo este valor na expressão, encontra-se:

$$\theta = \frac{671 \times 10^{-6}}{D} \text{ rad} \quad (2.1)$$

Convertendo para segundo de arco:

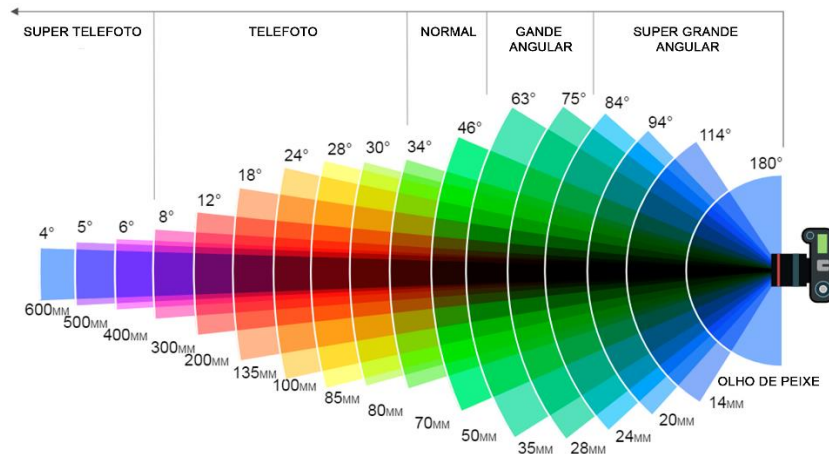
$$\theta = \frac{671 \times 10^{-6}}{D} \times (206205 \text{ arcseg}) \quad (2.2)$$

$$\theta \cong \frac{138}{D} \text{ arcseg} \quad (2.3)$$

A equação acima é então chamada de limite de Rayleigh. Ela indica que para se conseguir fotografar ou observar dois objetos separados por uma distância angular de um segundo de arco, é necessário que o instrumento óptico possua uma objetiva superior a 138 milímetros ($D > 138 \text{ mm}$).

Outro fator determinado pela Objetiva é a distância focal (F). Ela é a distância (em mm) entre a abertura e o ponto focal, região em que os raios de luz inicialmente paralelos convergem para um único ponto. Quanto maior for a distância focal, maior será a ampliação do telescópio e/ou lente e conseqüentemente menor será o campo de visão (região do céu fotografada). A Figura 16 mostra como o ângulo de visão varia para determinadas milimetragens de lentes fotográficas.

Figura 16: Distancia focal e ângulo de visão



Fonte: Thedarkroom (Adaptada)

Outro fator que faz o campo de visão variar é o tamanho do sensor da câmera. Pode-se então calcular este ângulo utilizando a seguinte equação:

$$\theta = 2 \tan^{-1}\left(\frac{h}{2f}\right) \quad (3)$$

Onde:

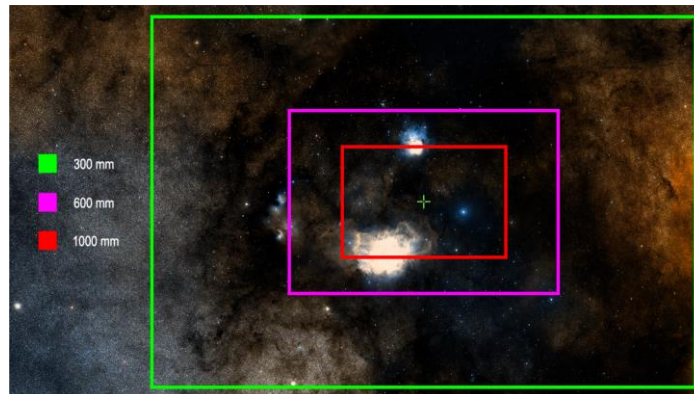
$f \rightarrow$ Comprimento focal da objetiva;

$h \rightarrow$ Tamanho do sensor da câmera.

Assim, o ângulo de visão é diretamente proporcional ao tamanho do sensor e inversamente proporcional à distância focal. Desta forma, para fotografar regiões extensas do céu, como o arco da Via Láctea, é necessário utilizar lentes de distância focal curta para que se possa registrá-la por completo em uma única foto.

A Figura 17 ilustra como o campo de visão varia com o aumento da distância focal de um telescópio utilizando um mesmo sensor (h constante).

Figura 17: Campo de visão para telescópios de diferentes distâncias focais



Fonte: Telescopius (Adaptada)

Destacado em verde, rosa e vermelho, tem-se respectivamente o campo de um telescópio de 300 mm, 600 mm e 1000 mm de comprimento focal. Ao dobrar a distância focal, o campo de visão é reduzido pela metade. Essa redução do campo permitirá que estruturas celestes de tamanho angular pequeno e detalhes imperceptíveis em baixas distâncias focais sejam capturados.

A partir da abertura e da distância focal, determina-se a terceira característica da objetiva. Chamada de razão focal (F), ela é que indica o quão brilhante é a imagem de um telescópio ou lente. Ela é obtida a partir da razão entre o diâmetro da objetiva (D) e sua respectiva distância focal (f).

$$F = \frac{D}{f} \quad (4)$$

Onde:

$D \rightarrow$ Tamanho do sensor da câmera (em mm);

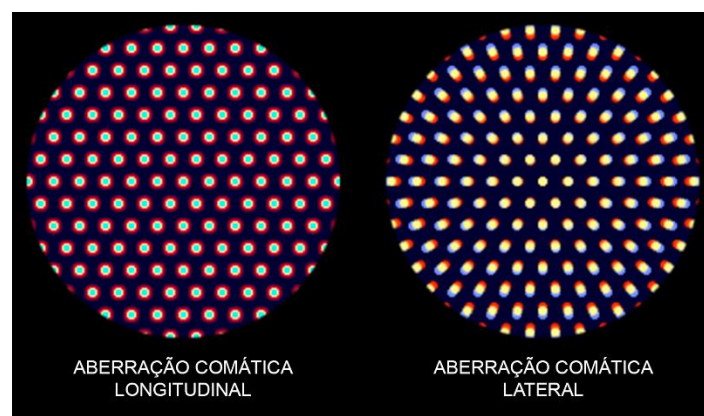
$f \rightarrow$ Distância focal da objetiva (em mm).

A razão focal é normalmente escrita como (f/n ou F_n). Quanto menor o valor de n mais luminoso será o telescópio, ou seja, mais rápido ele será para obtenção de dados. Dessa forma, uma objetiva que possui 150 mm de abertura e 750 mm de distância focal, terá como razão focal $f/5$ (ou $F5$).

Segundo Andolfato (2018) um telescópio de menor razão focal necessita de um processo de produção muito mais aprimorado do que telescópios de razão focal maior e por isso são muito mais caros ou terão uma qualidade de imagem inferior. Essas imperfeições na estrutura da objetiva e o material utilizado são os responsáveis pelo surgimento de defeitos na imagem, as chamadas aberrações ópticas.

Em telescópios onde a luz atravessa de um meio para o outro (ex.: ar-vidro), é comum observar o surgimento de regiões coloridas ao redor de estrelas, planetas e demais astros brilhantes (ver Figura 18). Este defeito é chamado de aberração cromática, onde se a luz incidente é branca, formam-se imagens em pontos diferentes para as diferentes cores que a compõem (NUSSENZVEIG, 2014). Esta aberração pode se apresentar na astrofotografia de duas maneiras, na forma longitudinal e/ou na forma lateral.

Figura 18: Tipos de aberração cromática

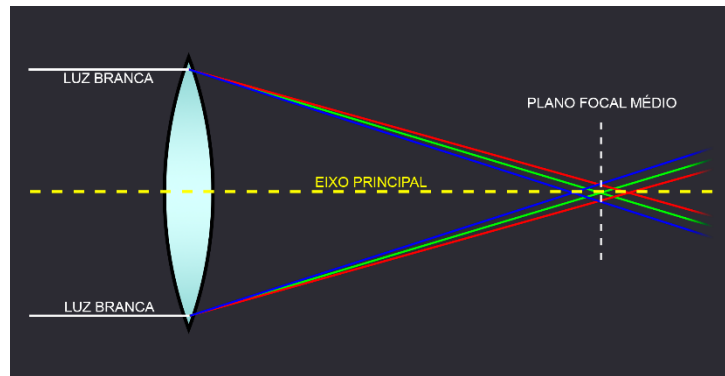


Fonte: Handprint (Adaptada)

A aberração cromática longitudinal (ACL), também chamada de axial, ocorre quando a luz (composta por diferentes comprimentos de onda) refrata e se dispersa ao passar de um meio para outro. Esse comprimento de onda, por depender do meio, faz a velocidade de propagação ser alterada. Assim, conforme mostra a Figura 19, ao

passar de uma região menos refringente para uma mais refringente a onda de maior comprimento (regiões próximas ao vermelho) sofrerão menor desvio em comparação a ondas de menor comprimento (violeta).

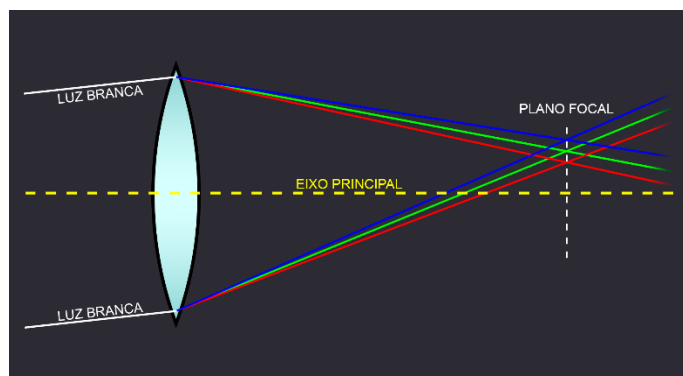
Figura 19: Aberração cromática longitudinal



Fonte: Autoria própria

Desse modo, as cores que compõe a luz branca passarão a ter pontos de foco distintos ao longo do eixo óptico. Já a aberração cromática transversal (ACT) ou lateral, ocorre quando a luz não atinge obliquamente a superfície da lente objetiva. O defeito na imagem é ocasionado pelos mesmos princípios da ACL, entretanto, conforme mostra a Figura 20, os diferentes comprimentos do espectro apresentarão pontos focais distintos localizados lateralmente ao eixo óptico.

Figura 20: Aberração cromática transversal



Fonte: Autoria Própria

Dessa forma objetos localizados próximos a borda da imagem sofrem com maior intensidade dessa aberração, podendo ter até sua imagem triplicada.

5 TIPOS DE ASTROFOTOGRAFIA

Para os astrofotógrafos, o universo é uma espécie de laboratório cósmico, onde cada estrutura celeste torna-se alvo de estudo e de inspiração. Entretanto, devido a diversificação de equipamentos utilizados para essa prática e complexidades dos objetos celestes (como tamanho, magnitude e movimento aparente), faz-se necessária a divisão da astrofotografia em categorias para um melhor aproveitamento de seus instrumentos ópticos. Assim, classifica-se então a fotografia dos astros em Grande Campo, Sistema Solar e Objetos de Céu Profundo.

5.1 Grande campo

Sabe-se que observar o céu noturno em locais afastados de grandes centros urbanos possibilita ao observador uma excelente experiência de observação de milhares de estrelas, onde cada uma delas pertence a uma constelação. Para um observador que mora em um sítio ou em zona rural por exemplo, verá com o passar dos meses que a configuração dessas constelações no céu muda. A depender da época do ano, este mesmo observador poderá ver a Via Láctea, uma “mancha” em tons de cinza que percorre todo o céu e que apresenta algumas regiões escuras.

Como o próprio nome sugere, a astrofotografia de Grande Campo (*Wide Field*) refere-se a captura de uma ampla região da esfera celeste. Dentre as classificações, é considerada a mais fácil e acessível, uma vez que é possível realizá-la utilizando equipamentos simples e de fácil acesso, como por exemplo os smartphones. Dessa forma, a astrofotografia de Grande Campo é, na maioria das vezes, o ponto de partida para quem deseja explorar o universo através de uma câmera.

É possível então notar que, através dos registros de campo amplo, a astrofotografia pode ser uma aliada na verificação dessas mudanças, além de auxiliar por exemplo, na compreensão dos movimentos de nosso planeta através da análise de movimento aparente de estrelas no céu noturno, identificar os polos celestes e coordenadas geográficas (linha do equador e trópicos), além de ser possível analisar as nebulosas e aglomerados que estão distribuídos pela esfera celeste. Desse modo, por ser bastante abrangente, este campo é dividido em Astrofotografia de Paisagem, Via Láctea e *Star Trail* (rastro de estrelas).

Assim, para realizar este tipo de registro, utilizam-se geralmente lentes grande

angular e ultra grande angular, que possuem um campo de visão bastante amplo capaz de captura total o parcial de uma área do céu; dispositivos que permitem fazer fotografias por longas quantidades de tempo (DSLR, *Mirrorless* e *Smartphones*), o que possibilita uma grande aquisição de dados de objetos mais tênues; tripé para acoplar o dispositivo de captura, o que oferece uma maior estabilidade e maior mobilidade (facilidade de apontamento/enquadramento); e um local com baixo índice de poluição luminosa (o que é o diferencial para se obter uma imagem de qualidade e rica em detalhes).

5.1.1 Paisagem

Na astrofotografia de paisagem, o principal objetivo é fazer uma composição fotográfica onde o céu noturno e paisagens (naturais e/ou antrópicas) possua um enquadramento o mais harmônico possível, a fim de que a imagem final possa proporcionar uma visão única e impactante para o público. A figura 21 mostra um exemplo de Astrofotografia onde tem-se a composição entre um campo verde, uma árvore e o complexo de nuvens moleculares presentes na constelação de Orion, uma região do meio interestelar que possui diversas nebulosas ricas em hidrogênio ionizado (HII).

Figura 21: Constelação de Órion à Leste



Fonte: NASA/Carlos Fairbairn

Outro tipo de imagem que pode ser feita é o enquadramento entre paisagens terrestres e algumas galáxias, como a Galáxia de Andrômeda, Galáxia do Triângulo e as Nuvens de Magalhães (que são duas galáxias satélites da nossa galáxia, a Via Láctea). Isto só é possível em razão destas estruturas (presentes no Grupo Local) apresentarem um diâmetro angular considerável, que, ocupando uma porção considerável da esfera celeste, não necessitam de lentes ou telescópios de distâncias focais longas para serem registradas.

A figura 22 exemplifica esta situação onde a Grande Nuvem de Magalhães (LMC) e Pequena Nuvem de Magalhães (SMC) estão em composição com o horizonte Sul do deserto do Atacama no Chile.

Figura 22: Nuvens de Magalhães sobre o Chile



Fonte: NASA/Felipe Mac Auliffe López

5.1.2 Via Láctea

A nossa galáxia, a Via Láctea, é formada por bilhões de estrelas e nuvens de gás e poeira cósmica. Por estarem inseridos “dentro” dela, os observadores aqui da Terra possuem visão limitada dos elementos e estruturas celestes que a compõe.

Dentre toda sua extensão, a região que mais se destaca é o Centro Galáctico

(porção superior da figura 23), onde se tem uma maior concentração de campos estelares e de nebulosas em contraste com o céu. No Hemisfério Sul (HS) a melhor época para observar essa região é durante o inverno, onde o Centro Galáctico fica visível no céu durante toda a noite.

Figura 23: Mosaico da porção visível da Via Láctea ao longo do ano



Fonte: NASA/Alvin Wu

Por apresentar um brilho bastante tênue e ocupar uma vasta área na esfera celeste, a Via Láctea é um alvo desafiador, onde é necessário se deslocar para locais com baixa poluição luminosa e escolher noites na qual que o céu apresente uma boa transparência. Para captura-la em todo seu esplendor, os astrofotógrafos utilizam lentes distância focal curta compreendidas entre 1-35 mm, o que permite registrar um campo de visão compreendido entre 64° e 180° da esfera celeste (ver figura 24).

Outra maneira de se conseguir uma imagem do Centro Galáctico por completo é utilizando técnicas fotográficas mais avançadas chamadas de panorâmica e mosaico, conforme mostra a figura 25. Ambas as técnicas consistem em fotografar dois ou mais quadros do céu noturno para que na etapa de processamento esses quadros sejam empilhados formando uma única foto. A vantagem destas técnicas é que o astrofotógrafo pode utilizar lentes de comprimento focal padrão (36-55 mm) onde, as imagens produzidas, possuirão maior nitidez e detalhes.

Figura 24: Fotografia do Centro Galáctico a partir de uma lente grande angular



Fonte: NASA/Serge Brunier

Figura 25: Panorâmica da Via Láctea sobre Deadvlei (Namíbia)



Fonte: NASA/Stefan Liebermann

Dessa forma é possível, por exemplo, enquadrar todo o arco central da nossa galáxia com longas cadeias montanhosas, desertos e planícies.

5.1.3 *Star Trails*

Há muito se sabe que a Terra não é um planeta estático no universo. Ela é um corpo dinâmico provido de diversos movimentos como rotação, translação e

precessão. Uma consequência da sua rotação (de Oeste para Leste) é o movimento aparente dos astros na esfera celeste, onde as estrelas, planetas e o Sol, apresentam um movimento de Leste para Oeste chamado em Astronomia por movimento diurno dos astros. A figura 26 mostra tentativa de registrar esta dinâmica celeste surge os *Star Trails* (ou rastros de estrelas).

Figura 26: Rastro de estrelas sobre o Observatório Haute-Provence (França)



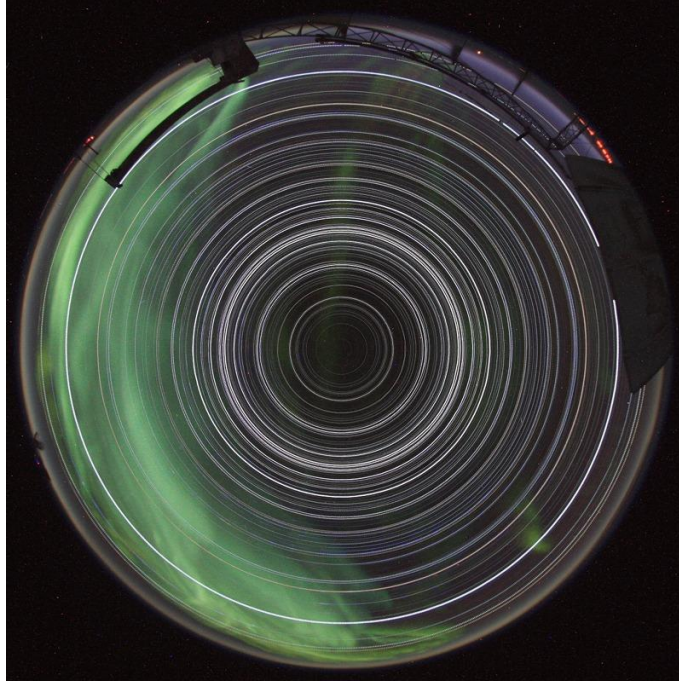
Fonte: NASA/Alexandre Santerne

Além do movimento diurno dos astros, é possível identificar através dos *Star Trails*, algumas linhas e pontos importantes na astronomia de posição. Pode-se localizar o equador celeste (região em que o plano do equador intercepta a esfera celeste), o meridiano local, a latitude em que o registro foi realizado e o polo celeste.

Para realizar este tipo de astrofotografia deixa-se a câmera apontada fixamente para uma determinada direção do céu onde são feitas diversas capturas de longa exposição. Quanto mais tempo a câmera permanecer fazendo registros do céu, maior serão os rastros destes astros. Assim, caso o astrofotógrafo faça uma seção de seis horas de captura, as estrelas formarão uma trilha de 90° , onde a cada hora os astros percorrem 15° na esfera celeste.

A figura 27 mostra um registro feito no *Martin A. Pomerantz Observatory* (MAPO) localizado no Polo Sul, onde é possível notar que nesta latitude os astros nunca se põem no horizonte. Além disto, nota-se que os rastros de estrelas formam uma circunferência completa. Isto indica que o registro foi realizado durante um período de 24 horas.

Figura 27: Rastros de Estrelas no Polo Sul.



Fonte: NASA/Robert Schwarz

6 METODOLOGIA DE APLICAÇÃO

Do Ensino Fundamental (Anos Iniciais) ao último ano do Ensino Médio, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) contempla conteúdos de Astronomia que vão desde o estudo de características atreladas ao planeta Terra a evolução de estruturas mais complexas presentes no universo. Apesar disso, e dos livros didáticos, é necessário, a partir da autonomia do professor, o desenvolvimento de atividades, experimentos e projetos que possam tornar melhor compreensível esse conteúdo, que é difícil de ser abstraído pelos estudantes (CARDOZO, 2022).

Com base nisto e em atividades desenvolvidas ao longo do curso de Licenciatura em Física juntamente ao Grupo Observacional de Astronomia (GOA), propõe-se a criação de roteiros voltados para ensino e divulgação da astronomia que podem ser utilizados dentro do âmbito escolar como em espaços não-formais. A tabela abaixo mostra a divisão do roteiro e suas respectivas finalidades:

Tabela 1: Divisão do Roteiro

TIPO DE ASTROFOTOGRAFIA	Esta área será utilizada para introduzir a técnica de astrofotografia que será empregada para realizar a prática.
OBJETIVOS	Esta seção mostrará o objetivo geral e específico que os participantes devem alcançar ao final da prática.
MATERIAIS	Nesta parte será listado os materiais básicos que devem ser usados para desenvolver a atividade.
METODOLOGIA	Será mostrado o passo a passo da aplicação do roteiro evidenciando o método de aquisição e processamento de dados.
RESULTADOS ESPERADOS	Esta área descreverá qual conhecimento a aplicação deste roteiro deve levar para o(s) participante(s).

Fonte: Autoria própria

Foi necessário então fazer um apanhado sobre os conteúdos que poderiam ser abordados através dos diferentes tipos de fotografias celestes, de modo que o processo de ensino de astronomia pudesse ser facilitado mediante a aplicação desta monografia. Assim, foi feito um levantamento a partir de conteúdos abordados em livros, revistas e artigos, interligando-os à astrofotografia.

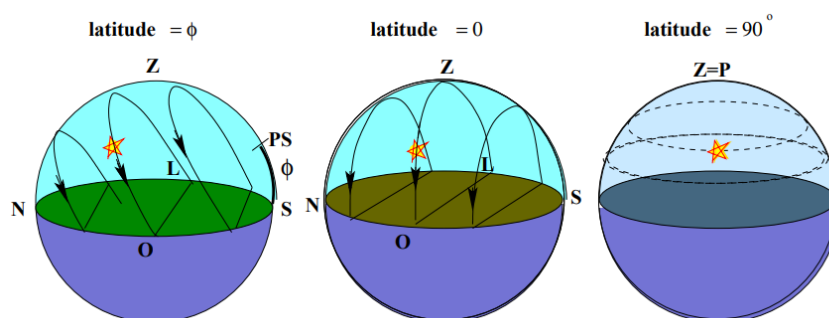
6.1 Evidenciando o movimento aparente dos corpos celestes

Ao observar o céu em locais sem obstruções no horizonte, é possível notar que os astros no céu estão “fixos” em uma espécie de cúpula chamada esfera celeste. Caso o observador permaneça nesta local somente por alguns minutos, não será possível verificar uma alteração significativa da posição dos astros no céu. Entretanto, se passados algumas horas, o mesmo poderá verificar que as estrelas mudaram de posição, algumas surgiram a leste e outras desapareceram a oeste.

Segundo Oliveira e Saraiva (2014) isso causa a impressão de que a esfera celeste está girando de leste para oeste, em torno de um eixo imaginário, que intercepta a esfera em dois pontos fixos, os polos celestes. Este movimento de rotação da esfera é chamado movimento diurno dos astros e é causado pela rotação da Terra (que ocorre de oeste para leste).

Outra observação que pode ser feita com relação a rotação da Terra dos astros é a variação do movimento dos astros para diferentes latitudes do globo, conforme mostra a figura 28.

Figura 28: Movimento dos astros em diferentes latitudes



Fonte: OLIVEIRA, 2014

Tabela 2: Exemplo de roteiro para a verificação do movimento diurno dos astros

TIPO DE ASTROFOTOGRAFIA	O <i>Star Trail</i> é uma técnica de astrofotografia que consiste em deixar a câmera fazendo registros de longa exposição do céu com a finalidade de registrar o rastro gerado pelas estrelas durante uma noite.
OBJETIVOS	Mostrar que é possível evidenciar o movimento diurno dos astros, verificar que as estrelas descrevem arcos paralelos ao equador e mostrar que elas giram em torno de um ponto no céu.
MATERIAIS	Celular, tripé e computador.
METODOLOGIA	Em um local sem casas ou prédios que possam prejudicar a observação do horizonte, posicione o smartphone (ou uma câmera DSLR) sobre o tripé e aponte este conjunto para a direção celeste Sul. Em seguida programe seu dispositivo para realizar seguidas capturas (de 30 segundos) durante um intervalo superior a uma hora. Após essa seção de fotos, leve as imagens adquiridas para o software <i>StarStaX</i> e faça o empilhamento destes registros. Após isso, faça uma discussão sobre a imagem final evidenciando Polo Celeste Sul, a latitude local e o equador celeste.
RESULTADOS ESPERADOS	Espera-se que a partir da imagem gerada os estudantes e outros entusiastas possam compreender a dinâmica da esfera celeste e interpretem que este movimento está atrelado à rotação da Terra.

Fonte: Autoria própria

A figura 29 mostra a imagem produzida através da atividade proposta pelo roteiro utilizando uma câmera DSLR, tripé e um notebook.

Figura 29: Star Trail da região do polo Sul



Fonte: Autoria própria

6.2 Astrofotografia como aliada ao estudo de Júpiter

Júpiter é o segundo maior corpo celeste do Sistema Solar. Sua atmosfera é dinâmica e apresenta uma infinidade de características físicas e químicas que podem ser observadas através de um telescópio. Ele [...] possui uma superfície com manchas e faixas bem coloridas, onde predominam os tons vermelhos, laranja, castanho e amarelo (SOBRINHO, 2012).

Dentre suas principais características observacionais estão seu período de rotação (~10 horas), as faixas equatoriais e a grande mancha vermelha, uma tempestade observada pela primeira vez no século XVII e que está presente em sua atmosfera até os dias de hoje. Além disso, este planeta é famoso pelo seu sistema de satélites naturais onde quatro de suas principais luas podem ser vistas mesmo de pequenos telescópios.

Arelada a Planetologia, a astrofotografia planetária pode ser utilizada para mostrar detalhes e alterações em sua atmosfera que são imperceptíveis durante uma sessão de observação astronômica. Assim, utilizando equipamentos disponibilizados pelo GOA desenvolveu-se o seguinte roteiro apresentado na tabela 3 para analisar as principais características desse planeta.

Tabela 3: Exemplo de roteiro para estudo da atmosfera de júpiter

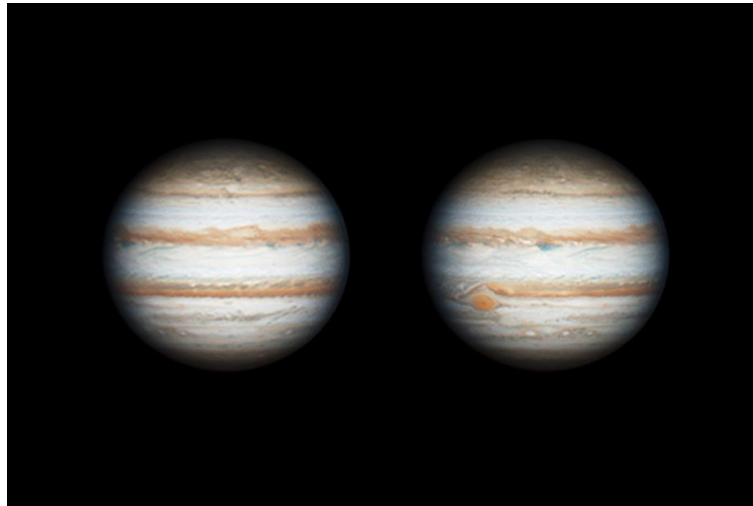
TIPO DE ASTROFOTOGRAFIA	A astrofotografia planetária é uma técnica de captura de alta velocidade que utilizada da filmagem dos astros para driblar as distorções causados pela da atmosfera terrestre.
OBJETIVOS	Verificar a rotação e as alterações das nuvens e tempestades presentes na atmosfera de Júpiter.
MATERIAIS	Câmera planetária, telescópio, montagem altazimutal (motorizada e com GoTo) e notebook.
METODOLOGIA	Com a câmera acoplada ao telescópio, utilize o software <i>SharpCap</i> para filmar o planeta durante um minuto. Após duas horas, torne a filmar novamente Júpiter por um minuto. Feito isto, utilize o programa <i>PIPP</i> para alinhar os frames obtidos durante as filmagens. Em seguida, leve os dados adquiridos para o software <i>AutoStakkert</i> para empilhar os frames. Por fim, coloque o arquivo gerado pelo empilhamento ao Software <i>RegiStax 6</i> para realçar os detalhes das nuvens presentes na atmosfera de Júpiter.
RESULTADOS ESPERADOS	Espera-se que a partir da imagem gerada se possa compreender a dinâmica do planeta Júpiter e interprete como a atmosfera terrestre afeta as imagens astronômicas.

Fonte: Autoria própria

A figura 30 mostra a imagem que pode ser obtida utilizando as técnicas abordada no roteiro. Para esta fotografia de Júpiter foram utilizadas uma câmera

planetária e um telescópio modelo Schmidt-Cassegrain (203/2032), ambos equipamentos pertencentes ao GOA.

Figura 30: Registro do planeta júpiter

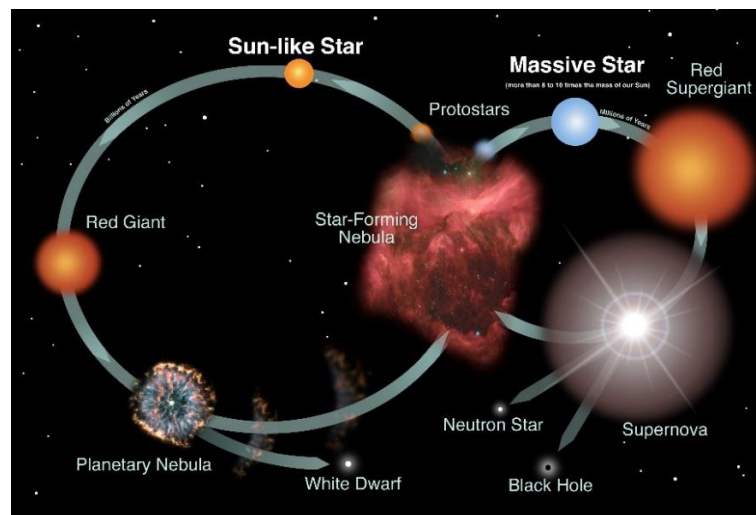


Fonte: Autoria própria

6.2.3 Verificando uma etapa do ciclo de vida estelar

Dentre suas principais etapas evolutivas estão as regiões de formação estelar, o colapso gravitacional da nuvem de gás e poeira, a evolução da estrela e o fim da vida de uma estrela. A figura 31 mostra de maneira simplificada essas etapas supracitadas

Figura 31: Diagrama do ciclo de vida estelar



Fonte: NASA

Tabela 4: Exemplo de roteiro para verificar uma etapa do ciclo de vida estelar

TIPO DE ASTROFOTOGRAFIA	A astrofotografia de céu profundo busca registrar através da fotografia de longa exposição corpos celestes (praticamente imperceptíveis ao olho humano) fora do sistema solar.
OBJETIVOS	Verificar que é possível registrar e estudar etapas do ciclo de vida estelar utilizando equipamentos simples
MATERIAIS	Câmera, telescópio, montagem equatorial (motorizada e com <i>GoTo</i>), notebook e bússola.
METODOLOGIA	Com o auxílio da bússola, alinhe a montagem para a direção do polo sul. Em seguida, utilize o programa <i>NINA</i> para ajustar o eixo de ascensão reta e declinação para o local em que o registro será realizado. Com a câmera acoplada ao telescópio, realize uma sequência fotos de longa exposição (30 segundos ou superior) durante uma hora. Encerrada a seção, pegue os dados de captura e os leve para o programa <i>DeepSkyStacker</i> (DSS) para realizar o empilhamento. Por fim, leve o arquivo final para um software de edição de imagem para realizar o tratamento e realces dos dados obtidos.
RESULTADOS ESPERADOS	Espera-se que a partir desta prática os professores e alunos possam verificar que a utilização de equipamentos simples pode proporcionar um avanço no conhecimento acerca da evolução estelar.

Fonte: Autoria própria

A figura 32 mostra o registro da grande nebulosa de Órion (M42 ou NGC 1976). Ela é uma nebulosa de emissão onde em seu interior há a formação de novas estrelas (berçário estelar). Este registro foi feito utilizando uma câmera dedicada, um telescópio apocromático e uma montagem equatorial motorizada.

Figura 32: Grande nebulosa de Órion



Fonte: Autoria própria

6.2.4 Outras sugestões de temas que podem ser utilizadas na criação de novos roteiros

A tabela 5 apresenta sugestões de temas por tipo de astrofotografia com a finalidade do professor ou astrofotógrafo ter total autonomia na elaboração de novos roteiros para serem implementados dentro e fora do âmbito escolar.

Tabela 5: Outras sugestões de roteiro

TIPO DE REGISTRO	TEMA CENTRAL	OBJETIVO
Grande Campo	Via Láctea	Classificar as diferentes nebulosas e aglomerados estelares presentes na porção central da nossa galáxia

Grande campo	Esfera Celeste	Verificar como os planetas e constelações mudam de posição ao longo do ano.
Planetária	Vênus	Registrar e interpretar as diferentes fases de Vênus com base na sua posição ao longo de sua órbita ao redor do Sol.
Planetária	Saturno	Evidenciar as principais características do planeta e seu sistema de anéis.
Céu Profundo	Galáxias	Classificar as galáxias com base em sua forma e característica do disco.
Céu Profundo	Aglomerados Estelares	Comparar os diferentes tipos de aglomerados apontando suas principais características, formas de organização e cores.

Fonte: Autoria própria

8 CONCLUSÃO

A astrofotografia foi um meio precursor utilizado pelos cientistas no desenvolvimento e aprimoramento das técnicas de se estudar o universo. Ademais, mostrou-se que ela estava atrelada de maneira direta ou indireta das áreas de estudo da Astronomia que são utilizadas ainda hoje como a espectroscopia e astrometria.

Também foi percorrido sobre os equipamentos utilizados atualmente por astrônomos amadores para realizar fotografias e estudo do céu. Além disso, mesmo que utilizando as técnicas simples, verificou-se a importância e o leque de possibilidades atreladas ao ensino e a divulgação que a astrofotografia pode proporcionar para um professor. Assim, os roteiros desenvolvidos não apenas fornecem orientações práticas para a captura de imagens astronômicas utilizando equipamentos de fácil acesso, mas também sugerem atividades pedagógicas que exploram os fenômenos astronômicos representados nas fotografias, proporcionando uma abordagem interdisciplinar para o ensino de ciências, integrando conceitos de física, matemática, geografia e até mesmo arte.

Portanto, conclui-se que os roteiros desenvolvidos neste trabalho não apenas enriquecem o ensino de astronomia nas escolas, mas também contribuem significativamente para a divulgação científica, ampliando o acesso ao conhecimento astronômico e promovendo uma maior conscientização sobre a importância da ciência no nosso cotidiano e na compreensão do universo.

REFERÊNCIAS

- ANDOLFATO, Rodrigo. **Astrofotografia Prática: O Guia da Fotografia do Universo**. Joinville, SC: Clube de Autores, 2018. E-book (535p.) color. Disponível em:
https://www.amazon.com.br/dp/B0B4JGZ8TS?ref_=cm_sw_r_cp_ud_dp_D6E7QRJ3M261A52X58BS. Acesso em: 18 out. 2023.
- AMARAL, Jose Antonio do. **Astrofotografia como estratégia no ensino da astronomia**. 2019. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- BRASIL. Secretaria de Educação Média e Tecnologia. **Parâmetros Curriculares Nacionais. Terceiro e Quarto Ciclos do ensino fundamental – ciências naturais**. Brasília: MEC/SEMTEC, 1998
- BOYD, D. M.; ELLISON, N. B. **Social network sites: Definition, history, and scholarship**. *Journal of computer-mediated Communication*, 13(1), 210-230. 2007.
- CARDOZO, Eduardo Freitas et al. Metodologia de ensino de Astronomia para o ensino fundamental em zonas rurais: observação astronômica simples com abordagem para o estudo da evolução da evolução estelar. 2022.
- CACHAPUZ, Antônio... (et al), (organizadores). **A necessária renovação do ensino das ciências**. 3ª ed. Cortez. São Paulo. 2011.
- DAMINELI, Augusto; STENER, João. **O fascínio do Universo**. São Paulo: Odysseus editora, 2010.
- DA SILVA BARCELLOS, Leandro et al. Astrofotografia. **Cadernos de Astronomia**, v. 2, n. 1, p. 182-182, 2021.
- DE SOUZA OLIVEIRA FILHO, Kepler; SARAIVA, Maria de Fátima Oliveira. **Astronomia e Astrofísica**. Rio Grande do Sul: Livraria da Física, 2014.
- FERREIRA, Lucas; FURTADO, Danilo Arruda. Astrofotografia NA Escola Como Recurso DIDÁTICO de Baixo Custo. **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia**, n. 33, p. 73-105, 2022.
- GALLI, F. C. S. (2004). **Linguagem da Internet: um meio de comunicação global. Hipertexto e gêneros digitais: novas formas de construção de sentido**. Rio de Janeiro, 120-134. Recuperado em 26 out., 2021.
- KRASILCHIK, Myriam. **Prática de Ensino de Biologia**. 4a Edição, Editora USP, São Paulo. 2004.
- Langhi, R. & Nardi, R. (2012). **Educação em astronomia: Repensando a formação de professores**. São Paulo, SP: Escrituras.
- MELO, Wandeclyt Martins de; PALIVANAS, Natália. **Uma Astrofotografia vale por**

mil palavras: Imagens astronômicas na divulgação científica. In: ARNT, Ana de Medeiros; BENTO, Luiz Fernando Jardim; SATO, Eduardo Akio. Caderno de resumos: I Encontro Brasileiro de Divulgadores de Ciências. 1. ed. São Paulo, SP: Instituto Principia, 2023. p. 80-82.

NUSSENZVEIG, Herch Moysés. **Curso de física básica: Ótica, relatividade, física quântica (vol. 4).** Editora Blucher, 2014.

NEVES, Marcos Cesar Danhoni; PEREIRA, Ricardo Francisco. Adaptando uma câmera fotográfica manual simples para fotografar o céu. **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia**, n. 4, p. 27-45, 2007.

PEDROCHI, Franciana; NEVES, Marcos Cesar Danhoni. **Concepções astronômicas de estudantes no ensino superior.** Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias, v. 4, n. 2, p. 1-9, 2005.

PERRENOUD, P. **Dez novas competências para ensinar.** ARTMED. São Paulo. 2000.

RÉ, P. **History Of Astrophotography.** Disponível em: astrosurf.com/re/history_astrophotography_PRe.pdf. Acesso em 17/12/2023.

SANCHES, Paulo. **Telescópios.** Revista de Ciência Elementar, v. 5, n. 1, 2017.

SOBRINHO, José Laurindo de Góis Nóbrega. **Os planetas do Sistema Solar.** Funchal: Universidade da Madeira, 2012.