

A Luz dos Astros e Nós

A Luz dos Astros e Nós

Ramachrisna Teixeira

Letícia Lanza de Oliveira

Danilo Miranda Rodrigues



Copyright © 2025 Ramachrisna Teixeira, Letícia Lanza de Oliveira,
Danilo Miranda Rodrigues

Editores: José Roberto Marinho e Victor Pereira Marinho

Projeto gráfico e Diagramação: Autores

Capa: Autores

Texto em conformidade com as novas regras ortográficas do Acordo da Língua Portuguesa.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Teixeira, Ramachrisna

A luz dos astros e nós / Ramachrisna Teixeira, Letícia Lanza de Oliveira,
Danilo Miranda Rodrigues - São Paulo: LF Editorial, 2025.

ISBN: 978-65-5563-657-4

1. Astronomia 2. Astronomia - Observações - Manuais, guias, etc.
3. Céu 4. Conhecimento 5. Humanidade I. Oliveira, Letícia Lanza de. II.
Rodrigues, Danilo Miranda. III. Título.

25-306261.0

CDD: 523

Índices para catálogo sistemático:

1. Astronomia observacional 523

Eliane de Freitas Leite – Bibliotecária – CRB-8/8415

ISBN: 978-65-5563-657-4

Todos os direitos reservados. Nenhuma parte desta obra poderá ser reproduzida sejam
quais forem os meios empregados sem a permissão dos autores. Aos infratores aplicam-se
as sanções previstas nos artigos 102, 104, 106 e 107 da Lei n. 9.610, de 19 de fevereiro de 1998.

Impresso no Brasil | *Printed in Brazil*



LF Editorial

Fone: (11) 2648-6666 / Loja (IFUSP)

Fone: (11) 3936-3413 / Editora

www.livrariadafisica.com.br | www.lfeditorial.com.br

CONSELHO EDITORIAL

Amílcar Pinto Martins

Universidade Aberta de Portugal

Arthur Belford Powell

Rutgers University, Newark, USA

Carlos Aldemir Farias da Silva

Universidade Federal do Pará

Emmánuel Lizcano Fernandes

UNED, Madri

Iran Abreu Mendes

Universidade Federal do Pará

José D'Assunção Barros

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Luis Radford

Universidade Laurentienne, Canadá

Manoel de Campos Almeida

Pontifícia Universidade Católica do Paraná

Maria Aparecida Viggiani Bicudo

Universidade Estadual Paulista - UNESP/Rio Claro

Maria da Conceição Xavier de Almeida

Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Maria do Socorro de Sousa

Universidade Federal do Ceará

Maria Luisa Oliveras

Universidade de Granada, Espanha

Maria Marly de Oliveira

Universidade Federal Rural de Pernambuco

Raquel Gonçalves-Maia

Universidade de Lisboa

Teresa Vergani

Universidade Aberta de Portugal

Para minha esposa Margarida e nossos filhos Gabriel e Lucas pelo amor, carinho e companhia ao longo de todos esses anos. Para meus pais, Thereza Porto Teixeira e Joaquim Teixeira, de quem herdei a paixão pelo conhecimento. Para minha irmã, Ercília Teixeira, pela total devoção. (Ramachrisna)

Para meu parceiro Leonardo e minha mãe Tatiana Lanza, pelo apoio e parceria em todas as minhas empreitadas. (Leticia)

Para minha esposa Denise e nosso filho Lucas, companheiros de todos os momentos e motivações para seguir sempre em frente. (Danilo)

CONTEÚDO

Prefácio	3
Introdução	5
1 O que sabemos hoje?	8
2 A Luz	13
3 Observação astronômica científica	17
4 O céu a olho nu	23
5 O céu nas antigas civilizações	32
6 O céu na Grécia Antiga	37
7 O céu na Renascença (sec. XIV-XVII)	46
8 O céu dos séculos XVIII e XIX	56
9 O céu da primeira metade do século XX	66
10 O céu da segunda metade do século XX	76
11 O céu do século XXI	84
12 O Sistema Solar e outros sistemas planetários	92
13 E nós?...	96
Agradecimentos	100

PREFÁCIO

O título deste livro traduz a intenção de, ao mesmo tempo, mostrar a importância essencial das observações astronômicas na construção do que sabemos a respeito do Universo e, sobretudo, de explicitar uma das páginas mais belas do **Conhecimento Humano**: a relação “*umbilical*” que temos com as estrelas.

Por um lado, “**A Luz dos Astros**” nos lembra que a Astronomia é uma Ciência observacional. O que sabemos tem como base a observação que fazemos do céu, ou seja, a coleta e análise da **luz dos astros**. As observações são tão importantes para a Astronomia que poderíamos defini-la como a **Ciência que estuda a luz dos astros**.

São as observações cuidadosas e sistemáticas, desde aquelas mais antigas e grosseiras até as mais modernas e sofisticadíssimas, que reforçam ou enfraquecem, que sustentam ou derrubam o conhecimento que temos. A discordância entre aquilo que observamos e o que esperamos observar segundo nossos conhecimentos, pode provocar verdadeiras revoluções, com substituições de visões de mundo fortemente estabelecidas e arraigadas. São justamente esse compromisso com o que observamos e essa flexibilidade que estabelecem um importante diferencial entre a Ciência e outras formas de compreensão do mundo, sendo também determinantes para a sua ampla aceitação.

Por outro lado, “**Nós**” traduz a relação íntima que temos com o brilho dos astros. Como sabemos hoje, só estamos aqui **graças ao brilho das estrelas**. As estrelas brilham e evoluem (“vivem”) à custa da produção dos núcleos dos elementos químicos, à exceção do hidrogênio e de parte do hélio, que compõem o Universo, incluindo **nós mesmos** e tudo aquilo de que precisamos para estarmos aqui. Os núcleos dos elementos presentes em nossos corpos, no ar que respiramos, nos alimentos que ingerimos etc. foram, e são, produzidos no interior das estrelas como consequência do processo físico que lhes dá brilho e “vida”: a **fusão nuclear**.

E o que torna tudo isso ainda mais incrível é que **só sabemos disso** porque coletamos e analisamos a luz que elas emitem, ou seja, **porque as estrelas brilham**.

Porém, isso não é tudo: essa constatação vai ainda mais longe, e o “**Nós**” traduz, também, o fato de que somos **nós** que estamos aqui observando e estudando a **luz dos astros** e, dessa forma, tomando consciência da nossa existência e daquela do próprio Universo. Esse detalhe torna-se ainda mais *sui generis* se levarmos em conta a possibilidade de que essa experiência pode ser única em todo o Universo — pelo menos é assim até onde sabemos atualmente.

Também não podemos nos esquecer do quanto a **luz dos astros** influenciou, e ainda influencia, nossas vidas aqui na Terra. Inspirou o surgimento da Ciência e o seu desenvolvimento e, conseqüentemente, a maneira como nos relacionamos com o mundo.

Além disso, deu importante suporte ao desenvolvimento humano e à organização das sociedades.

Buscamos, também, aqui, auxiliar o leitor a organizar o que sabe e a encaixar a enorme quantidade de informações que recebe quase que diariamente a respeito de fenômenos naturais e dos avanços da Ciência, sobretudo astronômicos, em um contexto. Esperamos inspirá-lo e motivá-lo a buscar outras fontes e mais detalhes nesse riquíssimo mundo do **Conhecimento Científico**.

A linguagem utilizada é tão precisa quanto possível para um texto de divulgação científica voltado ao grande público.

As teorias desmoronam, mas as boas observações nunca se apagam.
Harlow Shapley

INTRODUÇÃO

É impossível imaginar **não observar o céu**. Observar o céu nos parece naturalmente inevitável. O céu nos encanta. Como não parar para admirar o nascer de uma lua cheia ou um pôr de sol? Como não se encantar com um céu estrelado, daqueles que, infelizmente, já não estão mais tão disponíveis assim, exigindo que nos desloquemos para longe das cidades para presenciarmos seu grande espetáculo.

Além do encanto, o céu traz consigo uma ideia de mistério: parece que esconde coisas importantes relacionadas à nossa existência. Não é à toa que o céu tornou-se a morada dos deuses ou de Deus. Há muito tempo, o ser humano busca no céu os segredos de sua existência.

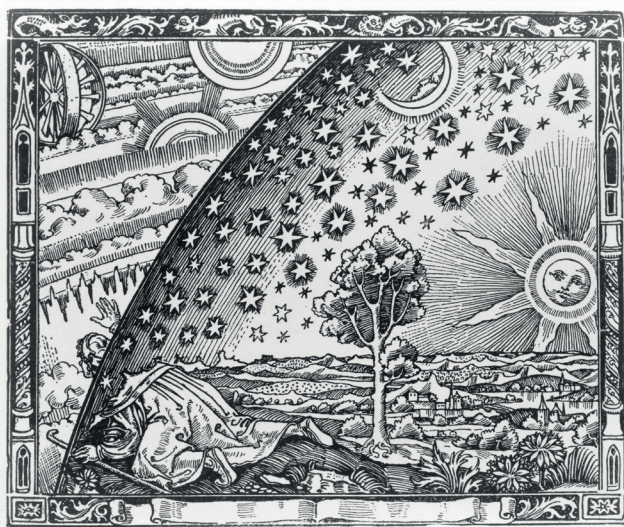


Figura 1 - Figura presente na obra “*A Atmosfera: Meteorologia popular*” na tradução livre do francês. © Domínio público

A Figura 1 acima, extraída de uma gravura em madeira de autor desconhecido, apareceu pela primeira vez no livro “*A atmosfera: meteorologia popular*” de Camille Flammarion com o título “*A forma do céu*”. Ela nos mostra um ser humano atravessando a abóboda celeste e “tomando consciência” do além. Simboliza a curiosidade humana e a busca pelo conhecimento. É bastante emblemática e de certa maneira, traduz a relação entre o Homem e o Universo, foco principal desse texto e expressa a busca pelo conhecimento.

A importância que o céu tem para nós certamente tem alguma relação com o Sol, que nos dá luz e calor. O céu é a morada do Sol. Mas, talvez, nessa relação haja muito

mais do que isso. O céu abriga, também, as estrelas que produzem todo o material necessário para existência da vida. Ainda abriga os restos daquela estrela que, com sua “morte” violenta, semeou o espaço com o material que produziu ao longo de sua “vida” e onde, posteriormente, brotaram o Sol e o seu cortejo de planetas, incluindo o **maravilhoso planeta Terra e nós**.

Somos, de certa forma, filhos do céu.



Figura 2 - Planeta Terra visto da Lua. © Apollo 8 Crew, NASA

Há muitos e muitos anos, como inúmeros colegas no mundo todo, observamos o céu visando contribuir na construção de explicações racionais para os fenômenos celestes e, de maneira bem mais ampla, para o crescimento do **conhecimento científico**.

A Ciência é exatamente isso: **um conjunto de explicações racionais para os fenômenos naturais**. Observamos a natureza e criamos modelos para explicar aquilo que vemos. Enquanto nossas explicações “casam” bem com as observações, acreditamos e aceitamos o modelo tal e qual. Quando esse “casamento” falha, o modelo se enfraquece, sendo, em geral, aperfeiçoado podendo sobreviver ainda por algum tempo para, posteriormente, ser substituído. As **explicações científicas**, mesmo quando bem aceitas, são testadas incessantemente e sujeitas a revisões, ou seja, **nunca são verdades absolutas e inquestionáveis**.

As revisões são, em geral, consequência de novas e melhores observações e, muitas

vezes, representam um grande salto na nossa compreensão do mundo. Há quem diga que jamais provamos que uma teoria está correta, mas, tão somente, que está errada.

Como dito por um dos maiores filósofos da Ciência do século XX, Karl Popper (1902-1994):

*“Quanto mais aprendemos a respeito do Universo e quanto mais aprofundamos nosso conhecimento, nos tornamos mais conscientes daquilo que não sabemos, nos tornamos mais conscientes da nossa ignorância. Assim, aprendemos que **nosso conhecimento é sempre finito, enquanto nossa ignorância é, por natureza, infinita.**”*

O QUE SABEMOS HOJE?

Os seres humanos observam o céu desde tempos imemoriais, muito antes de pensarem que poderiam explicá-lo. Há milhares de anos, tomaram consciência de muitos fenômenos celestes e souberam explorá-los para suas sobrevivências e organizações sociais. Bem mais tarde, voltaram-se para o céu com uma intenção bem diferente: **observá-lo para compreendê-lo e explicá-lo**. Desde então, o conhecimento científico não parou de crescer e evoluir.

Assumindo que o Universo teve um “início”, tudo o que podemos dizer é que, nesses instantes iniciais, ele era extremamente simples, quente, denso e homogêneo. Podemos falar do Universo apenas a partir de uma fração ínfima de segundo após o seu “início”. Nada sabemos a respeito do instante $t = 0$ e do que existia antes. Nem mesmo sabemos se faz sentido ou não pensar em um “antes”.

Desde seu surgimento, o Universo se expande e se resfria. Como consequência, a matéria se organiza, forma estruturas cada vez mais complexas e o Universo se transforma. Nos primeiros instantes, tínhamos uma “sopa” de radiação (fótons) e de partículas elementares (elétrons, quarks etc.) e suas antipartículas. Por volta de 3 minutos, já tínhamos prótons e nêutrons e, conseqüentemente, núcleos de hidrogênio (1 próton), deutério (1 próton e 1 nêutron) e hélio (2 prótons e 2 nêutrons). Esse “3 minutos” pode parecer muito estranho, mas, no mundo das partículas, 3 minutos são uma “eternidade”. Esse intervalo de tempo foi suficiente para que, durante sua evolução, o Universo alcançasse características físicas, densidade e temperatura para que essas partículas derivadas de outras (elementares) se formassem.

A radiação (fótons), “**luz**”, não circulava devido à altíssima densidade e à sua grande interação com as partículas carregadas livres nessa sopa inicial. Dizemos que o Universo era opaco. Somente depois de aproximadamente 300—400 mil anos, como consequência da expansão e resfriamento contínuos, esses núcleos (hidrogênio em sua grande maioria) puderam se juntar aos elétrons e formar átomos de hidrogênio, um pouco de hélio, e traços de lítio. Com a captura de elétrons e conseqüente formação dos átomos, que são eletricamente neutros, a radiação pôde, enfim, circular. Esse é o limite no tempo até onde podemos observar o Universo por meio de radiações eletromagnéticas (“**luz**”). Não podemos “ver” o Universo além desse instante, ou seja, quando ele era mais jovem do que 300 mil anos. Mesmo sem poder observar, a Física anterior a esse limite pode ser estudada em experimentos sofisticadíssimos realizados aqui na Terra, como, por exemplo, no grande acelerador de partículas (LHC - “Large Hadron Collider”) do CERN (“Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire”).

Como dito, ainda hoje, não temos uma Física para explicar o início do Universo. Po-

demos explicá-lo desde uma pequena fração de segundo para cá, para trás não. Quando caminhamos no sentido oposto, em direção ao presente, a situação é completamente diferente e conseguimos entender e explicar o Universo já evoluído, que temos ao nosso redor, de forma muito mais consistente e confiável.

A luz, embora com uma velocidade inimaginável, não se propaga instantaneamente: nós a recebemos somente um certo tempo após sua emissão. Assim, quanto mais distante de nós a luz de um astro foi emitida, mais tempo passará “viajando” até nos alcançar. Portanto, por um lado, as informações da nossa vizinhança nos chegam mais rapidamente (mais próximas do instante de emissão), mantendo-nos sempre informados de tudo que está acontecendo praticamente em “tempo real”. Por outro lado, as “notícias” do que está acontecendo naquelas regiões mais distantes levam muito tempo para chegar até nós, de tal maneira que, quando nos alcançam, já são “notícias” velhas: contam-nos o que acontecia naquela região quando foram enviadas, e não o que está acontecendo no momento em que recebemos a informação.

Devido à grande extensão do Universo, a luz emitida em um certo instante pode levar milhares, milhões ou mesmo bilhões de anos para nos alcançar. Se o Universo for infinito, pode até mesmo nunca nos alcançar. Assim, observar astros cada vez mais distantes é olhar para um passado cada vez mais remoto. Quando olhamos ao nosso redor, vemos o Universo evoluído, **como ele é hoje**, enquanto, quando olhamos para longe, **o vemos como ele era** no momento que a informação que estamos recebendo foi emitida.

Imagine-se olhando um álbum de retratos de família iniciando pelas fotos mais recentes. Assim, nas primeiras páginas verá pessoas conhecidas: irmãos, pais, primos, tios, avós etc. Você mesmo estará em muitas fotos. **Verá como eles são**, pois, as fotos são recentes. À medida que for virando as páginas, **começará a ver como as pessoas eram** e, dependendo do número de páginas já passadas, começará a ver pessoas que já não vivem mais ao seu redor. Mais adiante, verá pessoas com quem você nunca esteve em vida e assim por diante. Até mesmo a maneira de se vestir, os móveis, a paisagem etc., são outras que já não podem mais ser vistas, a não ser nas fotos. Até que chegará um momento em que não existem mais fotos e não é possível ver além daquele instante. As observações que fazemos são dessa forma: basta substituir as páginas do álbum por intervalos de distância.

Nessa analogia, cabe ainda introduzir o fato de que nas primeiras páginas, fotos mais recentes, temos, por exemplo, excelente qualidade, cores e contornos nitidamente definidos. A medida que avançamos em direção ao passado no álbum de fotografias, a exemplo do que acontece com as observações, a qualidade, a nitidez etc. vão diminuindo, as cores desaparecendo e assim por diante. Isso acontece com as observações dos objetos mais distantes que têm qualidade inferior em relação àquelas que fazemos da nossa

vizinhança.

Com a expansão, o Universo continuou se resfriando sem grandes novidades até surgirem as primeiras estrelas, quando sua idade era de 200—300 milhões de anos. Com isso, esse Universo composto essencialmente de hidrogênio, um pouco de hélio, de partículas elementares, de radiação, **matéria e energia escuras** (a serem apresentadas mais tarde) irá, graças às estrelas, sofrer grandes transformações.

As primeiras estrelas surgiram da contração de gigantescas nuvens, compostas essencialmente de hidrogênio e um pouco de hélio, elementos primordiais. Como consequência dessa contração, os átomos são destruídos, restando apenas seus núcleos (prótons e nêutrons) e elétrons livres. Além disso, a temperatura, densidade e pressão em seu interior aumentam tanto a ponto de iniciar um processo de fusão nuclear: em um primeiro momento, fusão de núcleos de hidrogênio em núcleos de hélio, muito parecido com o que ocorre quando uma bomba de hidrogênio explode. No caso de uma estrela como o Sol, seriam milhões de bombas de hidrogênio por segundo.

A fusão do hidrogênio em hélio ocorre com liberação de energia, e a estrela começa, então, a brilhar: “**a estrela nasce**”. Primeiramente, temos a conversão do hidrogênio primordial em hélio e, posteriormente, após milhões ou bilhões de anos, o próprio hélio produzido, e que agora domina o núcleo da estrela, poderá ser fundido em outro elemento mais complexo, como carbono, por exemplo, e assim por diante.

Podemos imaginar uma estrela como uma imensa esfera gasosa, onde cabem milhões e milhões de Terras, e que “vive se equilibrando” entre uma tendência de explodir pela liberação de energia gerada em seu núcleo e uma tendência de cair (ir para o centro), colapsando-se devido à gravidade, como uma implosão.

Algumas estrelas, no final de suas vidas, se desequilibram, implodem e explodem, jogando os núcleos dos diferentes elementos químicos produzidos em seus interiores para o espaço, onde encontram condições de se juntar aos elétrons disponíveis e de formar átomos e mesmo moléculas, orgânicas ou não, inclusive de água. Assim, as gerações seguintes de estrelas, planetas etc., serão formadas nesses ambientes já bastante enriquecidos, onde poderá até surgir a vida.

Essas estrelas com no mínimo em torno de 10 vezes a massa do Sol, ao explodirem, podem brilhar tanto quanto uma galáxia. Nesse processo de “fim de vida”, produzem elementos químicos que vão além do ferro na **tabela periódica**. Esses elementos não podem ser produzidos em uma estrela “comum” como descrito, pois, ao contrário dos anteriores, a fusão do ferro não libera, mas sim consome energia, impedindo a estrela de encontrar o seu equilíbrio. Essas estrelas recebem o nome de **supernovas**.

Na Figura 3, pode-se, com ajuda de um telescópio, ver os restos da explosão de uma

supernova na nossa galáxia. A distância entre dois extremos dessa nuvem é percorrida pela luz em, aproximadamente, 10 anos, ou seja, estão separados por uma distância de 10 **anos-luz** (1 *ano-luz* = *distância percorrida pela luz em 1 ano*). Onde hoje vemos essa nuvem, em 1054, os chineses registraram uma estrela tão brilhante que podia ser vista mesmo durante o dia ao longo de meses.

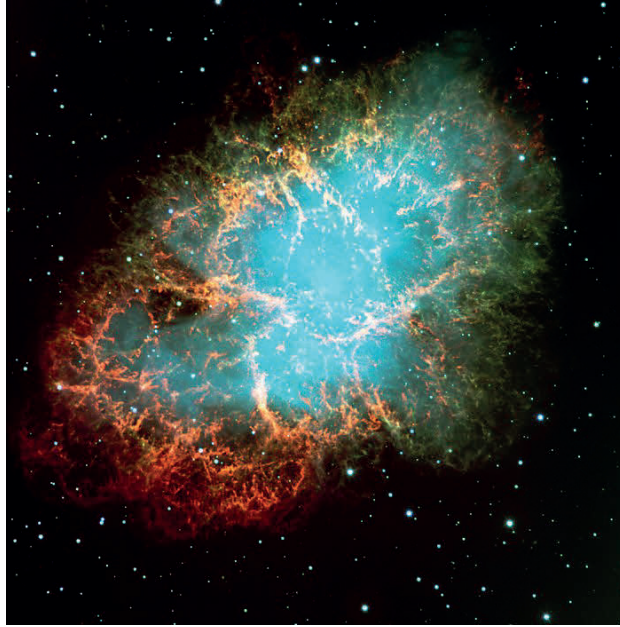


Figura 3 - Nebulosa do Caranguejo - restos da supernova observada pelos chineses em 1054. © NASA, ESA, Hubble, J. Hester, A. Loll (ASU)

Outras estrelas podem “morrer” de forma mais suave, mas, mesmo assim, despejam parte de seu material no espaço. Este será o fim do Sol, que deverá, ao mesmo tempo que sua parte mais interna se contrai, perder sua parte mais externa a qual se expandirá lentamente, enriquecendo o meio com elementos químicos mais complexos que o hidrogênio e o hélio.

Com as estrelas, o Universo mudou de cara e passou a ter uma variedade muito grande de elementos químicos espalhados pelo espaço. Como consequência, quando o Universo tinha em torno de 10 bilhões de anos, o Sol, a Terra e os demais planetas do Sistema Solar se formaram em uma região enriquecida (poluída) pelos restos de outra(s) estrela(s) e o Universo mudou muito novamente: **surgiu a vida aqui na Terra.**

A expansão continuou e continua. Estrelas e planetas continuaram e continuam “nascendo” e “morrendo”, e a vida também evoluiu muito.

Há 7 milhões de anos, aproximadamente, surgiram na África (*Chade, Quênia, Etiópia, Tanzânia, África do Sul*), Europa e Oriente Médio os primeiros hominínios: os primeiros seres da linhagem humana que desenvolveram o bipedalismo e se separaram evolutivamente dos outros primatas (*Sabelanthropus tchadensis, Ardipithecus, Australopithecus, Homo erectus, Homo neanderthalensis e Homo sapiens*). Mais ou menos há 300 mil anos, surgiu a espécie *Homo sapiens*, que ainda hoje está por aqui e, com ela, a curiosidade e a vontade enormes de sabermos nossas origens e destinos.

Novamente, o Universo ganhou uma nova cara. Hoje, conta com pelo menos um planeta onde a vida se desenvolveu, gerou seres inteligentes e conscientes, capazes de entender e explicar sua própria existência e o próprio Universo por meio da observação da **luz** emitida por muitos de seus componentes: os **astros**.

A existência de seres vivos e, sobretudo, de seres inteligentes, não é algo simples. Ao contrário, a vida e o ser humano são frutos de uma soma enorme de fatores que convergiram quando e onde era mais propício. Ainda não se sabe se estamos aqui graças a circunstâncias extremamente casuais ou se a vida é abundante e fruto, a exemplo do resto, das quatro interações físicas conhecidas até hoje: gravitacional, eletromagnética, nuclear forte e nuclear fraca. Ou ainda, se é consequência de uma lei desconhecida da física ou da biologia. Até hoje (2025), embora a crença na existência de vida extraterrestre seja crescente entre os cientistas, nenhum traço de vida fora da Terra foi encontrado, apesar do grande investimento. Nunca se investiu tanto quanto agora em sua busca.

Como sabemos tudo isso? Sabemos tudo isso, como veremos nos próximos capítulos, **realizando observações sistemáticas e cuidadosas dos astros, e de maneiras cada vez mais sofisticadas e precisas**. É justamente observando a **luz dos astros** que construímos o conhecimento e tomamos consciência do nosso lugar no Universo.