

# Acompanhando e registrando a região ativa de manchas solares AR 3363 por 14 dias consecutivos

Vinícius Alessandro Silva Queiroz<sup>1</sup> e Ricardo José Vaz Tolentino<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Ouro Preto

<sup>2</sup>Observatório Lunar Vaz Tolentino

---

## Resumo

O foco central deste artigo é detalhar, por meio de observações, o desenvolvimento da mancha solar denominada AR 3363 ao longo de 14 dias. Manchas solares emergem na fotosfera, uma região que representa a fronteira entre o interior do Sol e sua atmosfera. Ao utilizar telescópios equipados com filtros H-Alpha para a observação solar, conseguimos capturar imagens de AR3363, desde o instante em que emerge no lado leste do Sol até o momento em que desaparece no lado oeste. Isso nos possibilitou capturar fotografias, documentando toda a transição dessa região ativa na superfície solar. Além disso, o artigo explora as diferentes camadas do Sol.

## Abstract

The main focus of this article is to detail, through observations, the development of the sunspot named AR 3363 over 14 days. Sunspots emerge in the photosphere, a region that represents the boundary between the interior of the Sun and its atmosphere. By using telescopes equipped with H-Alpha filters for solar observation, we were able to capture images of AR 3363 from the moment it emerged on the west side of the Sun until it disappeared on the east side. This enabled us to capture photographs, documenting the entire transition of this active region on the solar surface. Additionally, the article explores the different layers of the Sun.

---

**Palavras-chave:** astronomia, sol, manchas solares

**Keywords:** astronomy, sun, sunspot

DOI: [10.47456/Cad.Astro.v5n1.43558](https://doi.org/10.47456/Cad.Astro.v5n1.43558)

## 1 Introdução

O Sol, com sua natureza dinâmica, tem instigado a curiosidade de cientistas e astrônomos por séculos. Entre os inúmeros fenômenos que ocorrem em sua superfície incandescente de gás ionizado, as manchas solares surgem como características intrigantes e distintas, demarcando áreas específicas de temperatura reduzida e atividade magnética intensa. Em tais regiões, a intensidade do campo magnético geralmente varia entre 1000 G a 3000 G [1], ao passo que o campo magnético terrestre, em sua superfície, é de aproximadamente 0,5 G.

O intenso campo magnético presente nas manchas solares atua como uma espécie de válvula e dissipador térmico, interrompendo o fluxo de calor e energia proveniente do interior solar [2]. Isso resulta em manchas solares que são mais frias e mais escuras em comparação com suas áreas cir-

cundantes. A intensidade do magnetismo exerce uma pressão que naturalmente busca afastar os campos magnéticos [2]. Contudo, foi descoberto que o material em movimento exerce uma pressão contra os campos magnéticos das manchas solares, mantendo-as firmemente em sua posição [2].

O Sol passa por mudanças significativas em seus campos magnéticos polares próximo ao pico da atividade de manchas solares. Durante o período de máximo solar, os campos polares experimentam uma reversão de polaridade, mantendo predominantemente características unipolares ao longo da maior parte do ciclo solar [3]. De maneira geral, a reversão de polaridade no campo polar ocorre de forma não simultânea entre os hemisférios Norte e Sul. Essa assincronia no processo de reversão reflete a assimetria inerente da atividade solar entre os hemisférios, especialmente nos campos magnéticos de alta latitude.

Devido à constante variação do campo magnético do Sol, as manchas solares são temporárias, com períodos de vida que abrangem desde algumas horas até meses. Além disso, o número total de manchas solares varia periodicamente, oscilando entre um máximo, um mínimo e retornando a um máximo, em um ciclo de aproximadamente 11 anos [4]. Em alguns períodos de atividade solar mínima, não há a presença de nenhuma mancha solar, ao passo que durante o pico de atividade solar não é incomum observar várias manchas solares [1].

Essas manchas escuras, observadas pela primeira vez de maneira sistemática por Galileu no início do século XVII [5], continuam sendo um ponto focal da pesquisa solar, para entendermos melhor os mecanismos internos do Sol.

## 2 Sobre o Sol

O Sol é uma estrela anã amarela com cerca de 4,6 bilhões de anos [6], e ocupa a posição central em nosso Sistema Solar como o corpo celeste mais massivo. Enquanto todos os planetas e satélites combinados contribuem com apenas 0.2% da massa total do Sistema Solar, a esmagadora maioria, ou seja, 99.8% da massa, é atribuída exclusivamente ao Sol. Essa predominância massiva resulta em uma intensa atração gravitacional exercida pelo Sol, sendo responsável por induzir o movimento orbital de planetas, satélites e outros objetos que compõem o Sistema Solar ao seu redor. [5].

A distância média da Terra ao Sol é de  $1,496 \times 10^8$  km. Com  $6.957 \times 10^5$  km [7] de raio, o Sol é cerca de 109 vezes maior que a Terra. A temperatura solar exhibe uma ampla variação, oscilando de  $5.500^\circ\text{C}$  na superfície a incríveis 15 milhões de  $^\circ\text{C}$  em seu núcleo [5]. Além disso, o Sol completa uma órbita ao redor do centro da Via Láctea em um período de 250 milhões de anos.

O Sol não possui corpo sólido, por isso não tem um limite externo definido. O Sol é uma esfera brilhante e giratória composta por gases muito quentes (plasma ou gás ionizado), principalmente o hidrogênio (91.2%) e o hélio (8.7%) [5].

### 2.1 As camadas do Sol

O Sol possui uma complexa estrutura interna definida em 6 camadas, que podemos dividir em dois grupos: *i*) Camadas internas: núcleo ou interior solar, zona radioativa e zona convectiva; *ii*) Camadas externas: fotosfera, cromosfera, coroa (ou coroa) que é a camada mais externa [2].

### 2.2 O núcleo

A abundante fonte de energia solar, manifestada em luz e calor, provém do núcleo solar. Este núcleo, composto por plasma a uma temperatura extraordinariamente elevada, estimada em cerca de 15 milhões de graus Celsius [5], resulta da fusão dos núcleos dos átomos de hidrogênio, originando hélio [8]. Este processo desencadeia reações nucleares térmicas contínuas, liberando consideráveis quantidades de energia. Essa energia é então transmitida para as camadas externas do Sol por meio de radiação e convecção, movendo-se de forma contínua.

### 2.3 A zona radiativa

Nessa região, a transferência de energia para o exterior ocorre através da radiação, ou seja, a energia é absorvida, dispersada e reemitida nessa camada específica do interior solar. Isso ocorre devido à densidade elevada no local, fazendo com que as partículas colidam entre si. Essa condição resulta em uma menor efetividade na transferência de energia se comparada à zona convectiva [9].

### 2.4 A zona convectiva

Na base da zona convectiva a temperatura é de aproximadamente  $2 \times 10^6$  Kelvin [10]. A eficiência da radiação diminui à medida que nos afastamos para o exterior, devido ao aumento na opacidade do plasma. Grande parte do transporte de energia ocorre por convecção térmica nessa região. O interior radiativo e a zona convectiva são divididos por uma camada fina ( $\approx 0,05 R_\odot$ ), onde a estratificação passa rapidamente de estabilidade convectiva para instabilidade marginal [10]. Essa área, conhecida como tácocone, também mostra uma transição nítida entre a rotação de corpo sólido do interior radiativo e a rotação diferencial da zona de convecção externa.

A rotação diferencial do Sol e sua habilidade em gerar campos magnéticos em larga escala por meio de uma ação dinâmica cíclica parecem estar intrinsecamente conectadas. Acredita-se que o comportamento do dínamo global seja responsável pelo surgimento de extensas regiões ativas e manchas solares [11].

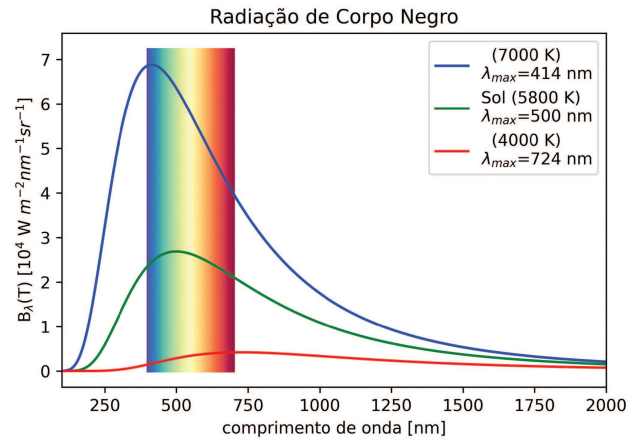
## 2.5 A fotosfera

Refere-se à camada visível do Sol, conhecida como fotosfera. Com uma espessura estreita de aproximadamente 500 km, equivalente a cerca de meio milésimo do raio solar, a fotosfera desempenha um papel crucial na emissão da maior parte da luz visível [12]. Existem três razões principais para isso. Primeiramente, tanto a cromosfera quanto a coroa, que estão situadas acima, são praticamente transparentes à luz visível. Por conseguinte, o gás nesta camada não é completamente transparente; sua opacidade impede a visualização do interior solar. Por fim, a extensão e a temperatura significativas da fotosfera a transformam em uma potente fonte térmica de radiação [12].

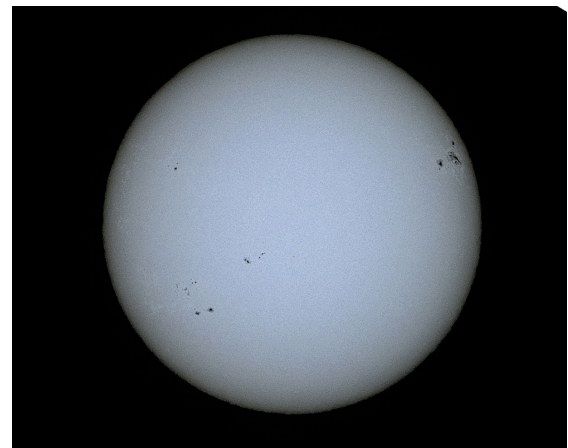
No contexto específico da radiação solar, a Curva de Planck revela distintos padrões que ressaltam a intensidade relativa da radiação em diferentes regiões do espectro eletromagnético. Notavelmente, ao analisarmos a Curva de Planck para o Sol, observamos uma emissão radiante concentrada na faixa do espectro visível, com um pico proeminente em torno de  $\lambda = 500\text{nm}$  [13]. A Figura 1 apresenta a Curva de Planck para o Sol, evidenciando a predominância da radiação na região visível do espectro eletromagnético.

Para além dos característicos padrões granulares, nesta camada, tornam-se visíveis manchas escuras que emergem e, de forma praticamente completa, desvanecem regularmente em ciclos com uma média de aproximadamente 11 anos [4].

A fotosfera também é a fonte das explosões solares que se estendem por centenas de milhares de quilômetros acima da superfície do sol, explosões solares produzem rajadas de raios-X, radiação ultravioleta, radiação eletromagnética e ondas de rádio [14]. A Figura 2 representa a captura da fotosfera solar.



**Figura 1:** A análise da Curva de Planck, adaptada para o Sol, revela que o pico de sua emissão de radiação ocorre na região do espectro visível [13].



**Figura 2:** Fotosfera Sol em 03 de julho de 2023, 09:12:52 (12:12:52 UT), apresentando algumas regiões ativas de manchas solares.

## 2.6 A cromosfera

A Cromosfera – Figura 3 – é uma região de transição entre a Fotosfera e a Coroa ou Corona solar. É considerada a atmosfera inferior do Sol. Essa camada é chamada de Cromosfera porque o alto teor de hidrogênio superaquecido emite um brilho avermelhado quando vista através de um telescópio solar dedicado equipado com filtro H-Alpha [5].

A cromosfera é uma zona rasa, com cerca de 2.000 km de espessura, que brilha em vermelho à medida que é aquecida pela energia da fotosfera. As temperaturas na cromosfera variam de cerca de 4.300 K na base a mais de 40000K a 2500 km de altura [5].



**Figura 3:** Cromosfera solar registrada em 03 de julho de 2023, 08:52:22 (11:52:22 UT). Observe a presença de alguns filamentos e proeminências.

## 2.7 A corona

Corona ou Coroa é a atmosfera externa do Sol e não tem limite superior observável. Ela é a fonte do vento solar (fluxo de partículas carregadas e energizadas, que viajam com velocidade muito alta) que se estende por milhões de quilômetros pelo espaço, além das órbitas da Terra e dos demais planetas. Os ventos solares atingem temperatura de 1 milhão de graus Celsius, com velocidade média de 600 km/s [2].

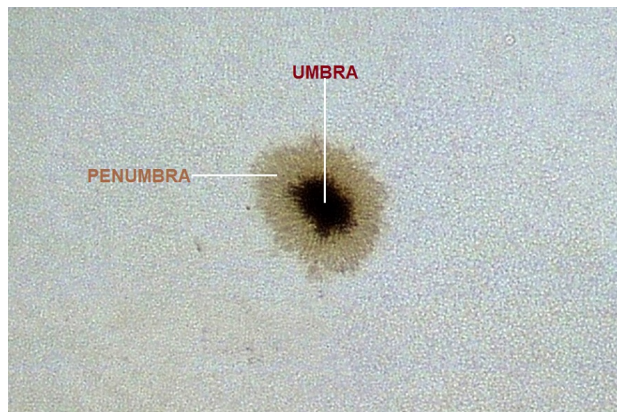
Como o vento solar é também considerado uma extensão da atmosfera do Sol, a Terra tem o trajeto de sua órbita dentro da atmosfera do Sol. A Corona pode ser observada como uma auréola branca brilhante durante um Eclipse Solar total [2].

## 2.8 As manchas solares

As Manchas solares são fenômenos temporários causados em regiões da Fotosfera por campos magnéticos irregulares e desordenados, originários da zona convectiva do Sol [15]. As perturbações dos campos magnéticos causam a diminuição da pressão das massas gasosas e consequente redução da temperatura dos locais afetados (em relação às regiões vizinhas mais quentes), tornando tais locais menos brilhantes ou escuros.

As Manchas solares podem durar dias, semanas ou meses na fotosfera do Sol. Elas podem se expandir ou contrair (e até desaparecer) à medida que se movimentam ao redor da superfície da esfera solar.

A estrutura visual de uma mancha solar é com-



**Figura 4:** A região ativa AR 2546, registrada na Fotosfera solar em 18 de maio de 2016, 10:18:14 (13:18:14 UT).

posta por sua região central mais escura, conhecida como umbra, que é circundada pela região menos escura, conhecida como penumbra [1]. Na Figura 4. A área de abrangência de uma mancha solar pode superar várias vezes o tamanho da superfície do planeta Terra.

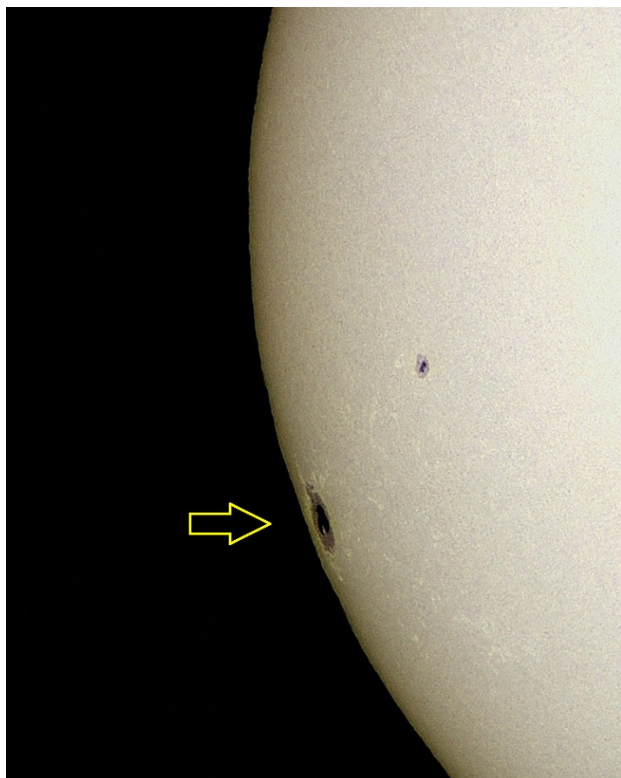
A área de uma mancha solar é calculada tendo como base o hemisfério visível do Sol, ou seja, a metade de sua superfície total, sua unidade é MH (“Milionésimos do Hemisfério” visível) [16]. O valor de 1 MH corresponde a aproximadamente 3,04 milhões de Km<sup>2</sup>.

Toda a superfície do planeta Terra (510.072.000 km<sup>2</sup>) tem aproximadamente 169 milionésimos do disco solar visível (ou 169 MH). Como exemplo, uma mancha solar com cerca de 500 MH de área, poderia conter aproximadamente 3 Terras.

## 2.9 O ciclo solar 25

O ciclo solar tem início com um campo poloidal, definido pelo campo magnético contido nas regiões polares do Sol. Com a rotação diferencial, esse campo poloidal se transforma em uma configuração toroidal, resultando no surgimento de regiões ativas na fotosfera. À medida que o ciclo solar progride, a convecção turbulenta e o fluxo meridional dispersam o campo magnético das regiões ativas. Esses mecanismos de transporte levam ao acúmulo de fluxo magnético de polaridade posterior das regiões ativas em declínio nas latitudes solares mais altas, eventualmente revertendo a polaridade dos campos magnéticos polares e iniciando o próximo ciclo solar [17].

A frequência, quantidade e tamanho das man-



**Figura 5:** O surgimento da região ativa AR 3363, em 06 de julho de 2023, 10:39:32 (13:39:32 UT), no limbo sudeste (Lat: S 21° e Lon: E 75°).

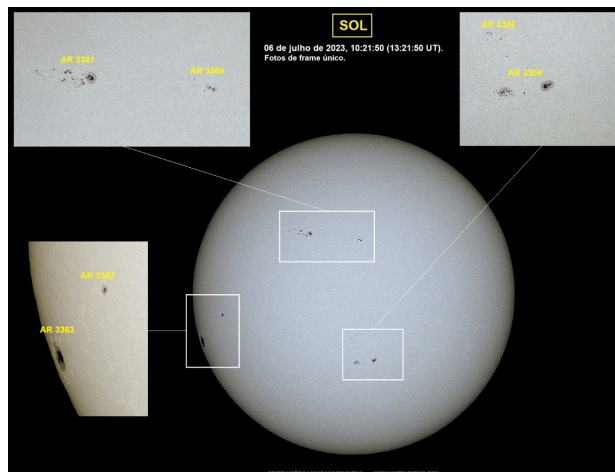
chas solares refletem a intensidade e potencialidade das regiões ativas ao longo do período cíclico solar, definido num espaço temporal de 11 anos [18].

Desde 1755 os cientistas acompanham e registram os ciclos solares. O Sol encontra-se hoje em seu ciclo 25 e caminha de forma branda e lenta, em relação ao crescimento da frequência e quantidade de manchas [19].

O ciclo solar 25 iniciou seu percurso em dezembro de 2019, irá até 2030 e atingirá seu pico em 2025, quando ocorrerão tempestades solares e consequentes formações de auroras, embora espere-se que seja um ciclo brando [15].

### 2.10 A rotação do Sol

Nas coordenadas heliográficas, o lado esquerdo do disco solar é definido como leste e o lado direito é definido como oeste. Assim, as manchas solares se movem pelo hemisfério visível do Sol de leste para oeste [20]. Porém, diferentes regiões do Sol, giram em taxas diferentes [20].



**Figura 6:** Imagens da fotosfera do Sol em 06 de julho de 2023, mostrando as demais regiões ativas de manchas solares presentes na data, além de AR 3363, porém todas menores. Disco solar em 10:21:50 (13:21:50 UT).

### 3 Acompanhando e registrando a Região Ativa de Manchas Solares AR 3363 por 14 dias consecutivos

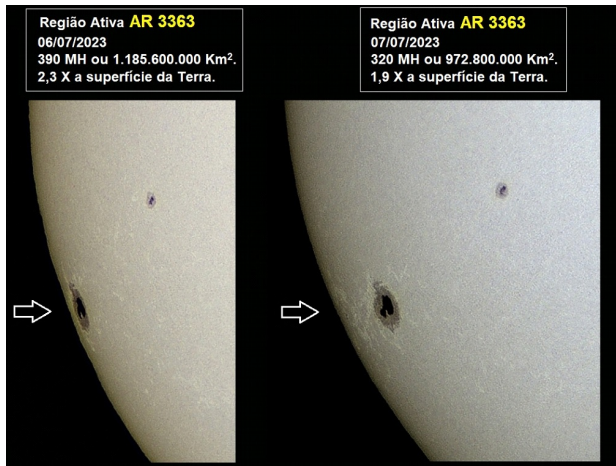
De 6 a 19 de julho de 2023, aproveitando 14 dias seguidos sem muitas nuvens, registramos o aparecimento, deslocamentos, alterações e desaparecimento da proeminente região ativa de manchas solares AR 3363, através do hemisfério visível do Sol.

Foi uma experiência muito gratificante acompanhar o Sol e as evoluções de suas belas formações efêmeras embarcadas, tanto na faixa do espectro da radiação solar no comprimento de onda da luz visível (fotosfera, 400 a 700 nm), utilizando refratores APO com filtro Baader, quanto no comprimento de onda H-Alpha vermelho (cromosfera, 656 nm), com o telescópio solar dedicado Lunt LS50THa. A unidade de medida “nm” significa nanômetro e corresponde a 1 bilionésimo de 1 metro ou  $10^{-9}$  metro ou 0,000.000.001 metro.

#### 3.1 Primeiro dia: 6 de julho de 2023

Nesse dia, a Terra atingiu o “afélio”, ou seja, o ponto da órbita de nosso planeta mais distante do Sol.

Em 6 de julho de 2023 a região ativa AR 3363 fez sua primeira aparição – como mostra a Figura 5 – no limbo solar do quadrante sudeste. Nos momentos das capturas das imagens, AR 3363 encontrava-se posicionada nas coordenadas heliográficas Lat: S 21° e Lon: E 75°. Nessa oportuni-



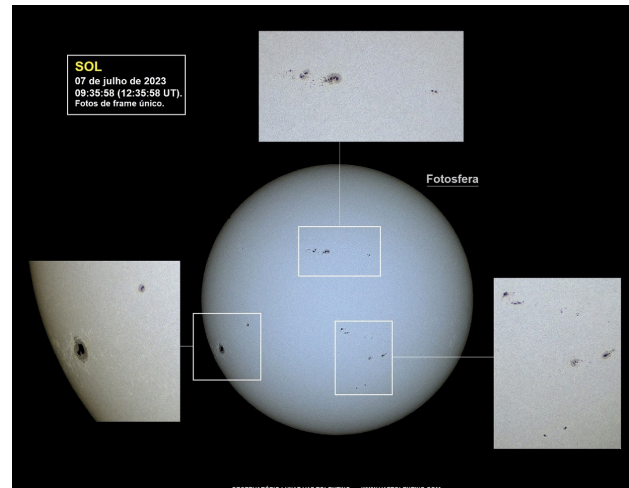
**Figura 7:** AR 3363 em 06 e 07 de julho de 2023. Note o deslocamento de AR 3363, que se afastou do limbo solar sudeste. Esquerda em 06/07/2023, 10:39:32 (13:39:32 UT). Direita em 07/07/2023, 09:42:04 (12:42:04 UT).

dade, AR 3363 era formada por apenas 1 mancha solar, com classificação magnética  $\alpha$  (alfa ou unipolar) – Figura 6. Seu tamanho apresentava 390 MH (390 Milionésimos do Hemisfério visível do Sol), ou seja, ocupava uma área da fotosfera de aproximadamente 1.185.600.000 km<sup>2</sup>. Tal valor representaria cerca de 2,3 vezes a superfície total do planeta Terra.

### 3.2 Segundo dia: 7 de julho de 2023

Em 7 de julho de 2023, a região ativa AR 3363 já havia se deslocado do limbo sudeste lunar – como pode ser observado na Figura 7 – e continuava no paralelo S 21<sup>o</sup> em direção a Oeste. Nessa oportunidade, AR 3363 diminuiu um pouco sua área de abrangência, de 390 MH (no dia anterior) para 320 MH, ou seja, 972.800.000 km<sup>2</sup>. Tal valor representa aproximadamente 1,9 vezes a superfície total do planeta Terra. AR 3363 continuava a conter apenas 1 mancha solar embarcada, com a mesma classificação magnética  $\alpha$  (alfa ou unipolar).

As classificações magnéticas  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  e  $\delta$  descrevem a complexidade dos campos magnéticos presentes no Sol. As regiões  $\alpha$  são caracterizadas por intensos e predominantes campos magnéticos, como nas regiões ativas, que incluem manchas solares. As áreas  $\beta$ , embora não tão fortes quanto as  $\alpha$ , ainda exercem influência significativa sobre o ambiente magnético solar.



**Figura 8:** Mosaico da Fotosfera solar em 07 de julho de 2023, apresentando todas as regiões ativas presentes no momento da captura da imagem (disco solar em 09:35:58 ou 12:35:58 UT).

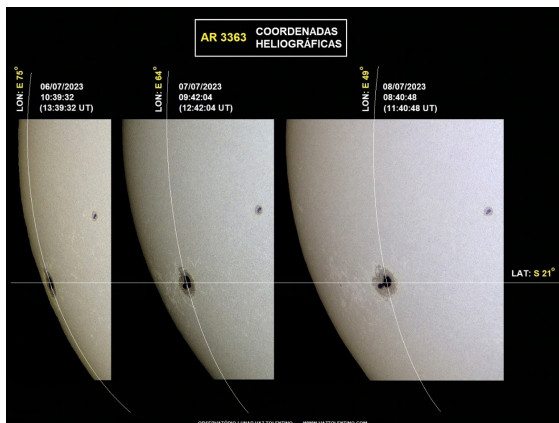


**Figura 9:** Cromosfera solar e a região ativa AR 3363 em 07/07/2023, 09:59:30 (12:59:30 UT).

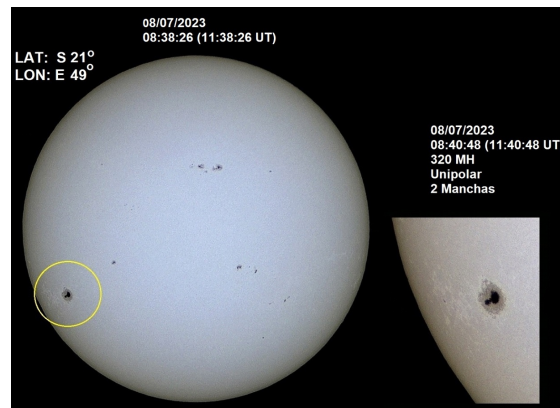
Por outro lado, as regiões  $\gamma$  podem representar áreas de menor atividade magnética ou em transição. Já as áreas  $\delta$ , associadas a complexas interações magnéticas, podem ser locais de intensa atividade e instabilidade, como zonas de inversão magnética ou onde ocorrem erupções solares [21].

A Figura 8 representa todas as regiões ativas presentes no dia referido.

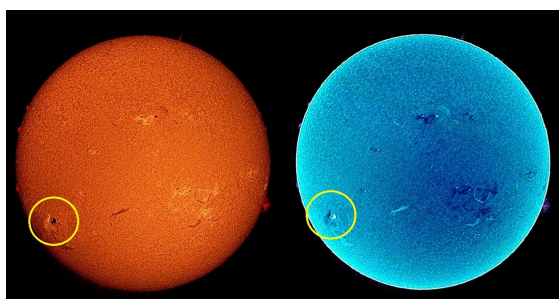
No momento dos registros das imagens, a localização de AR 3363 estava nas coordenadas heliográficas Lat: S 21<sup>o</sup> e Lon: E 64<sup>o</sup> – Figura 9.



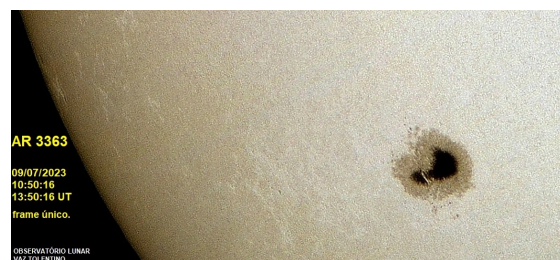
**Figura 10:** Três dias seguidos, apresentando AR 3363 evoluindo para oeste através dos meridianos e mantendo-se firme no paralelo Latitude S 21°. A data e horário específicos de cada imagem, estão por sobre cada foto.



**Figura 12:** Fotosfera em 08 de julho de 2023 e a região ativa AR 3363. Data e horários na parte superior das fotos.



**Figura 11:** Cromosfera em dois tempos, na manhã de 08 de julho de 2023. No detalhe, a região ativa AR 3363.



**Figura 13:** A destacada AR 3363 em 09/07/2023, 10:50:16 (13:50:16 UT).

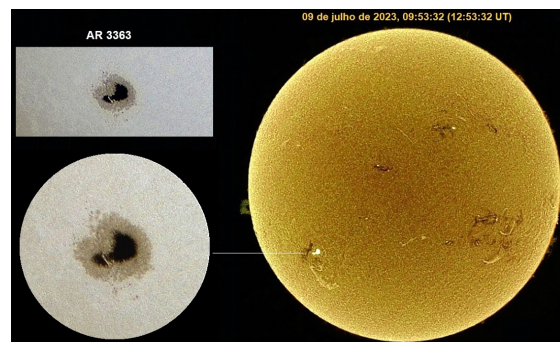
### 3.3 Terceiro dia: 8 de julho de 2023

Em 8 de julho de 2023, a região ativa de manchas solares AR 3363 continuava seguindo firme para o oeste, através do paralelo S 21°. A novidade foi ter alterado sua configuração, de 1 para 2 manchas embarcadas, como pode ser visto nas Figuras 10 e 11.

Seu tamanho manteve-se em 320 MH (cerca de 1,9 vezes o tamanho do planeta Terra), e a classificação magnética continuava  $\alpha$  (alfa ou unipolar). No momento dos registros das imagens, AR 3363 estava localizada nas coordenadas heliográficas Lat: S 21° e Lon: E 49° – Figura 12.

### 3.4 Quarto dia: 9 de julho de 2023

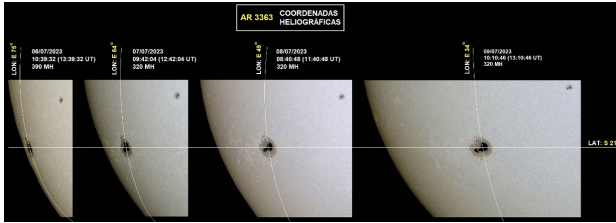
Em 9 de julho de 2023, a região ativa AR 3363 se manteve, evoluindo em sua travessia do hemisfério solar visível em direção ao oeste, através do paralelo S 21°. No momento das capturas das imagens – Figuras 13 e 14, sua



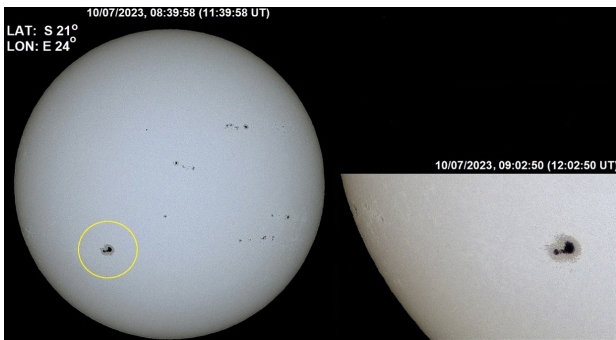
**Figura 14:** A Cromosfera do Sol (lado direito, em 09/07/2023, 09:53:32 ou 12:53:32 UT) e a região ativa AR 3363 (nos detalhes, mesma data).

configuração mantinha as 2 manchas solares embarcadas, além do tamanho de 320 MH ou 972.800.000 km<sup>2</sup> (1,9 vezes a superfície total da Terra), mas sua classificação magnética passou a ser  $\beta$  (beta ou bipolar). A Figura 15 representa a progressão de AR 3363 durante 4 dias.

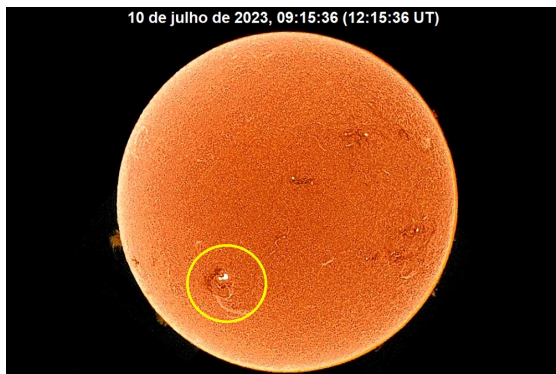
As imagens foram registradas quando AR 3363 estava posicionada nas coordenadas heliográficas Lat: S 21° e Lon: E 34°.



**Figura 15:** AR 3363 em 4 dias consecutivos (06, 07, 08 e 09 de julho de 2023), caminhando para Oeste, através do paralelo latitude S 21°. Datas e horários na parte superior das fotos.



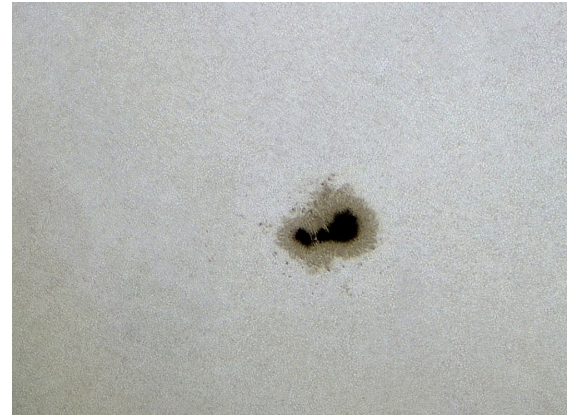
**Figura 16:** Fotosfera em 10/07/2023. Datas e horários nas fotos.



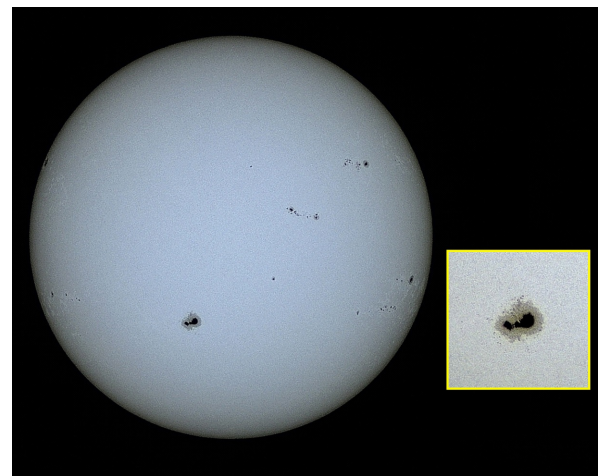
**Figura 17:** A Cromosfera em 10/07/2023 e a região ativa AR 3363.

### 3.5 Quinto dia: 10 de julho de 2023

Na manhã de 10 de julho de 2023, AR 3363 voltou a ter sua classificação magnética como  $\alpha$  (alfa ou unipolar). Sua área de abrangência foi mantida em 320 MH (1,9 vezes a Terra), e continuaram as 2 manchas solares embarcadas – veja a Figura 16. AR 3363 continuou seguindo através da latitude S 21° pelo quinto dia consecutivo. Imagens registradas com AR 3363 nas coordenadas heliográficas Lat: S 21° e Lon: E 24°. A Figura 17 representa a cromosfera solar no dia em questão.



**Figura 18:** A região ativa de manchas solares AR 3363 em 11 de julho de 2023, 10:56:02 (13:56:02 UT).



**Figura 19:** Cromosfera solar, com o hemisfério visível e a região ativa AR 3363 em (disco solar) 11 de julho de 2023, 10:24:18 (13:24:18 UT).

### 3.6 Sexto dia: 11 de julho de 2023

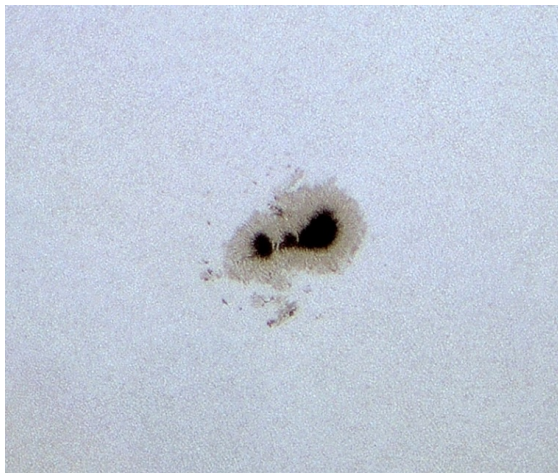
Na manhã do dia 11 de julho de 2023, a região ativa AR 3363 apresentava um notável aumento em sua extensão – como pode ser observado na Figura 18, pois sua área de abrangência evoluiu significativamente, passando de 320 MH no dia anterior para 720 MH, totalizando 2.188.800.000 km<sup>2</sup>.

O tamanho de 720 MH corresponderia a aproximadamente 4,3 vezes a superfície total do planeta Terra. A Figura 19 representa a cromosfera solar no dia 11 de julho.

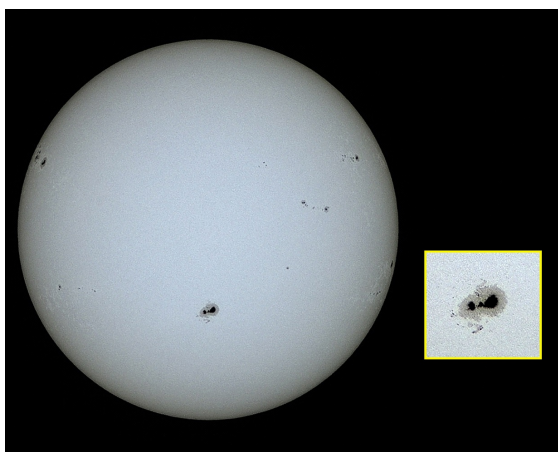
A quantidade de manchas solares embarcadas na região ativa AR 3363 também deu um grande salto, de 2 no dia anterior, para 15 manchas.

No momento do registro de AR 3363, sua classificação magnética estava novamente definida





**Figura 20:** A região ativa de manchas solares AR 3363, registrada em 12 de julho de 2023, 09:36:30 (12:36:30 UT).



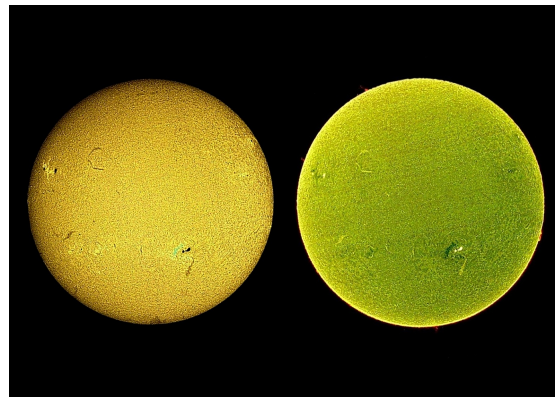
**Figura 21:** Hemisfério solar visível e AR 3363 em 12 de julho de 2023, 08:57:38 (11:57:38 UT).

como  $\beta$  (beta ou bipolar), e estava posicionada nas coordenadas heliográficas Lat: S 21° e Lon: E 12°.

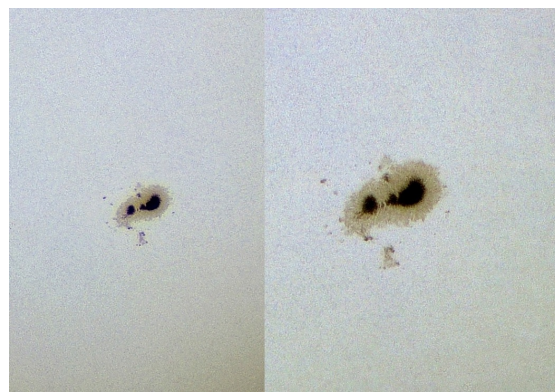
### 3.7 Sétimo dia: 12 e julho de 2023

Na manhã ensolarada de 12 de julho de 2023, o Sol nos trouxe a região ativa de manchas solares AR 3363 um pouco maior que no dia anterior, apresentando tamanho de 780 MH ou 2.371.200.000 km<sup>2</sup> – Figura 20. Comparado com a superfície total de nosso planeta, essa área de abrangência corresponderia a 4,6 Terras.

No momento do registro da imagem de AR 3363, a região apresentava classificação magnética definida como  $\beta$  (beta ou bipolar) e estava posicionada nas coordenadas heliográficas Lat: S 21° e Lon: W 00° (atingiu o meridiano principal,



**Figura 22:** Cromosfera solar em duas versões na manhã de 13 de julho de 2023. Esquerda – 11:51:48 (14:51:48 UT). Direita – 11:57:38 (14:57:38 UT).



**Figura 23:** A região ativa de manchas solares AR 3363 na manhã de 13 de julho de 2023 em dois momentos. Esquerda (11:19:58 ou 14:19:58 UT) e direita (11:41:14 ou 14:41:14 UT).

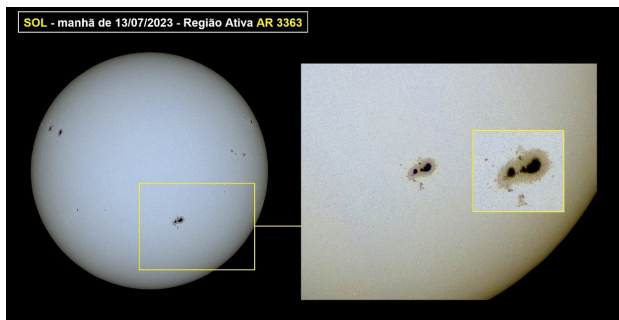
e estava posicionada um pouco abaixo do centro do disco solar) – observe a Figura 21.

Também, sua configuração em relação ao número de manchas solares embarcadas pulou de 15 (no dia anterior) para 21 manchas.

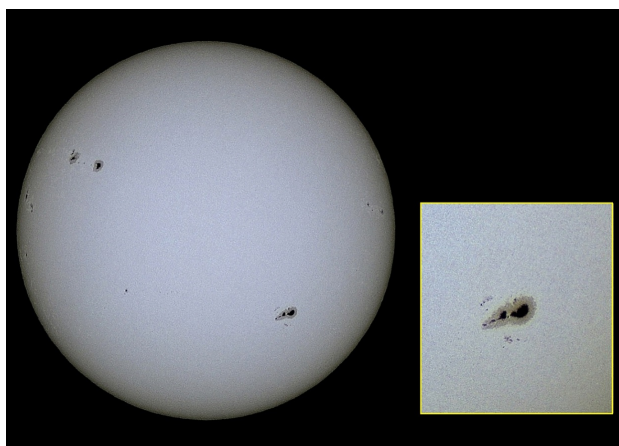
### 3.8 Oitavo dia: 13 de julho de 2023

No momento dos registros das imagens do Sol, na manhã de 13 de julho de 2023, a região ativa de manchas solares AR 3363 (Figura 22) tinha aumentado sua quantidade de manchas embarcadas para 30, quando também apresentava tamanho um pouco maior que no dia anterior, passando de 780 MH para 800 MH ou 2.432.000.000 milhões de km<sup>2</sup> – Figura 23. Tal área de abrangência corresponderia a aproximadamente 4,7 superfícies totais do planeta Terra.

Em 13 de julho de 2023, a região ativa AR 3363



**Figura 24:** Fotosfera na manhã de 13 de julho de 2023, com o disco solar registrado às 11:06:06 (14:06:06 UT).



**Figura 25:** Fotosfera solar (hemisfério solar visível) em 14 de julho de 2023, 13:08:56 (16:08:56 UT). No destaque, a proeminente AR 3363.

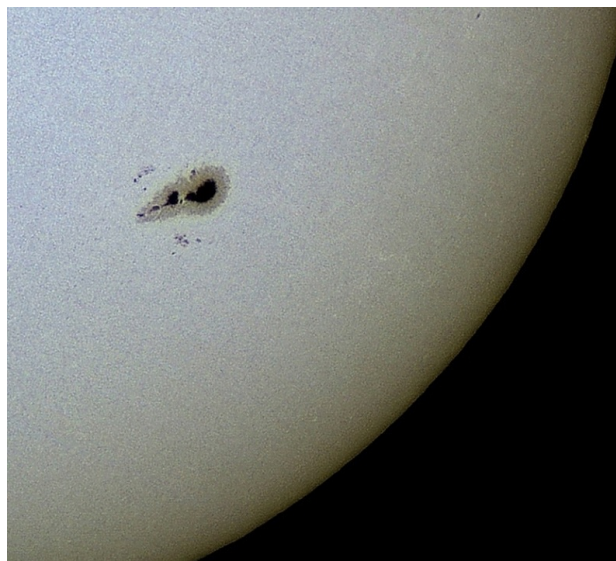
passou a apresentar uma configuração magnética mais complexa, conhecida como  $\beta$ - $\delta$  (beta-delta), caracterizada como um grupo de manchas solares de classificação magnética bipolar geral ou beta, mas que contém uma (ou mais) mancha do tipo delta, com umbra de polaridade oposta em uma única penumbra.

No momento das capturas das imagens, AR 3363 estava posicionada nas coordenadas heliográficas Lat: S 21° e Lon: W 13° – como podemos ver na Figura 24.

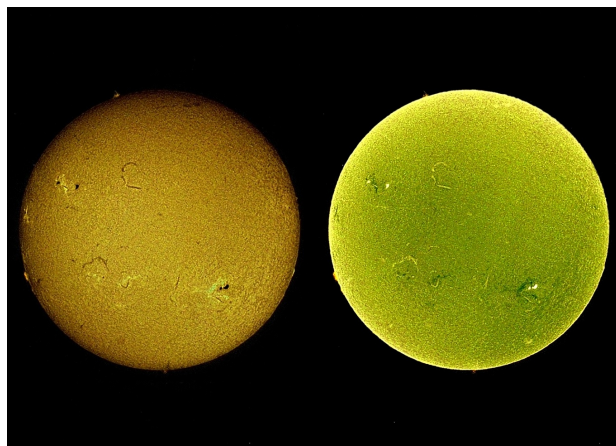
### 3.9 Nono dia: 14 de julho de 2023

A região ativa de manchas solares AR 3363 foi registrada no início da tarde de 14 de julho de 2023, quando estava posicionada nas coordenadas heliográficas Lat: S 21° e Lon: W 29° – veja a Figura 25.

No momento dos registros das imagens, a configuração magnética de AR 3363 continuava como no dia anterior ( $\beta$ - $\delta$ ), assim como também man-



**Figura 26:** A região ativa de manchas solares AR 3363 em 14 de julho de 2023, 12:51:20 (15:51:20 UT).

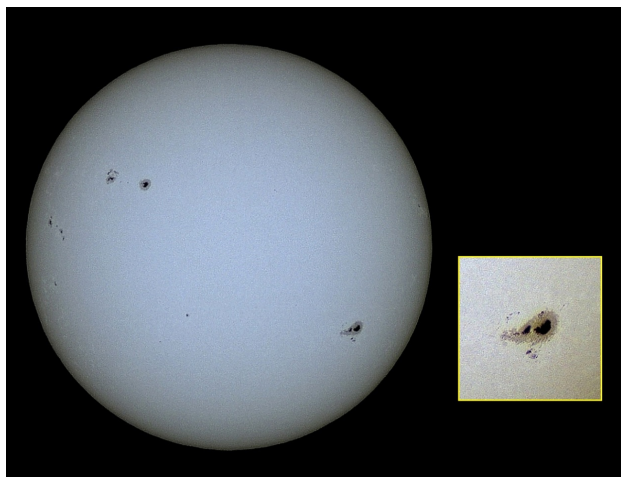


**Figura 27:** Cromosfera em dois tempos, início da tarde de 14 de julho de 2023. Esquerda, 13:20:34 (16:20:34 UT). Direita, 13:19:20 (16:19:34 UT).

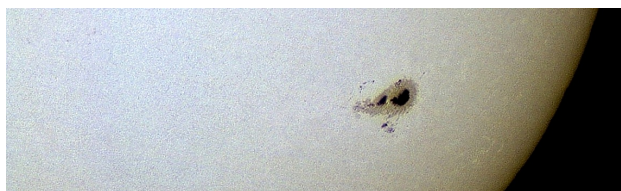
teve seu tamanho em 800 MH ou 2.432.000.000 milhões de km<sup>2</sup> – Figura 26. Porém, o número de manchas solares embarcadas diminuiu de 30 para 20 unidades. A Figura 27 representa a cromosfera em dois tempos.

### 3.10 Décimo dia: 15 de julho de 2023.

Na manhã de 15 de julho de 2023, a região ativa de manchas solares AR 3363 estava posicionada nas coordenadas heliográficas Lat: S 22° e Lon: W 41° – Figura 28. Através de seu deslocamento ao longo do hemisfério solar visível, pela primeira vez em 10 dias, AR 3363 desceu para a Latitude 22° Sul . Desde o seu surgimento no limbo su-



**Figura 28:** Fotosfera solar (disco solar) em 15 de julho de 2023, 11:55:56 (14:55:56 UT) e a região ativa de manchas solares AR 3363.



**Figura 29:** AR 3363 em 15 de julho de 2023, 12:04:38 (15:04:38 UT).

deste solar, em 06 de julho de 2023 – Figura 5, ela manteve-se sempre evoluindo através do paralelo  $21^{\circ}$  Sul em direção ao limbo Oeste.

Nessa oportunidade, AR 3363 reduziu seu número de manchas para 11 e também diminuiu um pouco sua área de abrangência de 800 MH, no dia anterior, para 720 MH ou  $2.188.800.000 \text{ km}^2$  – Figura 29, o que corresponde a cerca de 4,3 Terras.

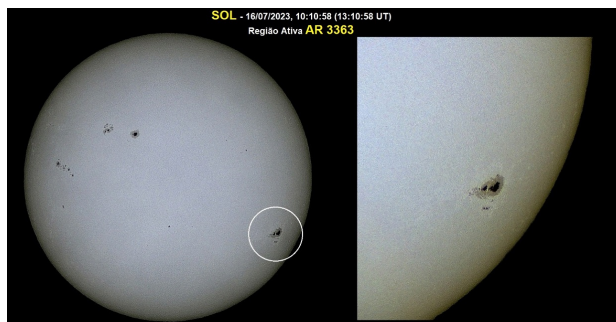
A configuração magnética de AR 3363 em 15 de julho de 2023 tornou-se mais complexa, caracterizando-se como  $\beta\text{-}\gamma\text{-}\delta$  (beta - gamma - delta), ou grupo bipolar de manchas solares complexo o suficiente ( $\beta\text{-}\gamma$  ou beta - gamma) para que nenhuma linha possa ser traçada entre manchas de polaridades opostas, mas contém uma (ou mais) mancha solar do tipo delta ( $\delta$ ), ou mancha com umbra de polaridade oposta em uma única penumbra.

### 3.11 Décimo primeiro dia: 16 de julho de 2023

Na manhã de 16 de julho de 2023, apesar do céu nublado e atmosfera turbulenta, conseguimos



**Figura 30:** AR 3363 em 16 de julho de 2023, 10:10:58 (13:10:58 UT).



**Figura 31:** O disco solar e a região ativa AR 3363 em 16/07/2023.

registrar rapidamente a região ativa de manchas solares AR 3363 – Figura 30, para não perder a sequência de 11 dias seguidos.

Registramos AR 3363 quando ela estava posicionada nas coordenadas heliográficas Lat: S  $22^{\circ}$  e Lon: W  $55^{\circ}$  – veja a Figura 31 – (continuando em direção ao limbo oeste pelo paralelo  $22^{\circ}$  Sul, como aconteceu pela primeira vez no dia anterior).

Nessa manhã, AR 3363 apresentava o mesmo tamanho do dia anterior, ou seja, 720 MH ( $2.188.800.000 \text{ km}^2$ ). Apresentava também o mesmo número de manchas embarcadas (11). Sua configuração magnética diminuiu um pouco a complexidade e voltou a ser como em 13 e 14 de julho de 2023, ou seja,  $\beta\text{-}\delta$ , caracterizada como um grupo de manchas solares de classificação magnética bipolar geral ou beta, mas que contém uma (ou mais) mancha do tipo delta, com umbra de polaridade oposta em uma única penumbra.

### 3.12 Décimo segundo dia: 17 de julho de 2023

No início da tarde de 17 de julho de 2023, a região ativa AR 3363 começou a se despedir do hemisfério visível do Sol – podemos ver com mais detalhes na Figura 32, pois já estava posicionada bem próxima do limbo sudoeste solar, nas coordenadas heliográficas Lat: S  $22^{\circ}$  e Lon: W  $70^{\circ}$ . A Figura 33 representa a cromosfera no referido



**Figura 32:** Fotosfera (disco solar visível) em 17 de julho de 2023, 14:02:08 (17:02:08 UT). No destaque, a região ativa AR 3363 já bem próxima ao limbo sudoeste (Lat: S 22° e Lon: W 70°), se despedindo do hemisfério visível. As demais regiões ativas presentes nessa oportunidade, também são apresentadas.



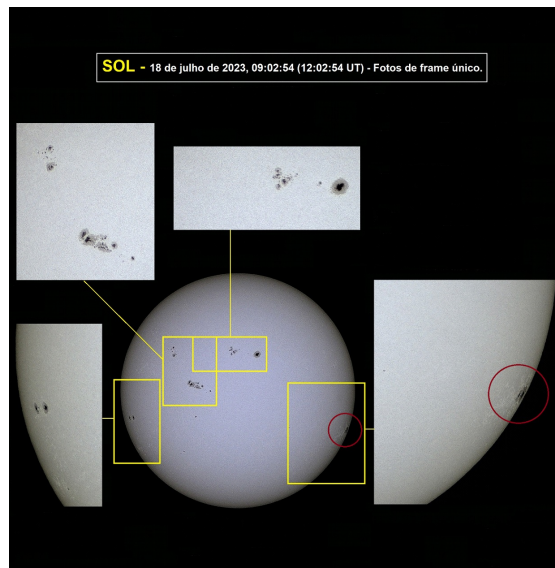
**Figura 33:** Cromosfera em 17 de julho de 2023, 14:41:32 (17:41:32 UT).

dia.

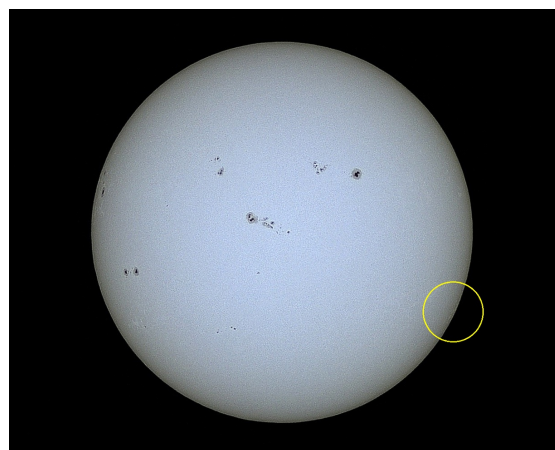
Sua configuração magnética continuava como a do dia anterior ( $\beta$ - $\delta$ ), porém seu tamanho diminuiu um pouco, de 720 MH no dia anterior, para 700 MH ou 2.128.000.000 km<sup>2</sup>, o que equivale a cerca de 4,1 vezes a superfície total da Terra. O número de manchas embarcadas baixou para 10 (1 a menos do que no dia anterior).

### 3.13 Décimo terceiro dia: 18 de julho de 2023

Na manhã de 18 de julho de 2023, no momento do registro do Sol, a região ativa AR 3363 já estava quase “de perfil”, devido à sua posição que começava a adentrar o limbo sudoeste solar – con-



**Figura 34:** Fotosfera do Sol na manhã de 18 de julho de 2023, mostrando várias regiões ativas presentes naquela data, além de AR 3363 já quase atravessando o limbo sudoeste solar. Disco solar registrado em 18 de julho de 2023, 09:02:54 (12:02:54 UT).



**Figura 35:** O hemisfério solar visível apresentando (no detalhe) um minúsculo pedaço da região ativa AR 3363, que se encontrava além do limbo sudoeste solar, nas coordenadas heliográficas Lat: S 25° e Lon: W 90°. Várias outras regiões ativas também estavam presentes na fotosfera no disco visível, continuando a rotatividade dinâmica de manchas solares, do atual ciclo solar número 25.

forme evidenciado nas Figuras 34 e 35, pois estava posicionada nas coordenadas heliográficas Lat: S 25° e Lon: W 77°. Nessa oportunidade, AR 3363 abandonou o paralelo Sul 22°, que mantinha percorrendo desde o dia 15/07/2023, descendo para o paralelo Sul 25°.

Sua classificação magnética continuava definida como aquela dos dois dias anteriores ( $\beta$  -



**Figura 36:** Cromosfera em 18 de julho de 2023, 09:17:12 (12:17:12 UT), mostrando no detalhe a região ativa AR 3363 quase adentrando o limbo sudoeste solar, posicionada nas coordenadas selenográficas Lat: S 25° e Lon: W 77°. Note no detalhe, a explosão solar relatada no parágrafo anterior, quando houve tempestade de radiação e ejeção de massa coronal.

$\delta$  ou beta - delta).

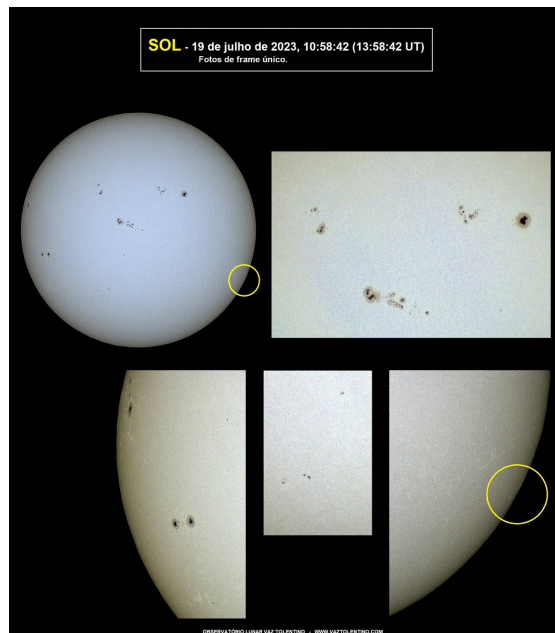
O tamanho de AR 3363 diminuiu consideravelmente em relação ao dia anterior estimado em 390 MH ou 1.185.600.000 km<sup>2</sup>, equivalendo a 2,3 vezes a superfície total do planeta Terra. A quantidade de manchas solares embarcadas reduziu-se para apenas 3 (sete a menos que no dia anterior).

Como novidade nessa data, a região ativa AR 3363 protagonizou uma grande explosão, causando uma forte tempestade de radiação solar por quase 4 horas, que produziu ejeção de massa coronal. Uma enorme quantidade de partículas carregadas magneticamente (gás ionizado ou plasma) foi lançada para o espaço. A Figura 36 representa também a ejeção de massa coronal.

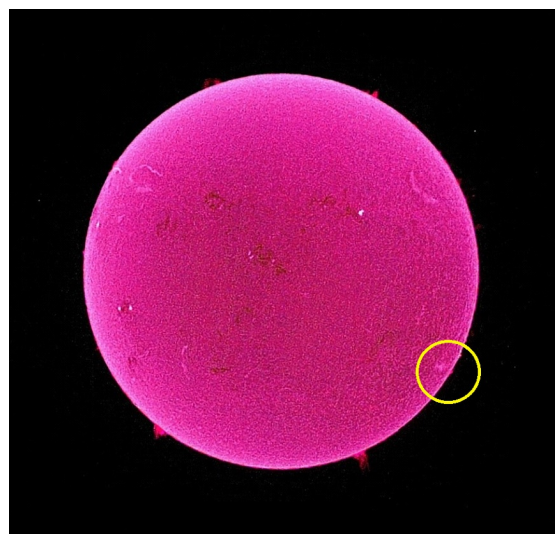
A tempestade de radiação solar interferiu em algumas transmissões de rádio de alta frequência da Terra, mas não gerou maiores transtornos em nosso planeta, haja visto que AR 3363 não se encontrava direcionada para a Terra nessa data, pois já estava posicionada praticamente adentrando o limbo sudoeste solar.

### 3.14 Décimo quarto e último dia: 19 de julho de 2023

No último dia de observação e registro da região ativa AR 3363, nosso alvo já havia trans-



**Figura 37:** Fotosfera solar na manhã de 19 de julho de 2023, mostrando no detalhe, resquícios da região ativa AR 3363 que já havia transposto o limbo sudoeste solar. Várias outras regiões ativas de manchas solares também estavam presentes no disco solar visível nessa oportunidade.



**Figura 38:** A cromosfera e o adeus a região ativa de manchas solares AR 3363, que em 19 de julho de 2023, 12:00:20 (15:00:20 UT), já havia transposto o limbo solar sudoeste e mostrava apenas (no detalhe) um leve resquício de sua presença final. Acompanhamos e registramos AR 3363 por 14 dias consecutivos.

posto o limbo solar sudoeste com quase a totalidade de seu corpo. Somente uma mínima pista (resquícios) de sua presença mostrava-se timidamente naquele ponto limítrofe do limbo sudoeste lunar – Figuras 35 e 37, nas coordenadas Lat:

S 25° e Lon: W 90°. A Figura 38 representa o último resquício da região AR 3363.

O número de manchas solares embarcadas em AR 3363 manteve-se em 3 unidades, como no dia anterior.

O tamanho de AR 3363 foi estimado em 380 MH ou 1.155.200.000 km<sup>2</sup>, o que corresponde a 2,2 vezes a superfície total do planeta Terra.

Sua classificação magnética tornou-se nada complexa e foi definida nessa oportunidade como do tipo  $\alpha$  (alfa), o que significa um grupo de manchas solares unipolar.

#### 4 Conclusão

Tivemos o privilégio de acompanhar e registrar a região ativa de manchas solares por 14 dias consecutivos, desde seu surgimento no limbo sudeste em 06/07/2023 até o seu desaparecimento no limbo sudoeste em 19/07/2023.

Nesses 14 dias dedicados à observação do Sol, tivemos a oportunidade de testemunhar os aparecimentos e desaparecimentos de muitas outras regiões ativas de manchas solares, que fizeram parte integrante do dinâmico e rotativo ciclo número 25 do Sol.

Com isso, podemos afirmar:

- Com a observação solar, é possível duplicar o período dedicado às atividades astronômicas.
- O Sol nos apresenta “dois mundos” a serem observados e registrados, baseados no filtro utilizado (Luz visível ou H-Alpha): a fotosfera e a cromosfera. Cada uma dessas camadas possui suas características próprias e belas formações específicas.
- O Sol possui uma dinâmica evolutiva em suas formações, que surgem, se modificam e desaparecem ao longo de horas ou dias. Dito isto, não é possível criar um mapa do Sol, como fazemos com a Lua, onde aparecem suas crateras, cordilheiras, mares, etc.
- Ao longo dos 14 dias da jornada de AR 3363 pelo hemisfério solar visível, acompanhamos as alterações nos parâmetros de sua configuração estrutural.

Parâmetros estruturais como o tamanho (área ocupada), o número de manchas embarcadas, as diversas classificações magnéticas apresentadas e os posicionamentos diários de AR 3363 nas coordenadas heliográficas ao longo do disco solar, tudo isso foi testemunhado e registrado ao longo de 14 dias ininterruptos.

---

#### Sobre os autores

Vinicius Queiroz ([vinicius.alessandro@aluno.ufop.edu.br](mailto:vinicius.alessandro@aluno.ufop.edu.br)) é aluno do curso de graduação Bacharelado em Física pela Universidade Federal de Ouro Preto, além disso é integrante do Projeto de Extensão “Divulgando Astronomia de Ouro Preto ao litoral do Espírito Santo” sob a orientação do Professor Dr. Hermano Velten ([hermano.velten@ufop.edu.br](mailto:hermano.velten@ufop.edu.br)), docente do Departamento de Física e docente do programa de pós-graduação em Astrofísica, Cosmologia e Gravitação PPGCOSMO/UFES.

Ricardo Tolentino ([vaztolentino@gmail.com](mailto:vaztolentino@gmail.com)) é Mestre em Tecnologia com ênfase em Manufatura Integrada por Computador pelo Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, possui Pós-Graduação em Análise de Sistemas de Informação e Metodologia do Ensino Superior pela União de Negócios Administrativos (UNA) e Graduação em Engenharia Civil pela Escola de Engenharia Kennedy. Foi Diretor da Faculdade de Ciências Empresariais da Universidade FUMEC onde atuou também como docente em disciplinas dos cursos de graduação e pós-graduação Lato Sensu.

#### Referências

- [1] S. K. Solanki, *Sunspots: an overview*, The Astronomy and Astrophysics Review **11**, 153 (2003).
- [2] K. R. Lang e K. R. Lang, *Essential astrophysics* (Springer, 2013).
- [3] M. I. Pishkalo, *On polar magnetic field reversal in solar cycles 21, 22, 23, and 24*, Solar Physics **294**(10), 137 (2019).

- [4] D. H. Hathaway, *The solar cycle*, Living reviews in solar physics **12**, 1 (2015).
- [5] K. de Souza Oliveira Filho e M. de Fátima Oliveira Saraiva, *Astronomia e astrofísica* (Livraria da Física, 2014). Disponível em <https://books.google.com.br/books?id=FhDsJwEACAAJ>.
- [6] H. Svensmark, *Cosmic rays and the biosphere over 4 billion years*, *Astronomische Nachrichten: Astronomical Notes* **327**(9), 871 (2006).
- [7] S. Smerd, *Radio-frequency radiation from the quiet Sun*, *Australian Journal of Chemistry* **3**(1), 34 (1950).
- [8] S. G. Ryan e A. J. Norton, *Stellar evolution and nucleosynthesis* (Cambridge University Press, 2010).
- [9] M. Calcina, *A Dynamic Geomagnetic Field Model*, *Revista Boliviana de Física* **15**(15), 44 (2009).
- [10] S. Hanasoge, L. Gizon e K. R. Sreenivasan, *Seismic sounding of convection in the Sun*, *Annual Review of Fluid Mechanics* **48**, 191 (2016).
- [11] R. Howe et al., *Dynamic variations at the base of the solar convection zone*, *Science* **287**(5462), 2456 (2000).
- [12] J. R. Cecatto, *O SOL*, Curso de Introdução à Astronomia e Astrofísica **9** (2006).
- [13] P. Almeida e J. Gregorio-Hetem, *Aspects of the Sun observed at different spectral ranges*, *Revista Brasileira de Ensino de Física* **44** (2021).
- [14] P. Sweet, *Mechanisms of solar flares*, *Annual Review of Astronomy and Astrophysics* **7**(1), 149 (1969).
- [15] W. D. Pesnell e K. H. Schatten, *An early prediction of the amplitude of solar cycle 25*, *Solar Physics* **293**(7), 112 (2018).
- [16] H. Çakmak, *A digital method to calculate the true areas of sunspot groups*, *Experimental Astronomy* **37**, 539 (2014).
- [17] A. V. Mordvinov et al., *The reversal of the Sun's magnetic field in cycle 24*, arXiv preprint arXiv:1602.02460 (2016).
- [18] L. A. Upton e D. H. Hathaway, *An updated solar cycle 25 prediction with AFT: The modern minimum*, *Geophysical Research Letters* **45**(16), 8091 (2018).
- [19] R. H. Cameron, J. Jiang e M. Schuessler, *Solar cycle 25: another moderate cycle?*, *The Astrophysical Journal Letters* **823**(2), L22 (2016).
- [20] R. Howard, *The rotation of the sun*, *Scientific American* **232**(4), 106 (1975).
- [21] Cambridge University Press, *Magnetic Classification of Active Regions*, in *Structure and Development of Solar Active Regions*, Cambridge University Press (Springer Netherlands, 1968), vol. 35, 33–42.