

REDE BRASILEIRA DE OBSERVAÇÃO DE METEOROS

BRAMON

# GUIA PARA CHUVAS DE METEOROS BRASIL



Marcelo Zurita

**Lauriston Trindade**  
**Alfredo Dal'Ava**

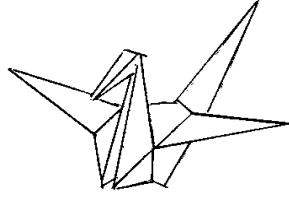
**2024**

**1ª Edição**

**Fotografia da Capa:**

Este meteoro Geminid foi registrado em 4 de dezembro de 2014, na Pedra do Ingá, Paraíba, Brasil. A Pedra do Ingá é uma formação rochosa coberta de inscrições que representam animais, frutas, humanos e constelações, além de imagens não reconhecidas. Tais inscrições foram feitas por civilização que viveu na região 3000 anos atrás. Este mesmo meteoro foi registrado por duas câmeras da BRAMON, sendo assim possível verificar sua associação com a chuva GEM. Fotografia por Marcelo Zurita.

**Revisão:** Marcelo Domingues.



**Se as coisas são inatingíveis... Ora!  
Não é motivo para não querê-las...  
Que tristes os caminhos, se não  
fora a presença distante das  
estrelas!**

Mario Quintana

## **SOBRE ESTE GUIA**

Sejam bem-vindos à edição 2024 do Guia para chuvas de meteoros - Brasil.

Após a edição 2022, adotamos alguns ajustes sugeridos por leitores, mas alguns pilares essenciais foram mantidos. Os objetivos gerais continuam os mesmos:

1º - Nortear as observações visuais e campanhas observacionais para a astronomia de meteoros no Brasil.

2º - Minimizar erros históricos por conta da falta de material sobre meteoros em português.

Sabemos que a mídia brasileira tem intensificado os reportes de chuvas de meteoros e que temos muitos portais de notícias científicas que disponibilizam calendários de tais eventos. O problema destas divulgações é que, em sua enorme maioria, ainda estão associadas a dados coletados no hemisfério Norte e que não se aplicam exatamente ao nosso território. Um caso recorrente é o da chuva de meteoros PER – Perseidas. Esta é uma chuva de meteoros de radiante boreal, com visualização muito favorecida para a América do Norte, Europa e Ásia. A mídia brasileira reporta a chuva PER como se ela tivesse boa percepção para o Brasil, o que não é verdade. Voltamos aqui a ressaltar a influência geográfica para a chuva PER.

As taxas de 100 meteoros por hora na Europa, reduzem-se para pouco mais de 20 meteoros à latitude de São Paulo. Já nas latitudes do Rio Grande do Sul, os meteoros PER sequer são vistos.

Em contrapartida, as chuvas que são mais favoráveis ao hemisfério Sul não são suficientemente noticiadas nos canais de divulgação estrangeiros, gerando pouca ou nenhuma fonte aos canais congêneres brasileiros.

A necessidade de termos um guia mais adequado ao Brasil continua sendo forte motivador para a continuidade deste trabalho. Outro ponto de apoio à ideia foi a existência do banco de dados da BRAMON (Rede Brasileira de Observação de Meteoros). São mais de 15.000 órbitas de meteoros ao longo de dez anos de capturas.

Somos uma das maiores redes do mundo e estamos integrados à Global Meteor Network (GMN), com dados que vem se somar a este calendário.

A mais alta densidade de estações da BRAMON e GMN, no hemisfério sul, se encontra abaixo da latitude  $-20^{\circ}$  e isto favorece muito o registro e análise de meteoros provenientes de riantes austrais. Após a consolidação do banco de dados de meteoros, criado e mantido pela BRAMON e adicionados os meteoros registrados pela GMN, partimos para a construção de ferramentas computacionais que pudessem gerar estatísticas válidas, escolha das informações prioritárias e construção do texto.

## Sumário

A metodologia para o guia .....	7
Capítulo 1 -Breve história da ciência de meteoros.....	8
Capítulo 2 - Conceitos e terminologias na ciência de meteoros.....	14
Elementos orbitais .....	16
Capítulo 3 – Observação Visual de meteoros.....	20
Capítulo 4 - Observações telescópicas.....	27
Capítulo 5 – As cores dos meteoros.....	32
Capítulo 6 – Impactos lunares.....	37
Capítulo 7 – Sobre as chuvas de meteoros e constelações.....	39
Capítulo 8 – Melhores chuvas de meteoros para o Brasil.....	43
Maio - Chuva eta aquariids.....	45
Junho - Chuva epsilon Gruids.....	50
Junho – Microscopiids.....	54
Julho – Xi2 Capricornids.....	56
Julho – tau Cetids.....	57
Julho – alpha Capricornids.....	59
Julho – Southern delta Aquariids.....	61
Julho – Southern iota Aquariids.....	66
Agosto – August Caelids.....	69
Agosto – eta Eridanids.....	71
Agosto – August omicron Aquariids.....	72
Agosto – Perseids.....	73
Outubro – Southern Taurids.....	80
Dezembro – sigma Hydrids.....	83
Dezembro – delta Gruids.....	84
Dezembro – Geminids.....	85
Quadro de chuvas de meteoros.....	91
Quadro de fases da Lua.....	92
Referências.....	93
Abreviações.....	94
Agradecimentos.....	95

## A Metodologia para o Guia

A partir de um banco de dados integrado da GMN para o hemisfério Sul foi feito o ranqueamento das chuvas de meteoros mais ativas ao longo dos últimos anos. Os mecanismos computacionais para geração das estatísticas são de autoria e manutenção de Alfredo Dal'Ava. Este pesquisador entra com a montagem de alguns scripts para a separação e estabelecimento dos gráficos de intervalo de datas para ocorrência das chuvas, máximo de atividade, além do ranking em si.

A cada ano foram classificados os meteoros usando critérios geométricos, temporais e com base nas velocidades geocêntricas. Depois, os registros anuais passaram a ser somados e um ranking geral foi formado. Gráficos atualizados de ocorrência também foram montados. A partir disso, conseguimos ter a janela de atividade para cada chuva de meteoros.

Informações como: data de início e fim da presença dos meteoros de uma dada chuva, pico de atividade, posição do radiante no céu, velocidade geocêntrica média dos meteoros e condições de interferência do luar são os dados mais relevantes quando pretendemos montar uma campanha observacional.

Para algumas das chuvas mais emblemáticas, seja por nível de atividade ou aspectos históricos, fizemos a inclusão do potencial de registros de impactos lunares. A imagem da Lua e projeção geométrica da área de possíveis impactos foi feita com base no programa LunarScan, de Peter Gural. Algumas informações sobre as chuvas complementares foram extraídas e traduzidas a partir do Meteor Shower Calendar 2024 da IMO. Ao final deste guia temos a lista com os nomes de todos os operadores que contribuíram, com dados válidos, para o banco de dados da BRAMON.

Para maiores informações:

BRAMON Site: <http://bramonmeteor.org>

Facebook: <https://pt-br.facebook.com/bramonbr/>

Instagram: <https://www.instagram.com/bramonmeteor/>

Youtube: <https://www.youtube.com/channel/UCPFirPzJFdkdcG4UCeXS3mg>

Twitter: <https://twitter.com/bramonmeteor>

Email: [bramonmeteor@gmail.com](mailto:bramonmeteor@gmail.com) Email: [bramon@bramonmeteor.org](mailto:bramon@bramonmeteor.org)



# Capítulo 1

## BREVE HISTÓRIA DA CIÊNCIA DE METEOROS

### **Pedras não caem do céu**

Qualquer pesquisa sobre Astronomia do início do século XIX percebemos que os tópicos envolvendo meteoros e meteoritos era tema de debate de químicos, médicos, meteorologistas e geólogos. A inclusão de astrônomos era rara. Isto tornou o avanço no entendimento dos meteoros algo muito lento, principalmente ao considerarmos a velocidade de avanço em outros ramos da Astronomia.

Ao longo do século XIX o entendimento sobre a meteorítica foi progressivamente aumentando. Um dos pontos altos veio com os estudos de Schiaparelli e suas publicações em 1871. Contudo, é sempre importante lembrar que tais construções de conhecimentos estavam intimamente ligadas ao evento da grande chuva de meteoros de 1833.

Por conta da rápida expansão do tema nos séculos XX e início do século XXI, seria impossível tratar neste pequeno guia, de todas as angulações sobre a Ciência de Meteoros.

As peças iniciais para uma teoria científica sobre a natureza dos meteoros foram dadas por Ernest Chladni (1756 – 1827), no distante ano de 1794. Ele sugeriu que os fireballs e as quedas de “rochas” do céu, eram fenômenos de natureza própria. Isto é, tinham uma razão em si para acontecer. Fireballs, meteoros e meteoritos deveriam fazer parte de um mesmo grupo de manifestações de um fenômeno maior ou mais abrangente. A base de tal fenômeno era: entrada de material sólido, proveniente do espaço, na atmosfera da Terra.

Havia extrema relutância a este tipo de pensamento. Fosse por ranço cosmológico medieval ou mesmo por falta de um entendimento básico para



sustentar a abstração do fenômeno meteoro.

Demorou quase um século para que as ideias de Chladni fossem reposicionadas dentro das sugestões de Schiaparelli (1835 – 1910).

Chladni enfatizava que em primeiro lugar, deve-se dar importância essencial a todos os dados antes de se introduzir qualquer hipótese para explicar os processos físicos. Além do que, a hipótese não pode contrariar nenhum dado válido. Para ele, qualquer esquema lógico e consistente deveria ser descartado se não concordasse com as observações ou se precisasse de rearranjos mirabolantes.

Eis aí a essência do método científico, que veio se desenvolvendo desde o início do Renascimento.

Agora tomemos como exemplo a Academia Francesa de Ciências que mantinha o discurso que “pedras caindo do céu eram coisas impossíveis de admitir”.

Mas isso mudou após o evento de L'Aigle, em 1803.

## **Sim! Pedras caem do Céu!**

No início da tarde de 26 de abril de 1803, uma chuva de meteoritos com mais de 3000 fragmentos atingiu a cidade de L'Aigle na Normandia, França.

Ao saber do evento, a Academia Francesa de Ciências mandou um jovem cientista, chamado Jean-Batist Biot (1774 – 1862) para investigar aquela espetacular “queda de pedras”.

Depois do levantamento dos dados, Biot reportou duas conclusões que sinalizavam uma origem extraterrestre para tal acontecimento:

I – A aparência das rochas de L'Aigle era muito similar à de outras, apontadas como provenientes de quedas do céu.

II – Uma enorme quantidade de pessoas que testemunharam as quedas dos fragmentos. Isso logo após o avistamento de um grande meteoro.

Desta feita, o relatório de Biot sobre sua investigação, bem como a descrição do evento e as conclusões por ele obtidas, marcam o início da Ciência de Meteoritos

As observações científicas dos meteoros começam em 1798, quando Brandes (Heinrich Wilhelm Brandes; 1777- 1834) e Benzenberg (Johann Friedrich

Benzenberg; 1777 – 1846) iniciaram vigilâncias simultâneas do céu noturno, em busca de determinar altura, velocidade e direção dos meteoros. Eles montaram as bases de observação distantes pouco mais de um quilômetro e meio uma da outra.

Durante seis noites de observação, anotaram 402 meteoros, mas somente 22 em comum. Destes 22, somente 4 tiveram o fenômeno observado de forma completa.

Ali, surgia forte indício de que os meteoros eram luzes que surgiam dentro da atmosfera da Terra, mas que teriam a causa da luz, gerada por uma influência externa à Terra.

Em 1803 Chdolini decidiu admitir que alguns meteoros poderiam ter origem dentro da atmosfera. Isto porque nos estudos de Brandes e Benzenberg, surgiram meteoros com trajetória ascendente. Isto é, se fosse assim, tais meteoros deveriam ter atravessado a Terra e depois subido aos céus. O que seria impossível. Chdolini quis explicar os meteoros ascendentes por efeitos explosivos quando da fricção dos corpos em alta velocidade na atmosfera. O aquecimento do material provocaria uma expansão (dilatação) das “pedras espaciais” e isto geraria uma força que direcionaria tal objeto novamente para o espaço. Em 1839, Bessel (Friedrich Wilhelm Bessel; 1784 – 1846) atribuiu a existência dos meteoros ascendentes, no trabalho de Brandes & Benzenberg, a erros de observações gerados provavelmente, pela pequena distância entre os sítios de observação. Seria um baixo efeito de paralaxe nas observações. Ao mesmo tempo, outros estudos surgiram.

Como a proposição de J. Farey, em 1813, onde ele dizia que: os meteoros eram mais numerosos que os fireballs e que a atividades dos mesmos se mostra irregular ao longo de um mesmo ano.

Uma das primeiras sinalizações de existência de chuva de meteoros (no conceito mais próximo ao que conhecemos hoje) foi feita por Humboldt (Alexander von Humboldt; 1769 – 1859). Ele descreveu um avistamento de atividade incomum de meteoros, ocorrida em 12 de novembro de 1799, por Bonpland em Cumana - Venezuela. De acordo com o texto, uma grande quantidade de meteoros também foi vista em vastas porções da América Central. A região oeste dos Estados Unidos, onde se encontrava o astrônomo Ellicot, não registrou este pico de atividade.

A chuva LEO de 1833 teve muitas testemunhas, Olmsted foi enfático em seu trabalho de 1834, sobre a existência de um radiante de onde os meteoros pareciam emanar. Era uma prova de que existiam outras famílias de objetos em órbita do Sol!

A repetição da chuva LEO em 1834-1835 era evidência de que a Terra atravessava, em sua órbita anual, partículas que estavam naquela “mesma posição” do espaço. Arago sugeriu que os observadores ficassem atentos à atividade que poderia surgir entre 20-24 de abril de cada ano. Campanhas começaram a serem feitas para acompanhar.

Mas naquele início, as melhores pistas para se descobrir chuvas de meteoros vinham não do estabelecimento de campanhas observacionais. A investigação de antigos registros foi fundamental.

Paralelamente a isso, estavam sendo abertas linhas de pesquisa entre as relações das partículas do espaço e o sistema Sol-Terra.

O trabalho de Olmsted sobre a chuva dos Leonídeos e a aceitação de certas conclusões do mesmo por parte dos grandes cientistas da época, como Arago e Quetelet, pode ser considerado o ponto inicial do estudo científico de meteoros por observação e uso da mecânica celeste.

Curiosamente, no outono de 1799, mesmo uma chuva de meteoros vista por Brandes e até as conhecidas atividades anuais de abril ou agosto não foram suficientes para provar a existência de raios ou a origem cósmica dos meteoros.

Mas qual o porquê?

O que se tem como justificativa para a chuva de 1833 ser o marco inicial dos estudos de meteoros são alguns fatos:

- Foi uma chuva muito intensa. 'Era um número quase infinito... Pareciam flocos de neve.' (Olmsted, 1834). Sob tais circunstâncias, o efeito radiante tornou-se muito evidente.
- A duração da fase intensa da chuva durou 4-5 horas. Tempo o bastante para que o movimento planetário movimentasse a posição do radiante no céu, mostrando sua proximidade a constelação de Leão. Isto também forçava a percepção de existência de um ponto de afloramento dos meteoros.

A origem extraterrestre dos meteoros somente poderia ser percebida por observadores muito experientes. Isto porque, mesmo separados por longas distâncias, o radiante parecia posicionado junto as mesmas estrelas. Isto denotava que o fenômeno tinha um ponto origem bem mais distante que os limites da atmosfera.

-

Quando os primeiros asteroides foram descobertos, isso ajudou a ampliar a percepção de que existiam muitos outros corpos em órbita do Sol e seus movimentos foram determinados com uso das técnicas matemáticas da mecânica celeste.

Piazzi descobriu Ceres e Gauss calculou sua órbita com tamanha precisão que o planeta anão foi prontamente “redescoberto” após sua conjunção superior com o Sol. Ceres estava na posição no tempo e no espaço, predita por Gauss (Chladni, 1819).

A verdade é que a chuva Leo (1833) aconteceu no momento certo, gerando estímulo para a rápida ascensão da Astronomia de meteoros.

Não há dúvida que o grandioso evento de 1833 dinamizou o entendimento das relações entre as chuvas de meteoros e os cometas. Além, do motivador para a descoberta de outros radiantes.

-

Para a prova da origem extraterrestre dos meteoros, a determinação de suas velocidades tinha que ter precisão. Isto é o que possibilitaria o cálculo das órbitas e de seus períodos de revolução, ajudando nas previsões de novas ocorrências.

A origem cósmica dos meteoros foi deduzida por Schiaparelli em 1862, ao mostrar que o cometa 1862 III Tinha órbita similar aos meteoros Perseids (PER). A relação entre cometas e meteoros foi conclusivamente definida quando Schiaparelli determinou a similaridade orbital entre órbitas dos LEO de 1866 e o cometa 1866 I.

Durante o período que se seguiu a 1833, os cientistas começaram a considerar os meteoros tendo origem em pequenos objetos sólidos. Olmsted achavam ser objetos transparentes e de natureza diferente da dos meteoritos. Arago, Stricland e Joule pensavam ser sólidos e opacos.

Em contraste com outros ramos da ciência de meteoros, a parte física dos fenômenos foi bem incipiente no século XIX e as ferramentas aplicáveis só se desenvolveram no século XX.

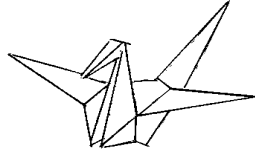
Atrasos no desenvolvimento são perfeitamente entendidos a partir do conhecimento de que não existiam laboratórios capazes de reproduzir tais fenômenos. Faltavam até mesmo os parâmetros iniciais para desenvolver quaisquer

experimentos. Como definir valores de velocidade, massa, densidade e características da atmosfera superior?

No século XX, os cientistas poderiam trabalhar com extrapolações das características aerodinâmicas por conta de um ou outro experimento balístico. Isto deu noção de que o meteoro possuía alta velocidade cósmica, mas que o meteorito deveria ter baixa velocidade, se comparada aos valores iniciais de entrada na atmosfera. Chladni (1819) se referencia nas pesquisas de Bessel (F.W.Bessel, Diretor do Observatório Konisburg) que a solução do quebra-cabeças das velocidades dependeria de uma integral logarítmica. Hoje em dia não se encontra este trabalho de Bessel. Mas Brandes (1803) tomou parte nas pesquisas e desenvolveu uma integral similar. A equação modelava a influência da resistência do ar na velocidade dos corpos.

Cientistas modernos começaram a modelar funções usando como referência a dinâmica dos fluidos, considerando forças, massas e aceleração. Brezemberg (1834) e Gruthusen (1834) trabalhavam com técnicas “galileanas”: analogias entre pêndulos e corpos e queda.

Schiaparelli (1871) usava balanço e conservação de energia cinética correlacionando com a mudança de energia cinética por unidade de massa com a força da resistência do ar.



# Capítulo 2

## Conceitos e terminologias na Ciência de Meteoros

A Astronomia de meteoros tem sua própria terminologia. Alguns iniciantes na área podem sentir-se confusos com termos como: trilha, esteira e caminho. Alguns dos significados dos termos também podem acabar sendo por vezes, confusos. A União Astronômica Internacional possui normas sobre as terminologias empregadas.

– (A) Meteoro: fenômeno luminoso resultante da entrada de uma partícula sólida, proveniente do espaço, na atmosfera da Terra.

– (B) Meteoróide: um objeto sólido movendo-se no espaço interplanetário. Seu tamanho deve ser consideravelmente menor que o de um asteroide e consideravelmente maior que o de um átomo ou mesmo molécula. Fixa-se o tamanho máximo de um objeto que recebe a terminologia de meteoróide, em 1 metro.

– (C) Meteorito: qualquer objeto que encaixando-se na definição B, alcance a superfície da Terra sem ser completamente vaporizado.

– (D) Meteórico: forma adjetiva que se refere às definições A e B.

– (E) Meteorítico: adjetivo pertinente aos objetos que se encaixam na definição C.

– (F) Fireball: um meteoro que possua brilho igual ou maior que o planeta Vênus em seu máximo brilho.

– (G) Micrometeorito: pequeno meteorito ou partícula meteórica com diâmetro menor que 1mm (um milímetro).

– (H) Poeira: quando associada aos termos “meteórico” e “meteorítico” é a

matéria finamente dividida com partículas menores que os micrometeoritos.

– (I) Magnitude Absoluta: a magnitude estelar que um meteoro teria se tivesse ocorrido ao zênite do observador e numa altitude de 100km.

– (J) Trajetória: linha do movimento do meteoro, considerando-se um movimento em três dimensões.

– (K) Path: projeção do caminho do meteoro na esfera celeste, como visto a partir da posição do observador.

– (L) Trilha: qualquer coisa (geralmente um rastro de ionização) deixada pela cabeça do meteoro depois de sua passagem.

– (M) Persistência: forma adjetiva para o termo L.

– (N) Radiante: o ponto, na esfera celeste, de onde as trajetórias dos meteoros parece divergir.

– (O) Earth-point: ponto na Terra onde o prolongamento da trajetória do meteoro toca a superfície.

– (P) Atração Zenital: influência da gravidade terrestre sobre o meteoróide, aumentando sua velocidade e movendo o radiante em direção ao zênite.

– (Q) Órbita: a linha de movimento de um corpo meteorítico quando assumimos o Sol como ponto de referência das coordenadas.

– (R) Chuva: para uso com A ou D – certo número de meteoros com surgimento em período definido e com trajetórias paralelas.

– (S) Esteira: quando usada referente aos termos A e D – um grupo de meteoros com órbitas similares.

## Elementos Orbitais

Os elementos orbitais são um grupo de parâmetros que definem a órbita de um objeto no espaço. Tais parâmetros são largamente utilizados nos clássicos sistemas de dois corpos.

Assim, as órbitas keplerianas podem formar elipses, parábolas ou hipérbolas. Um desenho com duas dimensões inserido num espaço de três dimensões. Em condições extremas podemos ter uma linha reta como órbita kepleriana.

Obviamente, existem muitas outras informações relevantes para uma maior precisão do caminho dos objetos em órbita. Temos ainda o arraste atmosférico, pressão da radiação solar, irregularidades nas distribuições de massa nos corpos e até mesmo os efeitos da Relatividade geral que ainda poderiam ser considerados.

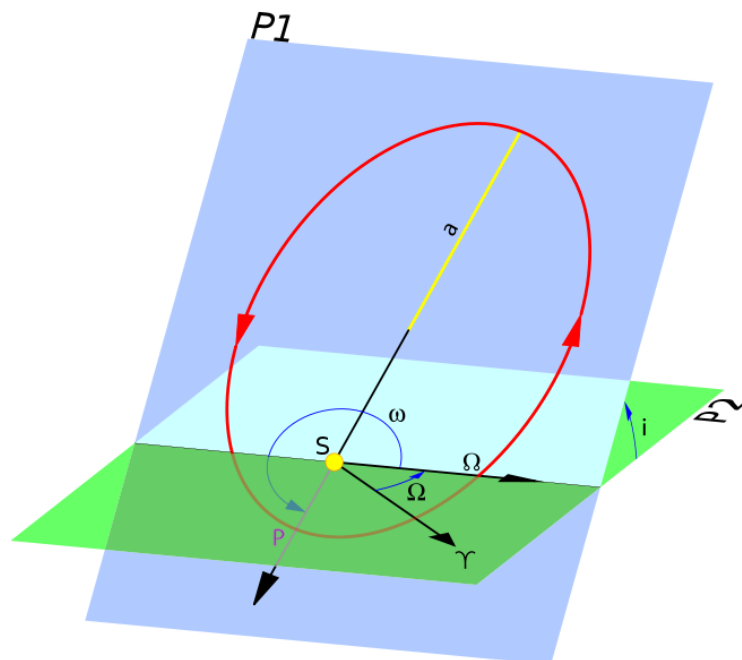


Figura1. Representação esquemática dos elementos orbitais.



Na antiguidade, a ideia que existia era de órbitas perfeitamente circulares. Conceito introduzido por Aristóteles e Ptolomeu. Quaisquer variações nos movimentos planetários eram explicadas pelos epiciclos. Em 1543, Nicolau Copérnico publicou seu modelo heliocêntrico, mesmo assim, ele ainda acreditava que os planetas se moviam circularmente.

Quando Kepler teve acesso às precisas observações de Tycho Brahe, foram necessários cinco anos tentando entender o movimento de Marte. E em 1609 publicou duas de suas três famosas leis do movimento planetário.

A primeira lei dizia que a órbita de todos os planetas era uma elipse, com o Sol em um dos focos.

Qualquer trajetória kepleriana pode ser definida por seis parâmetros. Onde tudo se resume a termos um vetor de posição e um vetor de velocidade. Cada vetor tem três componentes. Daí a necessidade de seis valores para definirmos a trajetória.

Dois parâmetros definem tamanho e formato da elipse orbital: Semi-eixo maior ( $a$ ) e Excentricidade ( $e$ ).

### **Semieixo maior ( $a$ )**

O Semieixo maior é a metade do tamanho do maior eixo da elipse.

Para a elipse, o semieixo maior é o valor médio das distâncias máximas e mínimas “ $R_{max}$ ” e “ $R_{min}$ ” a partir dos focos da mesma elipse.

$$a = (R_{max} + R_{min})/2$$

Para uma parábola, podemos obtê-la como o limite de uma sequência de elipses onde um dos focos é mantido fixo e o outro é levado cada vez mais distante da origem.

O semieixo maior de uma hipérbole é, a depender da convenção, metade da distância entre dois ramos. O eixo transversal da hipérbole coincide com o semi-eixo maior.

## **Distância do periélio (q)**

A distância do periélio é um importante dado orbital para a classificação e entendimento dos meteoroides em órbita. Uma vez que consigamos saber quão mais próximo um corpo chega do Sol, em seu trajeto, melhor será para avaliar alguns efeitos não gravitacionais sobre o path de sua trajetória. Um bom exemplo de efeito não gravitacional e que acaba alterando a órbita de meteoroides maiores que 10cm é o Efeito Yarkovsky.

## **Excentricidade (e)**

A excentricidade de um objeto em órbita é o parâmetro que define o quanto a elipse é mais ou menos similar a um círculo. Quando seu valor tende a zero, temos a aproximação a um círculo perfeito. Valores entre 0 e 1 nos dão órbitas elípticas. Valores de 1 nos dão parábolas e valores maiores que 1 nos dão hipérbolas.

## **Inclinação (i)**

É expressa entre o ângulo de um plano de referência e o plano orbital do objeto definido.

Podemos imaginar um satélite em órbita da Terra e de órbita sobre a linha do Equador. Assim, o plano orbital do satélite é o plano equatorial da Terra. O satélite terá inclinação de 0°.

Em termos gerais, a inclinação precisa de um plano de referência para ter seu ângulo medido.

## **Nodo Ascendente ( $\Omega$ )**

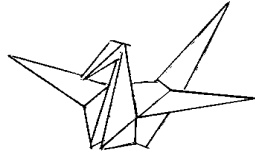
É o ângulo formado entre a linha de referência e o nodo ascendente. No caso de uma órbita dos meteoros em torno do Sol, este ângulo é a longitude eclíptica do

nodo ascendente. No caso de um satélite artificial orbitando a Terra, este ângulo é a ascensão reta do nodo ascendente. Nos dois casos (órbita em torno do Sol ou órbita em torno da Terra), a linha de referência é uma linha imaginária que vai do centro do corpo primário até o ponto vernal.

### **Argumento do Periélio ( $\omega$ )**

É o ângulo que se desenvolve desde o nó ascendente até ao periastro, medido no plano orbital do objeto e no sentido do seu movimento de translação. Para órbitas equatoriais, onde não há um nó ascendente, e para as circulares, que não têm periastro, não existe esse elemento.

Para os objetos cujas órbitas são em torno do Sol, esse elemento denomina-se argumento do periélio; para os que orbitam em torno da Terra é o argumento do perigeu.



# Capítulo 3

## Observação Visual de Meteoros

Muitos anos atrás, ninguém dava muita atenção à determinação da Taxa Zenital Horária. Todos os esforços se concentravam em apontar a posição do radiante. W.F. Denning, A.S, Herschel, C.P. Olivier, C. Hoffmeister dedicavam-se exatamente a isso.

Infelizmente, muito do trabalho feito àquela época mostrou-se com pouca validade atualmente. Tinha-se como predefinição que um radiante já poderia ser determinado com convergência de mínimos quatro meteoros. Assim, distinguir pequenas chuvas do background dos esporádicos era muito desafiador.

Justamente porque existe uma grande população de meteoros que não se encaixam em nenhuma chuva de meteoros. Fazem parte da classificação “esporádicos”. Este grupo possui taxa regular de ocorrência a cada noite.

Quase nenhuma importância era dada a taxa de frequência dos meteoros nem às distribuições de brilho. Até 1950, muito pouco se sabia sobre a estrutura das esteiras de meteoroides. Praticamente não há registros satisfatórios da THZ das grandes chuvas de meteoros tais como: orionids ou geminids. Isso impossibilitou confronto com simulações em computador que pudessem estimar as taxas futuras.

A partir de 1950, com a melhoria nas técnicas fotográficas, posicionamentos mais precisos para os riantes foram obtidos, invalidando as antigas marcações feitas pelos métodos visuais.

Uma grande massa de astrônomos amadores passou a investir nos registros fotográficos de meteoros e a nova base de imagens que foi sendo construída ajudou muito para refinar os estudos das chuvas de meteoros.

Ao nos dedicarmos ao acompanhamento visual das chuvas de meteoros, temos que ter em mente que é plenamente possível contribuir com a pesquisa sobre a estrutura da esteira de meteoroides, sim. Informações como variação de densidade, distribuição de massa e mudanças de tais parâmetros ano após ano é importante. Para que tenhamos dados relevantes, o observador tem que fornecer os seguintes dados:

- Condições do céu: magnitude visual limite e cobertura de nuvens ou obstrução do céu.

- Condições de observação: método observacional utilizado e tempo efetivo de observação.

- Características dos meteoros: magnitudes observadas e tentativa de associação com alguma chuva catalogada.

- Características gerais da observação: relatório padronizado.

## **Como observar?**

Cada observador deve trabalhar de forma individual. Mesmo em grupo, cada um deverá atuar como se estivesse sozinho. A implicação direta disso é que, se um mesmo meteoro for avistado por todos do grupo, os registros deverão continuar sendo particulares.

Se muitos observadores estão reunidos em um mesmo lugar e mantém certo nível de comunicação entre eles, isto poderá ajudar a manter todos atentos.

Pode se usar sistemas de gravação ou registro escrito, desde que se observe os cuidados com a iluminação para não ofuscar a visão.

Todos deverão escolher uma região do céu, com visão livre a uma elevação de pelo menos 50 graus. O período da observação deve ter pelo menos uma hora.

## O que registrar?

O início da observação deve ser registrado em UTC (h, m). Qualquer pausa na observação também deverá ser assinalada para poder-se fazer o cálculo: tempo sem vigilância em relação ao tempo total da campanha de observação. Também é necessário estimar a porcentagem de céu que possa estar obstruído, seja por árvores, construções ou mesmo nuvens. A magnitude estelar é outro parâmetro importante de se registrar. Isto acaba se tornando um balizador para a qualidade do céu. A precisão desejada da magnitude limite deverá ficar em 0,1.

O que está sendo buscado numa observação visual de meteoros é a determinação de quantos meteoros (componentes de uma chuva já catalogada ou esporádicos) e suas respectivas magnitudes, poderão ser vistos, numa dada região do céu, no período de uma hora.

Não é exatamente necessário que cada meteoro tenha registrada a hora de aparição. Mas que possamos ter, num intervalo de tempo definido, a lista dos meteoros que surgiram ali. Observações acima de 1 hora são mais produtivas se forem divididas em três sessões de 1 hora cada.

Cada meteoro registrado deverá ter sua magnitude estimada. Também deve-se proceder a tentativa de correlacionar cada um deles com alguma chuva já catalogada, a estar ativa no período. Caso não haja correlação alguma, o dado meteoro seria classificado como esporádico.

Dados adicionais podem ser inclusos como: estimativas de velocidade, cor, presença ou não de trilha persistente. Tais dados não implicam em grandes alterações no estudo da estrutura da esteira de meteoroides, mas ajudam a caracterizar agrupamentos de meteoros ou mesmo ajudar como pista para a existência de uma nova chuva não catalogada.

Um fato interessante é que podemos muito bem, após cada avistamento de meteoro, traçar sua trajetória em algum mapa celeste a mão. O problema é que esta tarefa irá descontinuar a tarefa de vigilância do céu. O tempo em que ficarmos traçando o meteoro no mapa, poderá ser o mesmo tempo em que outros exemplares surjam.

Ciclos de adaptação e readaptação à escuridão também não são muito desejáveis. Enquanto a pupila dilata, meteoros de brilho mais fraco poderão

simplesmente ficar invisíveis e serão ignorados no registro total. A experiência mostra que, contar meteoros e registrar suas posições são tarefas auto excludentes. Ou se faz uma ou outra. É reconhecido que mesmo durante um pico de atividade de meteoros, o fluxo não é homogêneo nem constante. Interromper a observação, prejudica o registro destas flutuações e dificulta a construção do entendimento do setor da esteira de detritos em que a Terra está cruzando.

## **Taxa Zenital Horária**

Imagine que um dado radiante se encontra exatamente sobre o zênite de um observador. Esta condição ofereceria uma visão máxima da atividade meteorítica para tal radiante. Isto porque, estando o mesmo em extrema elevação, não haveria risco de que a visão de parte dos meteoros ficasse obstruída pelo próprio horizonte terrestre. Assim, à quantidade de meteoros que surgisse num período de uma hora, estando o radiante ao zênite e com as melhores condições meteorológicas de observação damos o nome de Taxa Horária Zenital (THZ).

Os parâmetros necessários para o cálculo da taxa Horária Zenital são:

– Correção para a magnitude limite:

Como sabemos, o padrão de referência para o limite de magnitude visual é +6,5. Assim, se nas nossas condições de observação a magnitude limite é menor que +6,5, menos meteoros serão visíveis.

A correção aplicável será:

$$C = r^{(6,5 - lm)}$$

Onde “lm” é o limite visual observado. O Índice de população “r” é tido como 2,5, para meteoros de chuvas catalogadas e 3,0 para meteoros esporádicos.

## **Mas como determinar o limite de magnitude?**

Bem, não se deve pensar aqui em buscar observar as fracas estrelas nas áreas mais escuras do céu disponível. Devemos observar, dentro da sua área de vigilância, qual o limite de percepção de magnitude. Outra questão importante é que, muitas vezes, algumas pessoas estão tão habituadas com a observação do céu noturno, que são capazes de ter a aposição de certas estrelas memorizadas. Caso isso aconteça, por vezes a estrela em questão nem é vista de fato, mas a mente trata de preencher a lacuna com a sugestão real da visão da mesma.

Existe diferença entre limite visual de magnitude para observação de estrelas e de meteoros.

## **Elevação do Radiante**

Por simples observação geométrica, sabemos que o fluxo de meteoros muda conforme a orientação de entrada dos mesmos na atmosfera.

A correção  $C_f$  do fluxo é definida por:

$$C_f = \text{Sec}^{\gamma Z}$$

Onde “Z” é a distância angular entre a posição do radiante e o zênite. O expoente  $\gamma$  pode ser considerado 1.0. Entretanto, dados experimentais mostram que um expoente mais ajustado teria o valor de 1.5.

Como algumas pessoas sugerem manter o valor 1.0 para o expoente, é bem melhor então calcular a correção zenital para os dois limites de expoentes. Na verdade, somente com diferenças angulares maiores que  $70^\circ$  teríamos alterações significativas nos resultados do fluxo. Valores de “Z” menores que  $70^\circ$  dão maior tolerância aos cálculos.



## **Percepção do Observador**

Aqui entra um tema que é altamente subjetivo: o nível de atenção empregado pelo observador, durante a campanha de observação. Fatores como sono, fadiga, distração irão influenciar na percepção dos meteoros. Este é um ponto muito difícil de padronizar.

A melhor maneira de minimizar isso é determinar muito bem seus limites de bem-estar e de atenção focada. Outra medida que pode ajudar na manutenção de um nível confiável de registros é ter mais de um observador vigiando um mesmo setor do céu. Basta, para tanto, que sejam excluídos os meteoros coincidentes, evitando registros múltiplos de um mesmo evento.

## **Correção por Nebulosidade (F)**

O “K” deve ser estimado como % do céu desobstruído. Quando este “K” for maior que 0.2, todas as observações devem ser tomadas por nota.

A correção é dada pela fórmula a seguir:

$$F = 1/(1-K)$$

A informação do “F” deve constar no relatório de observação.

## **Métodos de registro**

O registro escrito da ocorrência de meteoros foi e continuará sendo uma opção prática. Mas o espaço para anotações deverá ser organizado, evitando que se tenha que fazer uso de forte iluminação, o que prejudicaria a adaptação dos olhos do observador à escuridão do céu noturno.

Um método altamente recomendado para o registro é simplesmente utilizar-se de um gravador de voz. Isto garante que o observador possa descrever o meteoro sem tirar os olhos do céu. E caso seja necessária a reconstituição da densidade de ocorrência dos meteoros, basta ouvir a gravação e pontuar os horários deles.

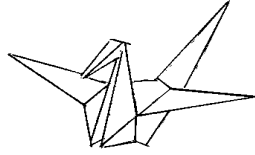
## **Separação dos esporádicos**

Quando se trabalha com registros por observação visual, um dos grandes desafios é promover a separação entre meteoros esporádicos e os já associados a chuvas. A regra aqui é simples: registre o meteoro, tente acumular o máximo de informações sobre ele (se possível já sinalize trajetória). Depois, em um segundo momento tente refinar tais registros.

## **Número de Observadores**

Não existe um número ótimo para os observadores, desde que todos trabalhem de forma independente e seja levada em consideração qualquer sobreposição de campo de visão durante a vigilância.

-



# Capítulo 4

## Observações Telescópicas

### Por que usar a observação telescópica?

Para responder a esta questão, vamos recorrer à técnica visual, sem perdermos o foco às limitações.

A questão importante é que não podemos simplesmente chamar o olho de “sensor panorâmico”, por conta de algumas desvantagens e problemas relacionados a este tipo de detecção de meteoros.

Não se trata de crítica aos observadores visuais, que são a base de todo o desenvolvimento da Astronomia de meteoros e são os responsáveis pela percepção de muito da dinâmica dos meteoroides com a atmosfera.

Assim, necessário se faz pontuar as limitações para que todos estejamos conscientes. Isso possibilita maior atenção na condução de observações visuais e, conseqüentemente, avanço nas técnicas.

Muito da problemática que envolve às relações entre profissionais e amadores reside no fato de que estes, muitas vezes, trabalham sem padronização tanto de técnicas quanto de registros. Isto gera, por vezes, resultados diferentes entre os grupos de observadores, por exemplo.

No caso da observação de meteoros, curiosamente, a interpretação do fenômeno as vezes, vem antes do evento ocorrer. O exemplo mais corriqueiro é o caso de o observador elaborar um julgamento e decidir se associa ou não um dado meteoro a uma tal chuva. Diferentes observadores podem discordar em associar um mesmo meteoro a uma mesma chuva. E olhe que ainda existe o fator tendência, que

pode alterar sensivelmente os julgamentos.

Temos os casos dos observadores que já buscam isolar somente os meteoros que pareçam se encaixar nas chuvas já catalogadas. Isso faz parecer que uma alta marcação de esporádico soe errada.

Temos o caso clássico da chuva  $\nu$ -pegasids, que por décadas foi considerada uma chuva fantasma. Foram vários os reportes de meteoros associados a este radiante, mas com o tempo, a chuva mostrou-se episódica.

A busca por uma padronização internacional em métodos observacionais e redução de dados foi um dos primeiros acertos da IMO e tornou-se de grande valia para todos.

Um problema fundamental é a baixa precisão na determinação da trajetória dos meteoros por sobre os mapas. Isto é, baixa precisão astrométrica. Muitos discordam estar errados em suas marcações. Mas é sabido que observadores com níveis diferentes de experiência gerarão resultados com precisões diferentes. Valores médios apontam variações de  $\pm 3^\circ$  para cada coordenada de trajetória do meteoro e  $\pm 4^\circ$  para sua direção, para um campo de observação de  $100^\circ$ .

Para grandes chuvas, como as Geminids, isso não é grande problema, mas para a determinação de pequenos chuveiros isso pode ser crucial.

Outro problema é que os observadores são atraídos somente pelas grandes chuvas, ignorando menores ocorrências. Assim, várias semanas podem ficar em descoberto.

Certamente o céu não é estático. Chuvas de meteoros podem ser intensificadas ou extintas. Sempre estão sendo descobertos novos cometas e asteroides. Alguns com suficiente aproximação com a órbita da Terra. Isto bem que pode gerar chuvas de meteoros inéditas. Interações gravitacionais podem deslocar as esteiras de partículas gerando novos riantes ou simplesmente, alterando a densidade de tais trilhas.

## **Como a observação telescópica pode ajudar?**

Uma das principais vantagens da observação telescópica é a existência de um reduzido campo de visão. Mas as taxas de registro diminuirão por conta de uma menor área do céu estar sendo observada? Aqui temos o pulo do gato! Para cada

ponto de magnitude, no sentido de meteoros menos brilhantes, temos um aumento de duas vezes e meia na população. Outro fator que muitas vezes é ignorado na observação visual é que a acuidade muda muito com a distância do eixo da visão. Um observador visual somente irá detectar um meteoro, no limite de magnitude daquele local, se este surgir no centro do olhar. No entanto, um fireball pode ser percebido com um deslocamento de até  $75^\circ$ . Assim, se estivermos olhando para o zênite, a cobertura seria de  $15.000^\circ^2$ .

Trabalhar com um campo de visão menor, somente diminuiria os registros dos raros meteoros realmente brilhantes.

Um campo de visão de  $50^\circ$  nos faz perder mais meteoros do que registrar. Somente meteoros 4 pontos de magnitude mais brilhantes que o limite de magnitude estarão suscetíveis à percepção.

Os registros no campo telescópico poderiam até ser menos numerosos do que os vistos a olho nu, mas uma vantagem insuperável é que a trajetória dos meteoros contra o fundo de estrelas será registrada de forma muito mais acurada. Isto porque o olhar não terá que rolar num grande campo de visão.

Considerando então que o olhar fica numa área menor e os meteoros não poderão ser vistos de “canto de olho”, a cabeça do observador também ficará mais “quieta” durante a observação.

Um campo de  $60^\circ$  já melhora a precisão por um fator de 3x em relação a um campo de  $100^\circ$ . Sendo que o campo de  $50^\circ$  já é quase 5x melhor. E com  $40^\circ$  de campo teremos uma melhoria de precisão de 6x em relação ao campo “padrão” de  $100^\circ$ .

A observação telescópica foi a base para a percepção de que campos menores tanto para fotografias quanto vídeos teriam acurácia ainda maior.

Em testes de simulação, campos de  $18^\circ$  mostraram acertos de precisão com quase 100% de precisão.

## **Tendência**

O fator tendência aqui, pode surgir da ação particular do apontamento do telescópio. Que seria algo como: escolher um campo maior ou menor e mais ou menos próximo do radiante esperado.

Trabalhar com observação telescópica incentiva que todas as épocas do ano sejam monitoradas.

Exemplos de chuvas como 11 Canis Majorids e Juy alpha Lirids são exemplos de chuvas proeminentes, mas de meteoros bem pouco brilhantes.

A grande dificuldade de observar chuvas menores se dá pela contaminação de dados pela presença do background esporádico.

Plotar as trajetórias dos meteoros a partir de um campo de visão mais reduzido diminui as chances de colocar o radiante muito fora da posição real.

### **Outras vantagens**

Além da possibilidade de se ver meteoros menos brilhantes, os eventos mais brilhantes fornecerão outras informações relevantes. Oscilações de brilho (efeitos de rotação, por exemplo) e fragmentações. Além da possibilidade de registro de trilha persistente após a passagem de meteoros rápidos. O fato de podermos registrar meteoros de baixo brilho nos possibilita iniciar estudos de quantificação da população dos meteoroides de pequenas massas e sua distribuição geral nos componentes de uma chuva de meteoros, por exemplo.

Outro grande desafio da Ciência de meteoros é a determinação da existência ou não de um drift (deslocamento) da posição do radiante ao longo dos dias.

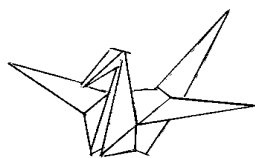
Caso as técnicas telescópicas tivessem sido implementadas mais cedo, teríamos muitas resoluções ligadas a determinação dos drifts, a muito resolvidas.

Regiões com atividade complexa, como a dos Aquarids-Capricornids ou Virginids podem ser estudadas de forma bastante setorizadas.

Quando assumimos que a atividade de esporádicos tem pouca flutuação ao longo dos anos, quanto mais precisa a classificação dos meteoros, melhor será para determinar o real fluxo das chuvas de meteoros, sem a contaminação da atividade de background.

Os conceitos da observação telescópica tanto ajudaram na evolução dos estilos de observação visual como foi o embrião para o desenvolvimento das técnicas de vídeo monitoramento. Foi a virada de chave de não somente atuar com registros All-Sky, mas investir em capturas chamadas Narrow Field (campo estreito). Isto porque

todas as vantagens da observação telescópicas passavam a ganhar o aliado da gravação em vídeos, possibilitando que um mesmo evento pudesse ser revisto várias vezes e por muitas pessoas. Facilitando assim a análise e divulgação.



# Capítulo 5

## As cores dos meteoros

Tem se tornado comum, nos últimos anos, infográficos mostrando a associação das cores dos meteoros com a presença de metais. Em termos práticos, a correlação direta entre cor vista em um meteoro e um dado metal é um exagero. As emissões luminosas dos meteoros envolvem muitos processos, mesmo naquele espaço tão curto de tempo. Sendo a cor final, o somatório de todos estes processos.

Muitos “gabaritos” de cor surgiram. Provavelmente advindos dos testes de chama realizados na Química Analítica ou mesmo como uma aproximação da espectrofotometria de emissão atômica.

No caso dos testes em bicos de Bunsen, as diferentes cores associadas a metais ocorrem em chamas relativamente frias e com poucos contaminantes. Geralmente são usados metais com baixa energia de ionização e que vão emitir luz no espectro visível.

Nas experimentações da espectrofotometria de chama, caso usemos queimador com mistura de acetileno e óxido nitroso, conseguiremos chamas bem mais quentes e próximas de temperaturas encontradas no fenômeno meteoro.

Acontece que, no ambiente controlado do laboratório, temos o direcionamento dos gases de combustão e da amostra para que o caminho óptico do sistema analisador sofra o mínimo de interferência. Mesmo assim, ainda conduzimos o ensaio em branco para posteriormente eliminar ruído inerente à própria técnica.



Quando avistamos um meteoro, a luz é proveniente dos processos de emissão atômica gerada pelo súbito aquecimento do meteoróide. E se o corpo tiver pouca massa e a velocidade de entrada for alta demais, ele acaba por vaporizar completamente.

Mas a atmosfera do entorno do meteoróide também sofre aquecimento e conseqüentemente: ionização e emissão. Assim, a cor “final” do meteoro é proveniente das emissões do meteoróide somadas às emissões da própria atmosfera terrestre.

Temos assim, um somatório de comprimentos de onda das várias emissões, com conseqüente necessidade de avaliar:

- As influências de cores complementares;
- Reabsorção por poluição atmosférica;
- Acuidade visual;
- Sensibilidade dos equipamentos registradores;
- Efeitos de variação de densidade atmosférica com a altitude.

Mas se pudéssemos tratar de forma resumida, a distribuição de cores dos meteoros, poderíamos inferir o seguinte:

### **Vermelho**

Meteoros vermelhos são extremamente raros, ficando com algo próximo a 0.5% em relação a toda a população vista. Sempre parecerão ter brilho mais fraco do que realmente tem. A visão humana é muito deficiente em enxergar o vermelho em ambiente pouco iluminado. Já as câmeras sem filtro IR registrarão melhor estes meteoros deixando-os bem mais brilhantes do que realmente são.

## **Laranja**

Esses meteoros são bastante raros. Somente dentro da população de Geminídeos esta cor consegue se sobressair, em termos estatísticos, do próprio background esporádico. Em termos gerais, possuem a proporção máxima de 1.5%. Provavelmente isto acontece por conta da menor sensibilidade dos olhos a esta cor, considerando um ambiente observacional de pouca luz. O registro destes meteoros por vídeo monitoramento é favorecido por conta de grande parcela da emissão estar no infravermelho próximo.

## **Amarelo**

Meteoros amarelos são os mais comuns de se ver. Quase 80% dos avistamentos apontam para esta cor. geminídeos e taurídeos são ótimos exemplos de onde a proporção de meteoros amarelos está bem superior à dos encontrados em esporádicos. O porquê desta proporção mais alta não está bem explicado. Mas chuvas como as delta Aquariids, por exemplo, mostram uma proporção de meteoros amarelos equivalente à encontrada dos esporádicos.

## **Verde**

Meteoros verdes são considerados muito raros na observação visual. Essa cor é produzida por oxigênio e nitrogênio atmosféricos e a relativamente pequena energia de ablação de alguns meteoroides pode ser insuficiente para gerar estado ionizado adequado para tornar esta cor perceptível. Daí o porquê muitos dos meteoros verdes vão geralmente ter magnitudes negativas. Altas energias são requeridas para promover transições eletrônicas nos gases rarefeitos da alta atmosfera.

## **Azul**

Essa é uma cor que ocorre em proporção moderada e está em segundo lugar de ocorrência. Os meteoros azuis esporádicos ocorrem na proporção de 3% e

superam todas as chuvas exceto a Perseidas e Geminídeas que possuem proporção de meteoros azuis próxima a 5%.

### **Violeta**

Estes meteoros são incrivelmente raros, algo com 0.02%. E quando consideramos que a sensibilidade dos olhos ao violeta é similar à do amarelo, temos a certeza de que é um fator ligado muito mais aos meteoroides e nada à nossa capacidade de percepção. Meteoros violetas tendem a ser muito brilhantes.

### **As trilhas de meteoros**

As diversas chuvas de meteoros geram diferentes percentuais de trilhas persistentes.

Os fatores principais que afetam esta característica são: composição química dos meteoroides e relação Massa x Velocidade.

O estudo das trilhas tem muita importância na ciência de meteoros. Ajuda como assinatura química para os meteoroides e fornece informações sobre a atmosfera superior.

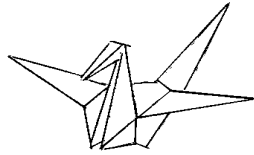
Os espectros de meteoros mostram que as linhas de emissão, em sua maioria, são provenientes dos metais: Fe, Na e Mg, mas também mostram presença de Si e O, quando a energia associada ultrapassa 5 eV do estado fundamental.

Em primeira instância, a colisão dos átomos do meteoróide com os átomos da atmosfera gera uma rápida compressão e elevação de temperatura. Temos parte da emissão como consequência deste fenômeno. Em segunda instância, temos a colisão dos átomos do próprio corpo do meteoróide durante a ablação, gerando emissão de segunda ordem.

Já os mecanismos de formação da trilha persistente são diferentes a depender da duração dela.

Nas trilhas de curta duração, o que temos é a neutralização dos íons envolvidos no processo: primeiro ocorre a recepção de elétrons pelos cátions metálicos  $M^+$  (Fe, Na, Ca, Mg, K...) a partir dos ânions atmosféricos ( $O^-$ ,  $O_2^-$ ). Essa neutralização deixa as espécies atmosféricas em estados desestabilizados. Quando ocorrer o retorno de tais espécies aos seus estados fundamentais, que pode resultar em uma ou mais transições, teremos a emissão de radiação eletromagnética.

Nas trilhas persistentes de longa duração, o mecanismo mais importante é a recombinação de moléculas na cauda do meteoro. Tais recombinações geram estados de transição eletrônica sucessivos com emissão de radiação que poderá ser percebida como luz. Neste caso as emissões serão tanto do material que compunha o meteoróide quanto dos gases atmosféricos.



# Capítulo 6

## Impactos lunares

A Terra é bombardeada (diariamente) por toneladas de detritos de origem asteroidal. A grande maior parte deste material não causa danos significativos ou mesmo mensuráveis em cidades ou assentamentos humanos. Isto porque a maior parte destas rochas espaciais possui tamanho tal que a atmosfera terrestre consegue consumir o material, que acaba por vaporizar. Eventualmente, alguns fragmentos chegam ao solo.

Denominados de meteoritos, poucos são capazes de liberar grandes energias no impacto, não deixando mais do que pequenas crateras, após sua queda livre.

Mas quando tais rochas espaciais seguem na direção da Lua, não haverá nenhuma redução de velocidade prévia. Justamente porque a Lua não possui atmosfera.

Tais colisões, com velocidades cósmicas, são capazes de gerar um súbito aquecimento do local do impacto. Assim temos a cadeia de conversão: energia cinética > energia térmica > energia luminosa. A depender da massa e da velocidade do objeto impactado, esse flash poderá ser captado e registrado a partir da Terra.

Este foi o caso do impacto de 14/12/2017 e que foi considerado oficialmente, como o primeiro impacto lunar registrado a partir de solo brasileiro.

Telescópios a partir de Maceió- AL (David Duarte e Romualdo Alencar) e Araruna-PB (Marcelo Zurita) captaram um flash de magnitude R estimada em 7.0. Como os tempos dos registros estavam sincronizados e o ponto luminoso surgiu nas

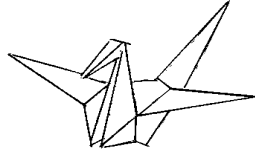
mesmas coordenadas selenográficas foi constatado que o fenômeno só poderia ter origem na superfície lunar. Considerando também que na madrugada de 14 de dezembro de 2017, a Terra atravessava a região mais densa da trilha de detritos que compõem a chuva de meteoros GEM, tínhamos um legítimo impacto lunar, com alta probabilidade de ter como impactador, um meteoróide originário do asteroide 3200 Phaethon.

Existem alguns programas observacionais profissionais para monitoramento lunar em busca de registros de impactos, mas o flash mais bem documentado da história contou com centenas de telescópios amadores. Foi captado durante a totalidade de um eclipse lunar. Às 04h41min38s UTC de 21/01/2019, um pequeno flash foi notado sob as coordenadas selenográficas de: latitude de  $-29.8^\circ$  e longitude de  $-69.9^\circ$  ( $\pm 10\text{Km}$ ). Este meteoróide não foi associado a nenhuma chuva de meteoros conhecida.

Os impactos tendem a ser registrados na região lunar sob sombra, pois como a maioria dos flashes tem baixo brilho, precisam desta condição de contraste para serem mais bem observados.

Assim, para aumentar a probabilidade da captura de imagem de algum flash de impacto precisamos de algumas condições geométricas favoráveis entre as posições do sistema Terra-Lua em relação à trilha de meteoróides que compõem uma dada chuva de meteoros.

Este guia oferece o aspecto da Lua na noite do máximo estimado para algumas das chuvas listadas e a marcação da região com maiores probabilidades de impacto.



# Capítulo 7

## Sobre as chuvas de meteoros e constelações

O Meteor Data Center mantém uma comissão permanente para deliberar sobre a nomenclatura de chuvas de meteoros. Essa comissão adota as normativas que serão expostas neste tópico.

A regra geral para nomear as chuvas de meteoros e/ou trilhas de meteoroides usa a posição do radiante da seguinte forma:

– 1º Identifica-se a constelação na qual o radiante está, com nomenclatura na forma genitiva em latim.

Existem sete sufixos para os nomes das constelações em latim. A saber:

- ae (Ex: Lyrae)
- is (Ex: Leonis)
- i (Ex: Ophiuchi)
- us (Ex: Doradus)
- ei ( Ex: Equulei)
- ium (Ex: Microscopium)
- orum (Ex: Geminorum)

Nota 1: o padrão de formação do genitivo consta na substituição destes sufixos pelo sufixo “id” para os termos no singular e “ids” para os termos no plural. Mas, temos exceções! Como no caso de Aquarii, que tem seu genitivo sendo

Aquariids e não Aquarids. Também temos que observar os casos das constelações de Hydrus e Hydra, onde temos os genitivos Hydrusids e Hydrids respectivamente.

Caso a constelação tenha nome composto, somente o sufixo da segunda palavra será trocado. Vejamos o exemplo dos meteoros de Canes Venaticae Estes possuirão o genitivo de Canum Venaticorum e os meteoros teriam o nome de Canum Venaticids. Caso tenhamos agrupamento de nome de duas constelações, os dois nomes sofrem alteração de sufixo, como no caso Puppids-Velids.

Mas com o passar do tempo, mais e mais radiantes de chuvas de meteoros foram sendo descobertos e a nomenclatura baseada somente nos nomes das constelações era muito limitada. Assim foi necessária e inclusão de uma nova regra:

- 2º A designação grega da estrela mais próxima ao radiante foi incorporada ao nome da chuva.

Para as chuvas de meteoros diurnas é adicionado o termo “Daytime”. Por definição, se o radiante possui elongação solar menor que  $32^\circ$  podemos chamá-lo de diurno.

Nos casos de filamentos de chuvas de meteoros que estejam separados no céu a partir de posicionamentos norte e sul temos os termos: Northern e Southern. Mas para tanto, os dois filamentos devem estar ativos simultaneamente.

A título de observação, temos também as chuvas “irmãs”. O caso emblemático é a dupla eta Aquariids – Orionids. Trata-se de um mesmo fluxo de meteoroides, interceptando a órbita da Terra duas vezes. Obviamente, os meteoros surgirão em duas datas diferentes e parecerão irradiar de duas regiões diferentes do céu. Recebendo assim, duas designações diferentes.

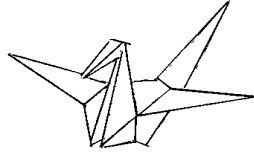


### Lista das Constelações e Genitivos

<b>Nome da Constelação</b>	<b>Abreviação</b>	<b>Genitivo</b>
Andromeda	And	Andromediid
Antlia	Ant	Antilids
Apus	Aps	Apodis
Aquarius	Aqr	Aquariids
Aquila	Aql	Aquilids
Ara	Ara	Arids
Aries	Ari	Arietids
Auriga	Aur	Augirids
Bootes	Boo	Bootids
Caelum	Cae	Caelids
Camelopardalids	Cam	Camelopardalids
Cancer	Cnc	Candri
Canes Venatice	CVn	Canum Venaticids
Canis Major	CMa	Canis Majorids
Canis Minor	CMi	Canis Minorids
Capricornus	Cap	Capricornids
Carina	Car	Carinids
Cassiopeia	Cas	Cassiopeids
Centaurus	Cen	Centaurids
Cepheus	Cep	Cepheids
Chamaeleon	Cha	Chamaelontids
Circinus	Cir	Circinids
Columba	Col	Columbids
Coma Berenices	Com	Coma Berenicids
Corona Australis	CrA	Coronae Australids
Corona Borealis	CrB	Coronae Borealis
Corvus	Crv	Corvids
Crater	Crt	Craterids
Crux	Cru	Crucids
Cygnus	Cyg	Cygnids
Delphinus	Del	Delphinids
Doradus	Dor	Doradids
Draco	Cra	Draconids
Equulus	Equ	Equuelids
Eridanus	Eri	Eridanids
Fornax	For	Fornacids
Gemini	Gem	Geminids
Grus	Gru	Gruids
Hercules	Her	Herculids
Horologium	Hor	Horologiids
Hydra	Hyd	Hidrids
Hidrus	Hyi	Hidruides
Indus	Ind	Indids
Lacerta	Lac	Lacertids
Leo	Leo	Leonids
Leo Minoris	LMi	Leonis Minorids
Lepus	Lep	Leporids

Libra	Lib	Librids
Lupus	Lup	Lupids
Lynx	Lyn	Lyncids
Lyra	Lyr	Lirids
Mensa	Men	Mensids
Microscopium	Mic	Microscopiids
Monoceros	Mon	Monocerotids
Musca	Mus	Muscids
Norma	Nor	Normids
Octans	Oct	Octanids
Ophiucus	Oph	Ophiuchids
Orion	Ori	Orionids
Pavo	Pav	Pavonids
Pegasus	Peg	Pegasids
Perseus	Per	Perseids
Phoenix	Pho	Phoenicids
Pictor	Pic	Pictorids
Pisces	Pis	Piscids
Piscis Austrinus	Pau	Piscis Austrinids
Puppis	Pup	Puppids
Pyxis	Pyx	Pyxidids
Reticulum	Ret	Reticulids
Sagitta	Sge	Saggitids
Sagittarius	Sag	Sagittariids
Scorpius	Sco	Scorpids
Sculptor	Scl	Sculptorids
Scutum	Sct	Scutids
Serpens	Ser	Serpentids
Sextans	Sex	Sextantids
Taurus	Tau	Taurids
Telescopium	Tel	Telescopiids
Triangulum	Tri	Triangulids
Triangulum Australe	TrA	Trianguli Australids
Tucana	Tuc	Tucanids
Ursa Major	UMa	Ursae Majorids
Ursa Minor	UMi	Ursae Minorids
Vela	Vel	Velids
Virgo	Vir	Virginids
Volans	Vol	Volantids
Vulpecula	Vul	Vulpeculids

A α Alpha	B β Beta	Γ γ Gamma	Δ δ Delta	E ε Epsilon	Z ζ Zeta
H η Eta	Θ θ Theta	I ι Iota	K κ Kappa	Λ λ Lambda	M μ Mu
N ν Nu	Ξ ξ Xi	Ο ο Omicron	Π π Pi	Ρ ρ Rho	Σ σ,ς Sigma
T τ Tau	Υ υ Upsilon	Φ φ Phi	Χ χ Chi	Ψ ψ Psi	Ω ω Omega



## Capítulo 8

### Melhores chuvas de meteoros para o Brasil

A fonte de meteoros do Antihelion (ANT) é uma larga região oval por volta de  $30^\circ$  de Ascensão Reta e  $15^\circ$  de declinação, centrada a  $12^\circ$  a leste do ponto de oposição solar na eclíptica, daí seu nome. Não pode ser encarada como uma chuva de meteoros autêntica (nem sequer tem designação numérica pela IAU). Mas é uma região do céu onde muitas chuvas fracas têm riantes. Até 2006, alguns complexos de chuvas de meteoros também compunham a região de forma mais indistinta. Mesmo observações recentes tem se mostrado inúteis quando o objetivo é fazer a separação de novos riantes dentro da região antihelion. Na eventualidade de registros e identificação de que o meteoro tem fonte provável na região do antihelion, sugerimos que tal meteoros seja marcado como pertencente ao grupamento ANT. Mas também podemos citar a alpha Capricornids e a Southern  $\delta$ -Aquariids como chuvas em separado dos meteoros ANT. No segundo semestre a região é dominada pelos meteoros da chuva Taurids, deixando os meteoros ANT virtualmente inativos.

**MAIO**

## **$\eta$ -Aquariids #031 ETA**

Já dentro do outono e com diminuição de nebulosidade em grande parte do país, é uma chuva de fácil observação. A atividade de meteoros está relacionada ao cometa 1P/Halley e é “irmã” da chuva de meteoros Orionids. O radiante possui uma declinação igual a  $-1^\circ$ . Com meteoros notadamente rápidos é capaz de permitir a visualização de algumas trilhas persistentes.

**Atividade: 18 de abril – 6 de junho; Máximo: 5 de maio ( $\lambda_{\odot} = 45,0$ ); THZ = 160 (oscila anualmente entre 35 e 80 mas este ano é previsto um surto); Radiante:  $\alpha = 338$ ,  $\delta = -1$ ; Vg = 66 km/s; r = 2.4.**

### **HISTÓRIA**

A sugestão de que uma chuva de meteoros estava ativa do final de abril ao meio de maio começou em 1863. H.A. Newton examinou as datas de antigas chuvas e percebeu uma série de períodos aos quais estavam sem campanhas observacionais. Um destes períodos de 28/04 a 30/04. Mas tal faixa de datas tinha registros de atividades de meteoros em 401 A.D., 839 A.D., 927 A.D., 934 A.D. E 1009 A.D.

Os meteoros ETA foram oficialmente catalogados em 1870, por G.L. Tupmann (enquanto navegando no Mar Mediterrâneo). Ele registrou 15 meteoros em 30 de abril e 13 meteoros na noite de 2/3 de maio. Depois W.F. Denning examinando os registros da Italian Meteoric Association, identificou 45 meteoros assinalados entre 29/04 e 05/05 de 1870. Finalmente, a chuva recebeu mais dados em 29/04/1871, quando Tupmann registrou mais 8 meteoros.

As observações dos eta Aquariids sempre foram raras em registros. Mas durante 1876, A. S. Herschel descobriu algo que despertou seu interesse. Houve o surgimento de uma pesquisa matemática.

O cometa Halley tinha estado próximo à Terra em 4 de maio com um radiante em Aquário. E Herschel notou que o radiante assinalado por Tupmann em 1870 e 1871 estava muito perto da posição do Halley.

Poucos eram os relatos existentes sobre os ETA, que tivessem sido registrados

por observadores no hemisfério sul da Terra.

Denning finalmente conseguiu organizar uma campanha observacional para os ETA entre 30/4 e 06/5 de 1886. Um total de 11 meteoros foram plotados, revelando um radiante na posição da estrela delta Aquarii. Neste mesmo ano, Herschel notou que a posição do radiante se deslocava noite após noite.

Somente da década de 20 do século XX, bons observadores da chuva ETA surgiram no hemisfério Sul. R.M. McIntosh (Nova Zelândia) publicou um dos mais significantes estudos dos ETA em 1929. Foi a comprovação irrefutável de que o pico de atividade acontece no início de maio. Pena que as condições de tempo impediram que ele apontasse a data com precisão. A THZ ficou entre 10-20 com pico entre 2-11 de maio. A largura do radiante ficou em 5°. Os cálculos de McIntosh mostraram também as similaridades entre as órbitas dos ETA e do Cometa Halley.

Em 1947, a chuva ETA entrou no ranking das atividades meteoríticas detectadas por técnicas de rádio. Entre 1º e 10 de maio o rádio telescópio em Jodrell Bank mediu os picos de THZ com valor de 12. Mais e mais dados foram adicionados em novas campanhas nos anos 40 e 50.

Pesquisadores usando o radar em Springhill Meteor Observatory (Canadá) e depois, com o Ondrejov Observatory (República Tcheca) foram hábeis em adicionar mais dados sobre os ETA.

O Observatório Springhill cobriu o período 1º a 10 de maio e um fato revelado por A. Hajduk. Usando as médias orbitais obtidas no período entre 1958 - 1967, dois máximos pareciam surgir de 4 de maio e 7 de maio.

A Astronomia amadora tem contribuído muito com o incremento de dados para esta chuva. Assim, surgiu a clara percepção de THZ diferentes entre os hemisférios. Temos THZ de 20 para Norte e o dobro da taxa para o Sul. Um dado adicional e que é um atrativo para observação desta chuva é que 1/3 dos meteoros deixam rastro persistente.

Durante o retorno do Halley em 1985/1986, muitas organizações de observação de meteoros empreenderam campanhas observacionais para conferir possíveis incrementos de THZ dos ETA e dos ORI. Relatos de várias partes do mundo indicaram que isto, de fato, não ocorreu.

## **O Cometa**

Os detritos do espaço que entram em contato com a atmosfera da Terra e geram a chuva ETA são provenientes do cometa 1P Halley. Seu período orbital é de 76 anos. Sua última passagem periélica foi em 1985/1986. O próximo retorno será em 2061.

Este cometa foi descoberto em 1705 por Edmond Halley. Seu retorno foi previsto por observações de registros anteriores. O Halley é, provavelmente, o cometa mais popular. Suas dimensões são: 16km x 8km x 8km. É um dos mais escuros objetos do sistema solar, com albedo de apenas 0,03. Para se ter uma ideia, o asfalto recém aplicado possui albedo de 0,04.

### **Para 2024**

Mikhail Maslov calcula que para este ano, a Terra se aproximará de uma trilha de meteoroides ejetadas pelo cometa Halley, ainda no ano de 985. Assim, devemos ter aumento de atividade em 3 de maio, entre 5h e 8h UTC. Comparativamente, devemos esperar meteoroides de maior massa, gerando assim, uma maior proporção de fireballs ETA.

Já em um estudo de Egal et al. Mostra que teremos um surto de atividade dos ETA sob a longitude solar de  $45^\circ$ , com THZ de 160. A data do máximo deste surto é 5 de maio às 5h UTC.

Na noite estimada para o máximo a Lua estará somente com 0,5% de iluminação, na fase nova e posicionada na constelação de Áries. Isso possibilita que o luar não gerará nenhuma interferência na ocorrência dos meteoros.

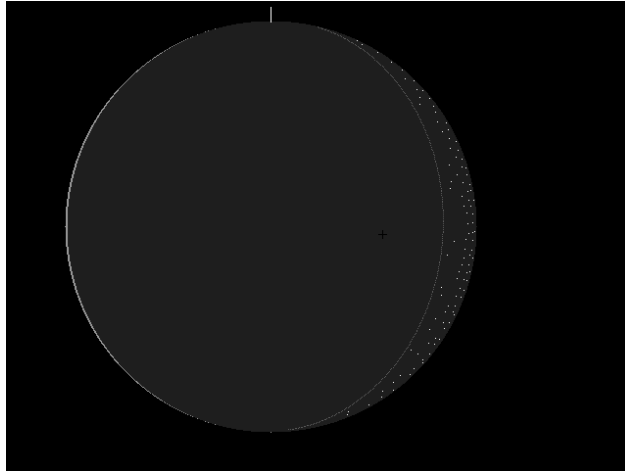


Figura 2. Aspecto do disco lunar e região com potencial para impactos lunares na noite do máximo de atividade para a chuva de meteoros ETA.

A figura nos mostra o aspecto da Lua, como vista da Terra, na noite estimada para a maior atividade dos eta Aquariids. Vemos a divisão entre a área iluminada e a área de sombra. A região pontilhada nos mostra onde teremos maior probabilidade de registrar eventuais impactos de meteoroides ETA contra a Lua.

**Elementos orbitais médios da chuva ETA:**

**a: 7.41**

**e: 0.955**

**i: 163.6°**

**Peri: 98.4°**

**Node: 46.6°**

**Corpo Parental: Cometa 1P/ Halley.**

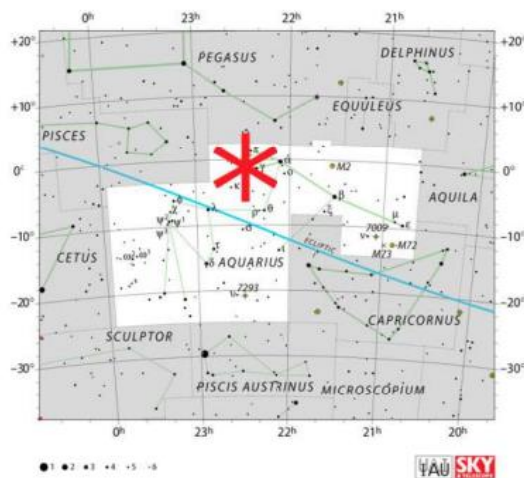


Figura 3. Posição média do radiante da chuva ETA.



**JUNHO**

## **epsilon Gruids #797 EGR**

A história da chuva EGR começa com o pesquisador Marcelo Zurita (Brasil) em março de 2016. Ele tinha objetivo de montar um vídeo, com a marcação de um mapa celeste, do surgimento dos meteoros registrados pela rede BRAMON (Brazilian Meteor Observation Network), ao longo de 2014 e 2015. Com o vídeo finalizado e após sucessivas execuções do mesmo, Zurita percebeu que a cada mês de junho, um agrupamento de meteoros surgia na posição do céu correspondente a constelação do Grou. Após conferir nas listas oficiais, constatou que não existia nenhuma chuva de meteoros ativa naquela região e naquele período do ano.

Foi feito contato com o pesquisador Carlos Di Pietro, sobre estas ocorrências. Novo procedimento de verificação foi feito e a mesma conclusão foi alcançada: não existia chuva de meteoros catalogada para a aquela posição de Ascensão Reta e Declinação, dentro daquele período do ano.

Uma das primeiras ações foi identificar e separar os meteoros que formavam aquele agrupamento visual. Eram 12 membros, com órbitas determinadas através de pareamentos por videomonitoramento.

A segunda ação foi conhecer o fluxo de trabalho para a validação matemática de uma nova chuva de meteoros.

As pesquisas tiveram como foco inicial o levantamento de artigos científicos necessários para o aprendizado do uso das funções de dissimilaridade orbital, o chamado *D Criteria*.

Alguns artigos publicados no periódico WGN (International Meteor Organization) usavam como *D Criteria* o  $D_{SH}$ , que é um método de avaliação de dissimilaridade orbital proposto por Southworth & Hawkins<sup>1</sup> em 1963. Outros artigos, do mesmo periódico, traziam como função base para o *D Criteria* o  $D_D$ , que se refere ao método proposto por J. D. Drummond<sup>2</sup> em 1981.

Também era de conhecimento de Zurita e Di Pietro a existência de outros critérios de Dissimilaridade.

A dificuldade encontrada pelos pesquisadores era a disponibilidade de tempo para empreender o levantamento de vários artigos e conseqüentemente, o

---

<sup>1</sup>Southworth R. B., Hawkins G.S., 1963, Smithsonian Contr. Astrophys., 7, 261.

<sup>2</sup>Drummond J. D., 1981, Icarus, 194, 13.

desenvolvimento matemático para a validação da potencial nova chuva de meteoros no Grou.

A busca ficou por alguns meses parado. De qualquer forma isso deu a oportunidade para se adicionar os meteoros candidatos, surgidos em junho de 2016.

Já em 2017, o tema da suspeita da chuva no Grou voltou à tona. Mas ainda era necessário entender as funções e empreender o desenvolvimento de ferramentas matemáticas que pudessem ajudar na condução dos cálculos.

Lauriston Trindade, ao saber da possibilidade de existência de uma chuva de meteoros não catalogada e que possuía membros na base de dados da BRAMON, interessou-se em saber qual o procedimento para validar e garantir a descoberta para a BRAMON e para o Brasil.

Zurita passou a planilha com a lista dos meteoros candidatos e Di Pietro passou os artigos de referência para que se iniciasse o entendimento e criação de um fluxo de estudos.

Valendo-se de um grande tempo livre, por conta de sua situação de desemprego, Trindade começou a leitura de artigos sobre a descoberta e validação de chuvas de meteoros através do método de videomonitoramento.

Um fluxo de trabalho começou a ser criado a partir do entendimento do que deveria ser feito. E em duas semanas já se possuía um esboço bastante funcional das ferramentas básicas de validação.

O agrupamento do Grou mostrou-se promissor e dos doze meteoros previamente relacionados por Zurita, Trindade isolou sete que possuíam  $D_D$  menor que 0,105.

A base de dados inicial da pesquisa contava com pouco mais de 4205 meteoros. E ainda era possível aumentar as exigências de qualidade das órbitas para refinarmos os melhores dados.

Vários testes foram feitos com vários níveis de exigência de qualidade em tais órbitas. Até que se chegou a um número de 966 meteoros para um trabalho mais intenso.

Todos os cálculos iniciais para a validação da chuva na constelação do Grou foram executados de forma manual. Isto é, Trindade listava pares de meteoros e usava os parâmetros orbitais deles nas funções de dissimilaridade. Quando houve suficiente entendimento das ferramentas matemáticas envolvidas, as funções de

dissimilaridade foram montadas em planilhas eletrônicas de cálculos. Assim, os testes que inicialmente ocorriam com pares de meteoros a cada vez, passaram a incluir grupos cada vez maiores. Na última versão da planilha já era possível testar trinta meteoros por vez. Onde cada meteoro era testado contra todos e os resultados de  $D_{SH}$  e  $D_D$  já era automaticamente visto.

Quando a chuva do Grou foi validada matematicamente, seguindo-se as regras das metodologias em voga pela comunidade astronômica internacional, estabeleceu-se contato com um dos apoiadores da BRAMON, Jakub Algot Koukal (República Tcheca).

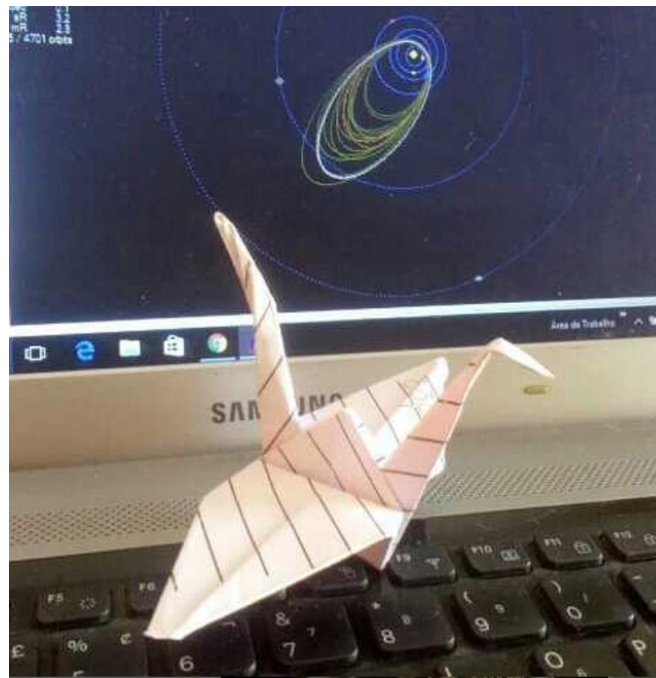


Figura 4. Grou em origami e vista das órbitas dos meteoros candidatos à descoberta.

A intenção era que Koukal buscasse nas bases de dados da EDMOND (The European VIDEOMeteor Observation Network), meteoros que pudessem corresponder a chuva descoberta pela BRAMON. Sabíamos que seria muito difícil que câmeras da Europa continental tivessem registros de atividade na constelação do Grou. Com posição muito austral, o radiante estaria muito baixo no horizonte para garantir registros. Felizmente, existia a possibilidade que as câmeras situadas nas Ilhas Canárias (Latitude 25° N) pudessem ter algo. E de fato isso se concretizou. Da lista de meteoros que Koukal enviou, constatou-se que dois tinham características similares aos meteoros registrados pela BRAMON. Isto é, encaixavam nos testes de *D Criteria*.

Di Pietro enviou, no dia 9 de março de 2017, informe ao MDC (Meteor Data Center), sinalizando atividade meteorítica com pico em 11 de junho e com radiante na posição da estrela epsilon do Grou. No dia 20 de março, a lista de chuvas de meteoros da IAU (International Astronomical Union) foi atualizada. A Chuva epsilon Gruids tornou-se a primeira chuva descoberta por brasileiros.

**Atividade: 7 de junho a 19 de junho. Máximo: 14 de junho ( $\lambda_{\odot} = 84^{\circ}$ ); THZ = 0,2 Radiante:  $\alpha = 346,8^{\circ}$ ,  $\delta = -51,5^{\circ}$ ; Vg = 54,3km/s.**

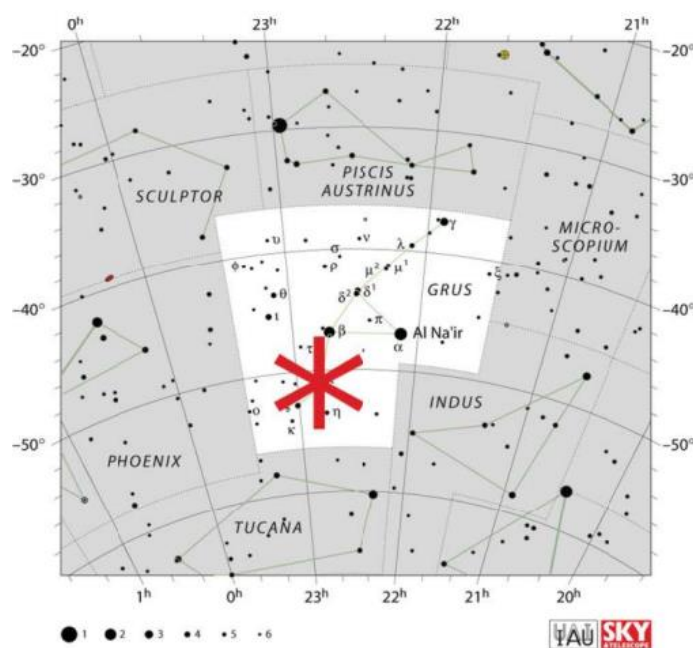


Figura 5. Posição média do radiante para a chuva epsilon Gruids.

## Microscopiids #370 MIC

O radiante possui uma inclinação igual a  $-28,3^\circ$ . Isso coloca o foco dos meteoros praticamente sobre a cidade de Porto Alegre – RS. Esta chuva pode frustrar alguns observadores, pois o intervalo entre os meteoros pode ser bastante longo. Não possui corpo parental indicado. Com meteoros de média velocidade, oferece observações visuais mais difíceis para pessoas com pouca experiência nesta atividade, principalmente pela tendência dos meteoros terem pouco brilho aparente.

**Atividade: 21 de junho a 18 de julho. Máximo: 30 de junho ( $\lambda_{\odot} = 98,75^\circ$ );**  
**THZ = 2, Radiante:  $\alpha = 320,3^\circ$ ,  $\delta = -28,3^\circ$ ;  $V_g = 38,0\text{km/s}$ .**

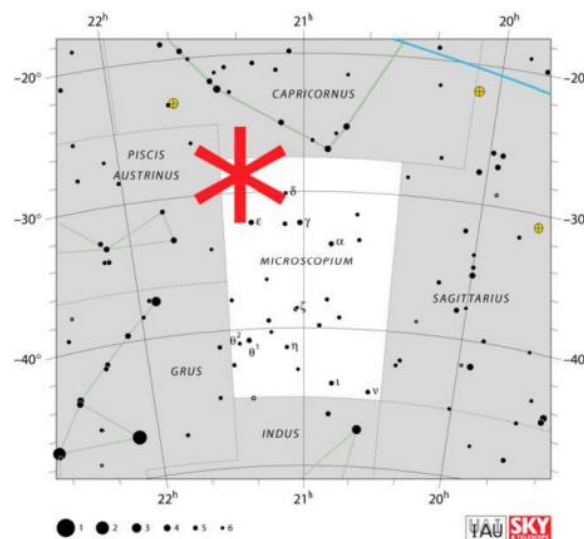


Figura 6. Posição média do radiante da chuva MIC.

JULHO

## **Xi2 Capricornids #623 XCS**

O radiante possui declinação igual a  $10,8^\circ$  Sul. Isso coloca o foco dos meteoros sobre posição bastante favorável à observação no Brasil. Esta chuva de meteoros possui facilidade de observação por estar em um período do ano onde ocorre baixa nebulosidade em muitas regiões do Brasil. Infelizmente, a baixa THZ faz com que exista grande tempo de espera entre os meteoros. Possui corpo parental indicado como sendo o asteroide 2003 T12. Com meteoros média-baixa velocidade, oferece observações visuais mais fáceis para pessoas com pouca experiência nesta prática.

**Atividade: 08 de julho a 24 de julho. Máximo: 20 de julho ( $\lambda\odot = 117^\circ$ ); THZ = 3; Radiante:  $\alpha = 303,9^\circ$ ,  $\delta = -10,8^\circ$ ;  $V_g = 24,5\text{km/s}$ .**

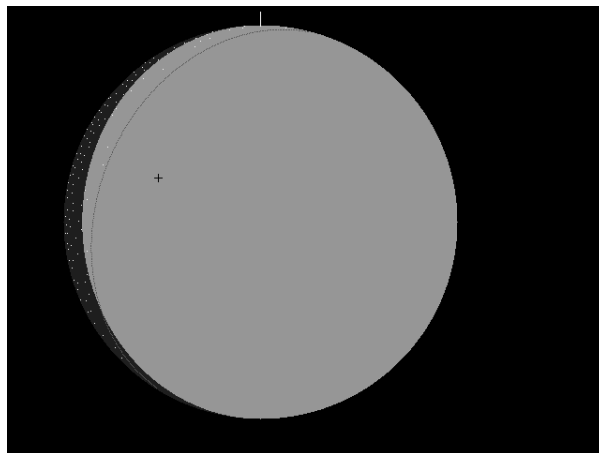


Figura 7. Aspecto do disco lunar e região com potencial para impactos lunares na noite do máximo de atividade para a chuva de meteoros XCS.

Na noite estimada para a máxima atividade da chuva XCS teremos a Lua com 93% de seu disco iluminado, na constelação de Sagitário. Com todo este brilho, tanto ofuscará a maior parte dos registros de meteoros quanto impedirá monitoramento de impactos.

### **Elementos orbitais médios da chuva XCS**

**a: 2.40 AU**

**e: 0.786**

**i:  $7.6^\circ$**

**Peri:  $277.4^\circ$**

**Node:  $119.7^\circ$**

**Corpo parental: 2003 T12**



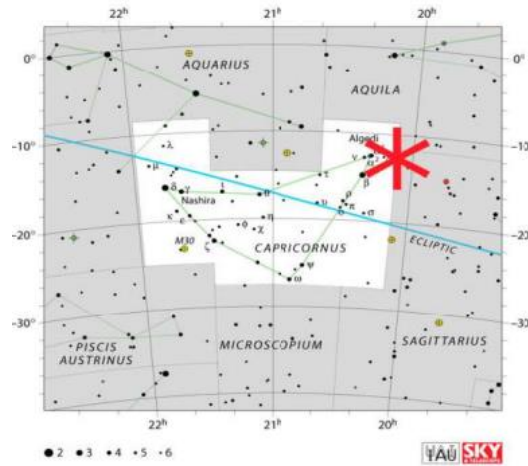


Figura 8. Posição média para o radiante da chuva Xi2 Capricornids.

## tau Cetids #598 TCT

O radiante possui declinação igual a  $18^\circ$  Sul. Isso coloca o foco dos meteoros sobre posição bastante elevada em nosso país. Esta chuva de meteoros possui facilidade de observação por estar em um período do ano onde ocorre baixa nebulosidade em muitas regiões do Brasil Não possui corpo parental encontrado. Com meteoros rápidos, possui tendência à formação de trilhas persistentes.

**Atividade: 10 de julho a 4 de agosto. Máximo: 20 de julho ( $\lambda_{\odot} = 117,5^\circ$ ); THZ = 25; Radiante:  $\alpha = 28^\circ$ ,  $\delta = -18^\circ$ ;  $V_g = 65,0\text{km/s}$ .**

Na noite projetada para o máximo de atividade da chuva TCT a lua estará com 98% do disco iluminado, na constelação de Sagitário. Em fase quase cheia irá apagar a grande maioria dos meteoros da noite. Não oferecerá condições para monitoramento de impactos lunares.

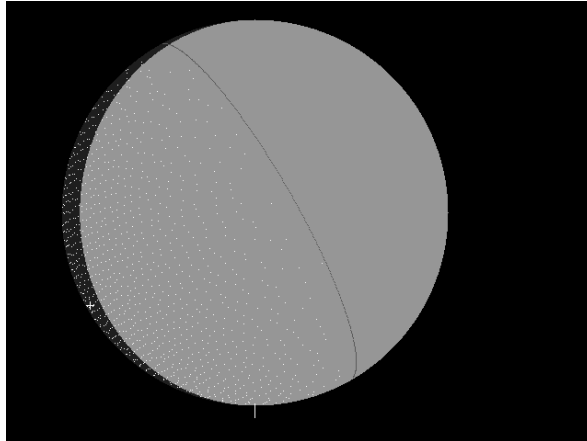


Figura 9. Aspecto do disco lunar e região com potencial para impactos lunares na noite do máximo de atividade para a chuva de meteoros TCT.

### Elementos orbitais médios da chuva TCT

a: 4.80 AU

e: 0.8045

i: 127.71°

Peri: 33.8°

Node: 301.63°

Corpo parental: não possui indicação.

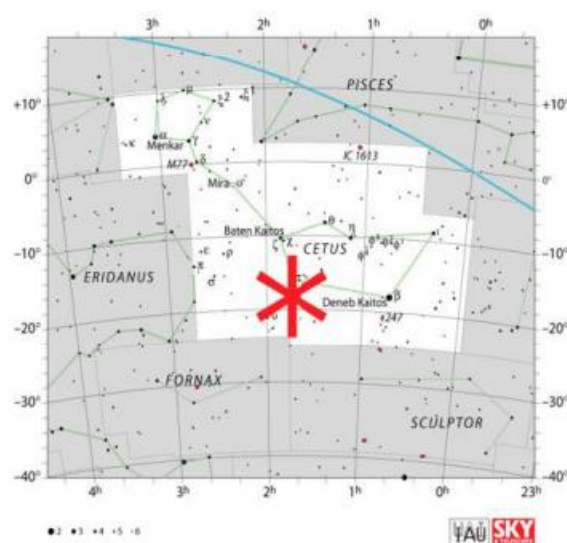


Figura 10. Posição média para o radiante da chuva TCT.

## alpha Capricornids #001 CAP

O radiante possui declinação igual a  $10^\circ$  Sul. Isso coloca o foco dos meteoros sobre posição bastante elevada em nosso país. Esta chuva de meteoros possui facilidade de observação por estar em um período do ano onde ocorre baixa nebulosidade em muitas regiões do Brasil Possui o cometa 169P (NEAT) como corpo parental. Com meteoros lentos, propicia que os mesmos durem mais tempo e possam ser mais bem observados.

**Atividade: 11 de julho a 7 de agosto. Máximo: 27 de julho ( $\lambda_{\odot} = 124.0^\circ$ ); THZ = 5; Radiante:  $\alpha = 307^\circ$ ,  $\delta = -10^\circ$ ;  $V_g = 23,0\text{km/s}$ .**

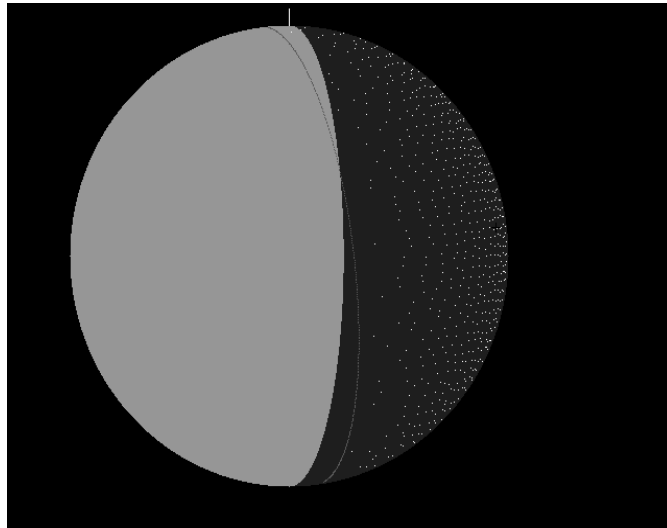


Figura 11. Aspecto do disco lunar e região com potencial para impactos lunares na noite do máximo de atividade para a chuva de meteoros CAP.

Na noite estimada para o máximo de atividade a Lua estará com pouco mais de 60% de seu disco iluminado. Em fase cheia e na constelação de peixes, deve interferir na visualização de meteoros. Mesmo com toda sua porção escura com potencial de impactos, a alta iluminação remanescente dificultará os registros de eventuais impactos.

**Elementos orbitais médios da chuva CAP:**

**a: 2.54**

**e: 0.774**

**i: 7.5°**

**Peri: 268.9°**

**Node: 125.4°**

**Corpo parental: 169P (NEAT)**

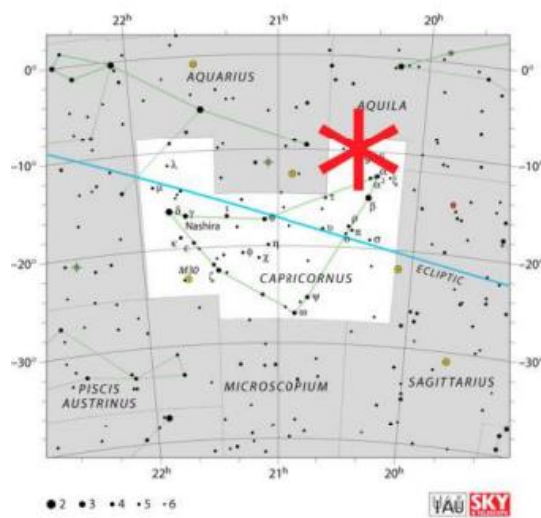


Figura 12. Posição média do radiante da chuva CAP.

## Southern $\delta$ -Aquariids #005 SDA

Esta é a melhor chuva para observação no Brasil. O radiante possui uma declinação de 16° Sul. Possui como corpo parental o asteroide 2008 Y12.

### HISTÓRIA

Durante julho-agosto, o complexo Aquariids-Capricornids está ativo. A região contém as atividades ramificadas dos delta Aquariids e Iota Aquariids, como raios próprios em Capricórnio. Mas a maior atividade fica por conta dos dois ramos Delta Aquari.

G. L. Tupmann reportou atividade na região de Aquário em 1870. Foram 65 meteoros assinalados entre 27 de julho e 6 de agosto. Tupmann conseguiu perceber a mudança de posição do radiante ao longo dos dias. Marcou como início as coordenadas:  $340^\circ$  e  $Dec = -14^\circ$ . Para aposição final tínhamos:  $RA = 333^\circ$  e  $Dec = -16^\circ$ . Tupmann acreditava que a posição inicial do radiante correspondia a verdadeira chuva SDA e que a posição final era formada por meteoros do complexo Aquariids-Capricornids.

Seguindo os passos de Tupmann, W. F. Denning adicionou dados de pelo menos mais 20 experientes observadores durante o século XIX.

Eram registros que se referiam claramente aos SDA. Os Northern delta Aquariids (NDA) somente foram descobertos a partir da década de 1950.

Denning procedeu observações do que percebemos hoje terem sido os NDA, mas erroneamente ele agrupou toda esta atividade, de muitos raios, que ocorriam entre maio e novembro como sendo uma gigantesca chuva: a “beta Piscids”.

Algumas campanhas observacionais destacavam meteoros NDA, mas sem a percepção de que era algo independente. Temos como exemplos: 10 meteoros entre 21 e 23 de agosto de 1879, com radiante localizado nas coordenadas  $RA = 350^\circ$  e  $Dec = 0^\circ$ . Outros 7 meteoros entre 16 e 20 de agosto de 1885, com radiante na posição  $RA = 345^\circ$  e  $Dec = 0^\circ$  e mais 6 meteoros registrados entre 13 e 16 de agosto de 1893, com radiante localizado na posição  $RA = 347^\circ$  e  $Dec = 0^\circ$ . Como estes meteoros não eram numerosos, os registros de Denning não incentivavam novas pesquisas.

As observações continuaram no século XX, mas sempre havia a associação que todo os meteoros registrados pertenciam a chuva SDA.

O primeiro estudo relevante sobre os SDA foi publicado em 1934. Ronald M. McIntosh usou os dados da New Zealand Astronomical Society, coletados entre 1926 e 1933 para determinar o movimento (drift) diário do radiante. Ao todo, 44 posições calculadas do radiante SDA foram utilizadas. McIntosh concluiu que a atividade dos SDA era contínua entre 22 de julho e 9 de agosto. Anotou também a mudança de posição do radiante de RA = 334,9° e Dec = -19,2° para RA = 352,4° e Dec = -11,8. Com drift: dRA = +0,96° e dDec = 0,41°. O pico de atividade foi estimado como sendo em 28 de julho. Os dados estavam de acordo com o perfil dos SDA mas nada foi mencionado sobre os NDA.

Em 1935, McIntosh publicou seu clássico artigo: An index to Southern delta Aquariids. Era a compilação de 350 posições observadas para o radiante SDA. Nenhum deles era suficientemente convincente como sendo o NDA.

C, Hoffmeister e seu grupo de observações, acumularam bons dados entre 1908 e 1938. Em tais dados, Hoffmeister encontrou atividade de sete agrupamentos. Cinco daqueles, possuíam plotagem de dois ou três riantes para cada. Para Hohhmeister, o máximo da atividade dos SDA ocorria em 3 de agosto. Ele se baseou na média entre dois riantes estabilizados, com máximo em 2 de agosto. Dez outros riantes tinham pico em 6 de agosto. Hossmeister chegou até mesmo a isolar um radiante com características NDA, com pico estimado em 13 de agosto.

O primeiro estudo por reflexão de radar para os delta Aquariids foi conduzido por um equipamento em Ottawa, Canadá. Em 1949, o astrônomo canadense D.W.R. McKinley detectou os dois ramos da chuva. Infelizmente não houve diferenciação de órbitas para os dois ramos. Em 1954, num artigo para o Astrophysical Journal, McKinley revelou dois riantes distintos: um mais intenso e um mais sutil.

Entre 1949 e 1951, foi a vez do radar Jodrell Bank fazer suas observações. Os melhores dados foram acumulados em 1950. G. S.Hawking e Mary Almond estimaram o pico de atividade para 28 de julho. Com THZ de 38. Outros dados do radiante foram obtidos: largura de 3°, posição média em RA = 339° e Dec = - 14°. Mesmo com as observações do período de 1949-1951, o radiante era considerado “difuso”.

Durante 1952, Mary Almond fez um estudo para determinar a velocidade dos

SDA. Separando as órbitas dos exemplares mais promissores, 32 membros foram isolados. A velocidade média deles ficou em 40,5 km/s. O pico de atividade foi determinado como sendo em 28 de julho, na posição RA = 340° e Dec = -15°. Quando houve a combinação da posição do radiante e as velocidades dos meteoros, houve o surgimento das primeiras estimativas de órbitas para os SDA.

Almond encontrou forte similaridade orbital entre os SDA e os Arietídeos de junho. Valores de distância do periélio, excentricidade e longitude do periélio eram muito parecidos. As diferenças maiores surgiam no Argumento do periélio e no Nodo Ascendente. Era condizente com o aspecto difuso dos SDA e NDA. “Como a inclinação da órbita dos delta Aquariids é 24°”, ela explicou, “a esteira de meteoroides deve estar 0,31UA distante da Terra em 9 de junho”. A partir da observação dos Arietids ao longo de 16 dias, temos uma esteira com largura de aproximadamente 0,27 UA. A evidência de que nos últimos dias de atividade para os delta Aquariids se encontram mais ao sul, fortaleceu a ideia de que, na verdade, aconteciam duas chuvas conectadas no tempo, gerando a falsa impressão de uma chuva difusa e estendida.

Ao usarem mais de 2000 fotografias obtidas no Harvard Meteor Project entre 1952 e 1954, F.W. Wright, L.G. Jacchia e F. L. Wipple apontaram a existência do ramo norte dos delta Aquariids. Foi a primeira vez que o radiante norte foi reconhecido, estando associado à chuva SDA e tratado como integrante de um complexo fluxo de meteoros. Foi notada também a simetria orbital entre os dois ramos com a eclíptica ou mesmo com a órbita de Júpiter. Ao tentarem correlacionar a SDA com a chuva dos Arietids de junho notaram diferença de 134° entre seus Nodos, o que poderia ser causado pelas contínuas perturbações gravitacionais de Júpiter.

Os dados fotográficos acumulados entre 1952-1954 foram analisados por muitos astrônomos durante as décadas seguintes. B. A. Lindblad (Lund Observatory, Sweden) fez o mais completo estudo em 1971.

Para os SDA, ele isolou 13 meteoros dentro do período de atividade de 21 de julho e 8 de agosto. A passagem pelo nodo foi dada em 31 de julho, com radiante em RA: 340° e DEC: -16°. Um segundo estudo usou 11 meteoros com órbitas precisamente calculadas. O estudo começou usando-se um D-Criteria de 0,15. Percebeu-se que mesmo sendo menos tolerante ao usar-se um D-Criteria de 0,10, os SDA permaneciam com suas órbitas similares entre si. Isso demonstrava alto grau de

similaridade orbital no grupo. Para o ramo norte, Lundblad isolou 9 órbitas obtidas por fotografias. O período de atividade ficou entre 9 e 25 de agosto. Com passagem nodal em 14 de agosto e radiante sob as coordenadas RA: 347° e DEC: +1°.

Vários estudos por ecos de radar foram implementados. Em 1960, B. L. Kashcheyev e V.N. Lebedinets do Karkov Polytechnical Institute obtiveram 151 meteoros SDA entre 14 de julho e 14 de agosto, com posição média do radiante em RS 341,2° e DEC -16,4°, o drift do radiante era de  $dRA = 0,85^\circ$  e  $dDEC = +0,35^\circ$  e um semi-eixo 2,0 UA. Para o ramo norte tivemos 50 meteoros entre 7 de julho e 14 de agosto com passagem nodal em 1º de agosto. Radiante posicionado em RA: 336° e DEC: -4,9°. O drift do radiante foi dado como sendo  $dRA +0,9^\circ$  e  $dDEC +0,3^\circ$ . Vale ressaltar que os dados orbitais neste estudo surgiram com dados orbitais diferentes do aceito até então. O que gerou suspeita de contaminação de dados.

Pesquisas com radar foram conduzidas em 1961. C.S. Nilsson (Adelaide Observatory, Australia), encontraram um máximo em 28 de julho para os SDA. Ele também registrou o ramo norte, mas como o radar esteve inoperante entre 5 e 15 de agosto, Nilsson acreditava ter perdido o máximo da chuva.

A partir de sessões entre 1961 e 1965, Zdenek Sekanina encontrou a SDA entre 16 de julho e 14 de agosto, na posição RA 342,2° e DEC -16,9°, máximo em 30 de julho. Os delta Aquariids do Norte foram dados como ocorrendo entre 26 de julho e 27 de agosto, com máximo em 13 de agosto. A posição do radiante ficou em RA 344° e DEC +0,3°. Sekanina considerava a chuva NDA mais definida, mas menos numerosa que a SDA.

Um estudo muito relevante, ainda da década de 1960, feito por S.E. Hamid e Fred L. Whipple tentava correlacionar diferentes chuvas de meteoros. Colocaram a SDA com forte ligação com a Arietids diurna em junho. Mas também ofereceram ligações com as Quadrantideas de janeiro. Foi encontrado que por volta de 1300-1400 anos atrás, os membros das duas chuvas tinham planos orbitais similares. Os efeitos de Jupiter eram fortes e evidentes. E, provavelmente, as duas chuvas tinham origem num mesmo corpo parental.

Tentou-se buscar referências antigas sobre a chuva SDA. C.P. Oliver sugeriu algo ainda em 1925, associando a atividade registrada em 19 de julho de 714 e 14 de julho 784 com os SDA. Também acreditava que o registro de 1007, no Japão, deveria ser associado aos SDA. Isso dava margem para um movimento e regressão do Nodo



Ascendente em  $0,8^\circ$  a  $1,3^\circ$  por século.

**Atividade: 17 de julho a 17 de agosto. Máximo: 28 de julho ( $\lambda_{\odot} = 125.67^\circ$ ); THZ = 25; Radiante:  $\alpha = 340^\circ$ ,  $\delta = -16^\circ$ ;  $V_g = 41\text{km/s}$ ;  $r = 2.5$ .**

Na noite estimada para o máximo de atividade a lua estará com 50% do disco iluminado, em fase minguante e na constelação de Áries.

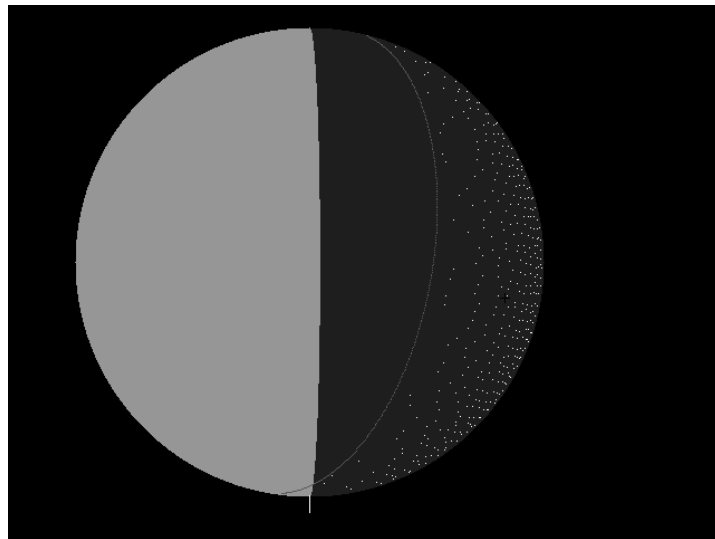


Figura 13. Aspecto do disco lunar e região com potencial para impactos lunares na noite do máximo de atividade para a chuva de meteoros SDA.

O brilho da Lua tende a gerar apagamento visual dos meteoros menos brilhantes.

A projeção da superfície lunar com potencial de impactos é de 25% do disco. Mas a grande porção iluminada da Lua, irá ofuscar qualquer registro mais tênue.

#### **Elementos orbitais médios da chuva SDA**

**a: 2.59 AU**

**e: 0.975**

**i:  $29.0^\circ$**

**Peri:  $152.9^\circ$**

**Node:  $306.6^\circ$**

**Corpo parental: 2008 Y12**

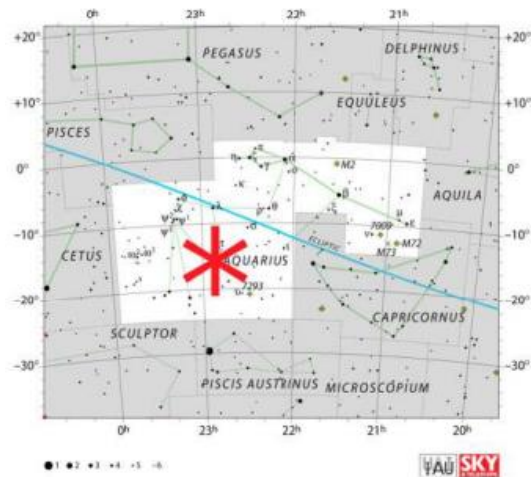


Figura 14. Aspecto do disco lunar e região com potencial para impactos lunares na noite do máximo de atividade para a chuva de meteoros SDA.

## Southern iota Aquariids #003 SIA

O radiante possui uma declinação de 14.7° Sul. Esta chuva de meteoros possui taxas de meteoros bastante constante ao longo dos anos, mas por se tratar de uma chuva menor, pode frustrar os observadores menos experientes. Não possui corpo parental definido. Com meteoros de média velocidade, ajuda que os fenômenos sejam mais duradouros e possam ser mais bem observados e registrados.

**Atividade: 26 de julho a 16 de agosto. Máximo: 28 de julho ( $\lambda_{\odot} = 125.67^{\circ}$ ); THZ = 2; Radiante:  $\alpha = 332,9^{\circ}$ ,  $\delta = -14,7^{\circ}$ ;  $V_g = 30,5\text{km/s}$ .**

Na noite estimada para o máximo de atividade a lua estará com 48% do disco iluminado, em fase minguante e na constelação de Áries.

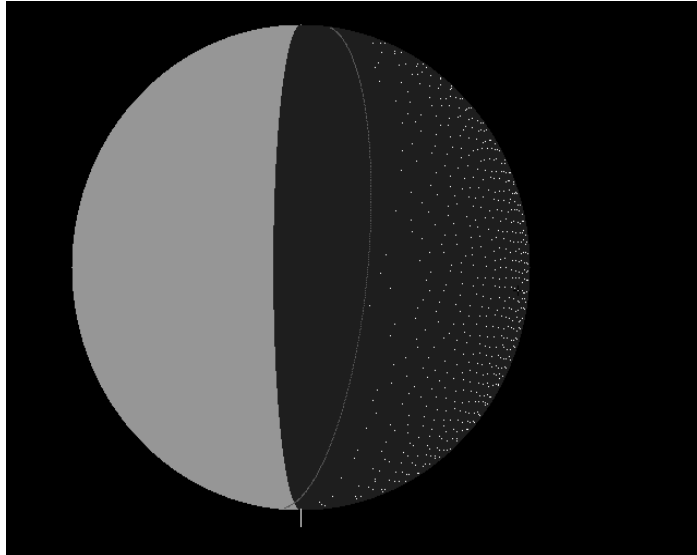


Figura 15. Aspecto do disco lunar e região com potencial para impactos lunares na noite do máximo de atividade para a chuva de meteoros SIA.

Em fase minguante, deverá interferir na visualização dos meteoros mais tênues. A região potencial para registros de impactos é de aproximadamente 30%, mas a baixa taxa horário dos meteoros SIA não garantirá estatística aceitável para uma campanha de monitoramentos.

**Elementos orbitais médios da chuva SIA:**

**a: 1.546**

**e: 0.8587**

**i: 5.3°**

**Peri: 134.3°**

**Node: 309.1°**

**Corpo parental: não possui.**

# Agosto

## August Caelids #798 ACD

Junto com a chuva #797 EGR foi uma das primeiras chuvas de meteoros descoberta por brasileiros, em pesquisa pela BRAMON.

### HISTÓRIA

Enquanto ocorria o processo de cálculos para os meteoros que compunham a chuva EGR, algumas planilhas eletrônicas foram gradualmente sendo montadas. A intenção inicial era elaborar testes de dispersão que envolvessem os parâmetros orbitais utilizados nos cálculos de dissimilaridade.

Como o objetivo de Lauriston Trindade era buscar radiantes no hemisfério sul, todos os meteoros do banco de dados que estivessem partindo de declinações positivas foram excluídos. Na sequência, foram eliminados meteoros que estavam dentro da faixa de Ascensão Reta que compreendia as constelações de Capricórnio, Sagitário e Escorpião. Isso promoveu uma significativa redução do número de meteoros a serem pesquisados.

Após este filtro inicial, Trindade começou a reunir os meteoros por aproximação numérica simples, por elementos orbitais. Iniciou isolando grupos de meteoros com intervalo de Nodo Ascendente menores que  $20^\circ$ . Dentro destes novos grupos, buscava meteoros que tivessem diferença máxima de inclinação de  $7^\circ$ . Era uma forma de busca por clusters. Isso tomava muito tempo. Mas se existisse algum agrupamento mais evidente, certamente seria visível cedo ou tarde.

Este método acabou se mostrando satisfatório, quando houve percepção que algumas chuvas já catalogadas, puderam ser “redescobertas”. Isto porque alguns meteoros que constavam no banco de dados como esporádicos, na verdade, eram integrantes de chuvas já consolidadas.

Um grupo com 21 meteoros apareceu de forma promissora, com possibilidade de estabelecimento de um radiante inédito, na posição da estrela Alfa do Cinzel.

As buscas por outros novos radiantes pararam e houve a concentração em dois objetivos: definição final para os EGR e estabelecimento da prova matemática para a nova chuva o Cinzel.

Carlos Di Pietro recebeu o extrato com a lista de meteoros da pesquisa do Cinzel. Verificou que existia pequena amplitude de diferença entre os elementos orbitais dos integrantes daquela lista. Isso poderia mostrar uma nova chuva no céu do hemisfério sul.

A etapa seria testar o grupo de meteoros candidatos e verificar qual a dissimilaridade média de todos. De posse da média geral, a estratégia seria sinalizar os integrantes do grupo que estavam mais dispersos. Na sequência, eliminar os mais dispersos, fazer nova média e reavaliar as dissimilaridades orbitais do grupo restante.

Neste processo, somente restaram oito meteoros que encaixavam suas órbitas perfeitamente e estavam distribuídos ao longo de três anos de registros. E dentro dos preceitos da ciência de meteoros vigente, poderíamos tomar o cluster como uma chuva de meteoros legítima.

O pesquisador Carlos Di Pietro conferiu os cálculos e comprovou mais uma descoberta, que foi reconhecida pelo Meteor Data Center (MDC), órgão ligado à União Astronômica Internacional (IAU). Em 20 de março de 2017, o MDC validou as duas chuvas de meteoros propostas pela BRAMON, tornando a EGR e ACD como as primeiras chuvas de meteoros descobertas por brasileiros.

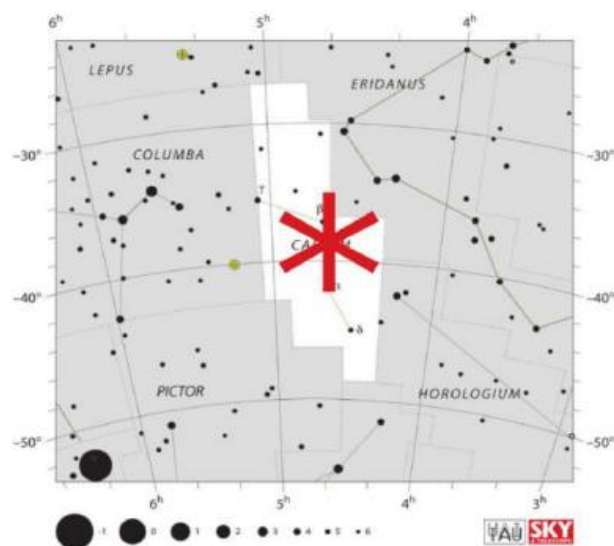


Figura 16. Aspecto do disco lunar e região com potencial para impactos lunares na noite do máximo de atividade para a chuva de meteoros ACD.

## eta Eridanids #191 ERI

O radiante da chuva ERI possui declinação de 12° Sul. Isso deixa o radiante bastante elevado para todo o Brasil.

É uma chuva muito estável no que se refere à taxa de ocorrência de meteoros, mas mantém essa mesma taxa em níveis bastante baixos. Possui o cometa C/1852 K1 (Chacornac) como corpo parental. Com meteoros de alta velocidade, é comum termos registros de trilhas persistentes em meteoros ERI.

**Atividade: 19 de julho a 17 de agosto. Máximo: 5 de agosto ( $\lambda_{\odot} = 133^{\circ}$ ); THZ = 3; Radiante:  $\alpha = 43,7^{\circ}$ ,  $\delta = -12^{\circ}$ ;  $V_g = 64,5\text{km/s}$ .**

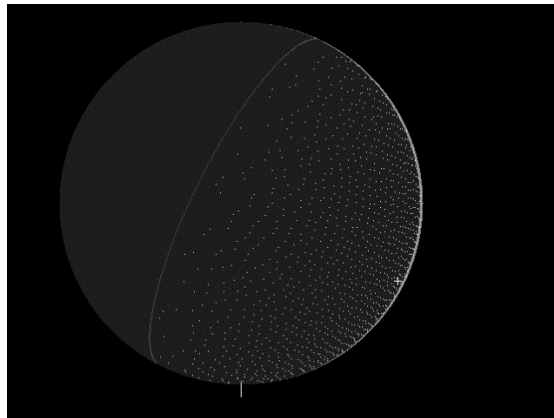


Figura 17. Aspecto do disco lunar e região com potencial para impactos lunares na noite do máximo de atividade para a chuva de meteoros ERI.

Na noite estimada para o máximo de atividade da chuva ERI, a Lua terá 2% de iluminação, na fase nova. Teremos mais de 50% do disco, lunar com potencial de registros de impactos. A dificuldade fica por conta do pouco tempo de permanência da Lua visível no céu.

### Elementos orbitais médios da chuva ERI:

**a: 10.33**

**e: 0.945**

**i: 132.7°**

**Peri: 28.4°**

**Node: 317.7°**

**Corpo parental: C/1852 K1**

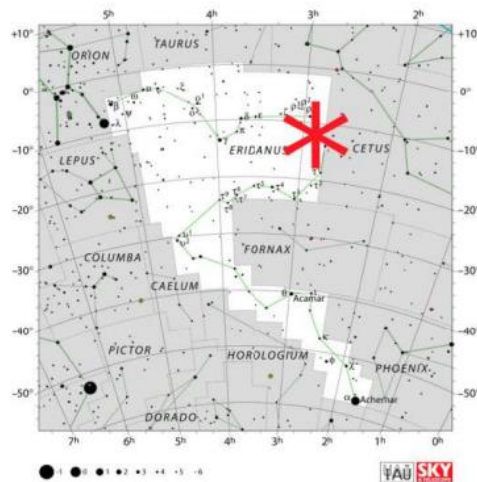


Figura 18. Posição média do radiante para a chuva ERI.

## August omicron Aquariids #640 AOA

O radiante da chuva AOA possui declinação de  $14,4^\circ$  Sul. Isso deixa o radiante bastante elevado para todo o Brasil.

É uma chuva muito estável no que se refere à taxa de ocorrência de meteoros, mas mantém essa mesma taxa em níveis baixíssimos. Não possui cometa ou asteroide associado como corpo parental. Seus meteoros possuem média velocidade, oferecendo dificuldade para pessoas com pouca prática em registros visuais de meteoros.

**Atividade: 4 de agosto a 30 de agosto. Máximo: 8 de agosto ( $\lambda_{\odot} = 135,67^\circ$ ); THZ = 1 -2; Radiante:  $\alpha = 348,5^\circ$ ,  $\delta = -14,4^\circ$ ;  $V_g = 38,2\text{km/s}$ .**



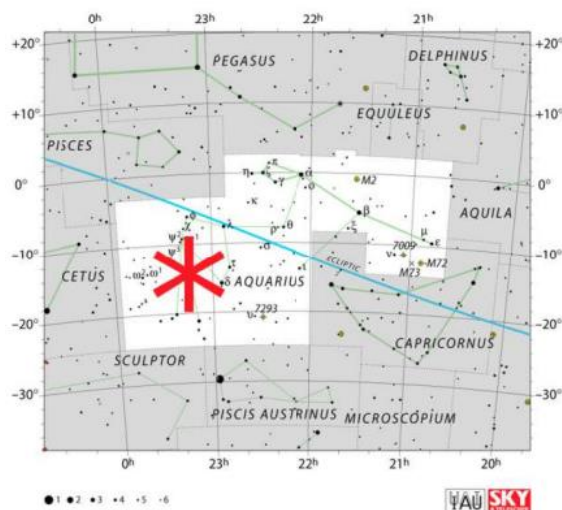


Figura 20. Posição média do radiante AOA.

## Perseids #007 PER

Esta é uma chuva de meteoros muito conhecida no Brasil. Com muita expressão midiática, não possui abrangência em todo o território nacional. Somente os estados mais próximos da linha do equador tem melhores chances de visualização de grandes taxas. Estados mais ao sul, vão gradativamente perdendo elevação do radiante e conseqüentemente, registrando menores taxas ao longo do período de atividade desta chuva.

Os meteoros PER tendem a ser bastante alongados e duradouros quando observados do Brasil. Sendo meteoros longos e rápidos, cruzam grandes extensões do céu. Esta chuva possui o cometa 109P (Swift-Tuttle) como corpo parental.

## HISTÓRIA

Edward Claudius Herrick (1811-1862) era leitor assíduo. Seu pai era graduado em Yale e fundador de uma escola para garotas. Sua mãe era descendente dos fundadores de Yale. Vivia em New Heaven, Connecticut, a casa de Yale.

Mas Edward nunca foi para graduação em Yale. Uma inflamação ocular crônica exigia cuidados demais. E isso impossibilitaria a vida de graduando. Em

1827, aos 16 anos, Edward se tornou um atendente em uma livraria que servia aos estudantes de Yale e funcionava como gráfica do campus. Todos em New Haven com interesse intelectual passavam pela livraria. E Herrick comemorava poder conversar com os professores. Este eram os casos do astrônomo Denison Olmsted e o químico Benjamin Silliman. O jovem atendente trabalhou pesado e aos 24 anos já possuía sua própria livraria. Acontece que os negócios declinaram nos três anos seguintes. Herrick teve seu negócio destruído. Na noite de 9 de agosto de 1837, bem quando seus negócios estavam praticamente arruinados, Herrick observou um incomum fluxo de meteoros no céu. Ouviu de algumas pessoas que ficaram acordadas até mais tarde aquela noite, que os meteoros foram mais numerosos e brilhantes após a meia noite. Os astrônomos americanos ainda estavam muito presos as imagens da intensa chuva de meteoros ocorrida em 1833, na noite 12/13 de novembro. Naquela ocasião, mais de mil meteoros por minuto foram vistos irradiando da constelação de Leão. Todos ficaram tão surpresos que meteoros passaram a chamar a atenção até dos leigos. Eles estavam particularmente assustados com a demonstração de Olmsted de que os meteoros deveriam seguir em trajetórias paralelas, vindo de distantes regiões do espaço. Isso porque muito bons astrônomos acreditavam que os meteoros poderiam ser ignorados e colocados no mesmo plantel dos estudos de condições climáticas. Mas agora não, havia se iniciado uma corrida para se buscar registros de ocorrências de meteoros, em anos anteriores e que se encaixassem no meio de novembro.

Herrick, sabiamente, começou a procurar por reportes para avistamentos da atividade de meteoros incomum naquele 9 de agosto. Ele também buscou em fontes históricas, se em anos anteriores a mesma data reservava tais fenômenos. Foram encontrados sete casos anteriores, entre 1029 no Egito até 1833 na Inglaterra. Seguindo o procedimento do professor Olmsted, Herrick escreveu um artigo para a edição de janeiro de 1838 do Silliman's American Journal of Science and Arts, na qual ele propôs a existência de uma segunda chuva de meteoros anual. Enquanto seu artigo estava sendo publicado, ele continuou reunindo evidências e reportes. Àquela altura já estava convencido. “Sua ocorrência é geralmente em 9 de agosto a cada ano”, ele escreveu, “com um extraordinário grande número de meteoros.”

Em um segundo artigo, Herrick enviou algumas correções:

A atividade máxima dos meteoros se distribui ao longo de três dias. Mas o fluxo

de meteoros é percebido por mais de duas semanas.

- Os meteoros de agosto têm um ponto de partida no céu. Uma região da qual eles parecem irradiar.

Aqui Herrick não foi capaz de apontar a posição do radiante. Não tinha meteoros suficientes para esta determinação.

- Os meteoros de agosto, em anos normais, são mais numerosos que os de novembro.

- Em adição às chuvas de agosto e novembro, existe, provavelmente, uma terceira chuva anual em torno de 30 de abril (hoje em dia chamada Lirids). Herrick encontrou somente três casos dela – 1905, 1122 e 1803.

Herrick descartou as ideias de que os meteoros eram fenômenos meteorológicos como raios, arco-íris ou mesmo rochas retornando à Terra após erupções vulcânicas. “Estrelas cadentes são, sem dúvidas, corpos celestes”, ele escreveu, “e não tem origem atmosférica ou terrestre. De onde viriam então? Não é impossível que as chuvas de meteoros sejam derivadas de nebulosas ou corpos cometários que sob algumas condições, caem na Terra”. A hipótese de que os meteoros tinham origem nos cometas foi confirmada 28 anos depois do artigo de Herrick.

Reunindo tais ideias e teorias, Herrick escreve novo artigo e entrega a Olmsted para publicação no jornal científico. Menos de duas semanas depois, recebe notícias aterradoras: ele não era o descobridor da chuva de agosto!

### **Descobridores independentes**

Como por vezes ocorre na ciência, outros pesquisadores estavam trabalhando, seguindo linhas parecidas, para confirmar a existência de uma chuva de meteoros recorrente a cada mês de agosto.

A chuva dos Leonids, ocorrida em 1833, pavimentou uma longa estrada, na qual muitos astrônomos passaram a seguir. Adolphe Quetelet, um estatístico belga, fundador e diretor do Observatório de Bruxelas, já havia mencionado atividade meteorítica com ocorrência no meio do mês de agosto, seis meses antes de Herrick.

O francês François Arago, tinha prestígio na Europa. Com suas habilidades em avaliar difíceis problemas científicos e sugerir experimentações práticas para

resolvê-los. Em 1833, Arago lançou um questionamento: considerando uma chuva de meteoros definida, o que constitui os “chuviscos” que ocorrem toda noite? Este questionamento chamou a atenção de Quetelet. O curioso é que ele encontrou, acidentalmente, os registros de alta atividade de meteoros em 10 de agosto de 1834 e 1835. Somando a isso, a sua própria observação da atividade de meteoros em agosto de 1936. Assim, ele incitou os cientistas em 4 de março de 1837 a ficarem atentos na noite de 10 de agosto seguinte.

Herrick acabou por “tropeçar” em uma outra chuva de meteoros anual. Desta vez, ocorrendo em 7 de dezembro. Eram os Andromedids ou Bielids (nomeadas muito depois, em associação ao cometa Biela). Passou a ser “divertido”, buscar chuvas de meteoros. Quando em 1839, Herrick reuniu-se a três amigos e estava convicto em determinar o radiante de sua chuva preferida, ele concluiu que os meteoros pareciam surgir da constelação do Perseus – e estava certo. Mas, novamente, ele não era o primeiro a perceber isso. Estava atrasado cinco anos, desta vez.

### **Locke e os Perseidas**

John Locke, físico e professor em Cincinnati, Ohio, foi a primeira pessoa a documentar claramente que a chuva de meteoros de 10 de agosto, vinha da constelação do Perseus. Em 11 de agosto de 1834, o Cincinnati Daily Magazine publicou uma carta de John Locke para o editor.

Locke avistara na noite de 9 de agosto uma intensa atividade de meteoros e, impressionado com os escritos de Olmsted, sobre o radiante dos Leonídeos no ano anterior, anotou cuidadosamente os avistamentos. Indicou que os meteoros surgiam do Perseus.

A carta publicada num pequeno jornal da fronteira oeste passou despercebido. Mas, como leitor e gerador de conteúdo para jornais científicos, ficou desapontado quando viu Herrick e Quetelet ganharem fama por terem descoberto a chuva de agosto e seu radiante. Ele então escreveu a Silliman (para quem ele já tinha trabalhado como assistente). A carta chegou às mãos de Herrick que prontamente comunicou ao American Journal of Science and Arts reconhecendo as observações

de Locke. Seriam três descobridores independentes da chuva Perseidas. Bem, não exatamente três depois de tudo, mas milhares.

**Atividade: 1° de agosto a 17 de agosto. Máximo 12 de agosto ( $\lambda_{\odot} = 140^{\circ}$ );  
THZ = 100; Radiante:  $\alpha = 48^{\circ}$ ,  $\delta = 58^{\circ}$ ;  $V_g = 59\text{km/s}$ .**

### Para 2024

Um filamento fraco é esperado cruzar com a Terra em 12 de agosto, por volta de 9h UTC.

Jéremie Vaubaillon notou a possibilidade de encontros com cinco filamentos antigos, 4 deles com mais de 1300 anos. A data prevista para os encontros é 12 de agosto, entre 04h e 11h UTC.

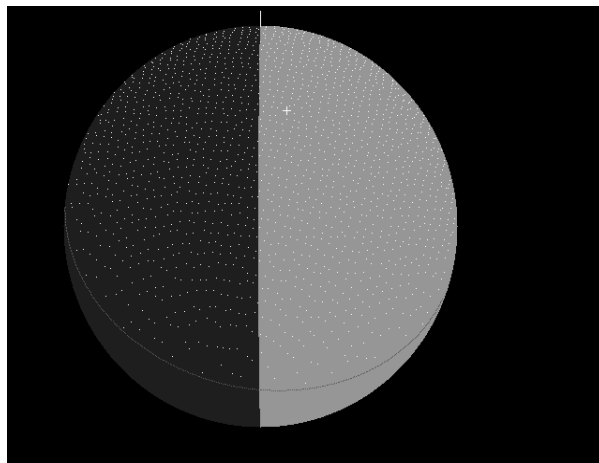


Figura 21. Aspecto do disco lunar e região com potencial para impactos lunares na noite do máximo de atividade para a chuva de meteoros PER.

Na noite estimada para a máxima atividade da chuva PER, teremos a Lua em quarto crescente. Isto é, a Lua irá se por volta de 0h40min (Horário de Brasília). Assim, sua luminosidade não irá interferir na detecção, observação e registro dos meteoros. Com metade de seu disco iluminado, ofuscará muito das tentativas de monitoramento de impactos.

## Elementos orbitais médios da chuva PER

a: 9.57 AU

e: 0.95

i: 113.1°

Peri: 150.4°

Node: 139.3°

Corpo parental: 109P (Swift-Tuttle)

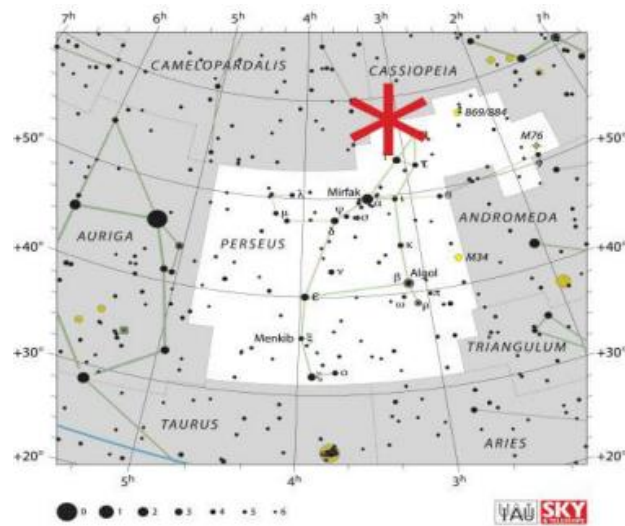


Figura 22. Posição média do radiante PER.

# Outubro

## Southern Taurids #002 STA

Com radiante na posição de declinação  $12,8^\circ$  Norte, a chuva STA tem posicionamento bastante favorável ao Brasil. A STA é uma chuva menor, com baixa ocorrência de meteoros. Não possui corpo parental identificado. Com velocidades médias-baixas, os meteoros tendem a não ser muito brilhantes, dificultando seu registro de forma visual.

**Atividade: 2 de outubro a 12 de novembro. Máximo: 22 de outubro ( $\lambda\odot = 208,75^\circ$ ); THZ = 5; Radiante:  $\alpha = 47,9^\circ$ ,  $\delta = 12,8^\circ$ ;  $V_g = 26,6\text{km/s}$ .**

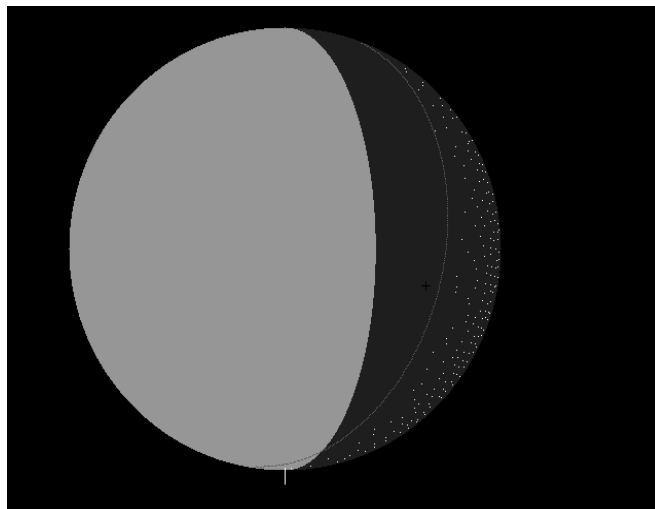


Figura 23. Aspecto do disco lunar e região com potencial para impactos lunares na noite do máximo de atividade para a chuva de meteoros STA.

Na data estimada para o máximo de atividade da chuva STA, a Lua, em fase cheia, estará com 65% de seu disco iluminado. Somente uma pequena porção da área escura da Lua estará com potencial para registros de impactos. Mas por conta da alta porcentagem iluminada não justifica campanha para monitoramento de impactos lunares.



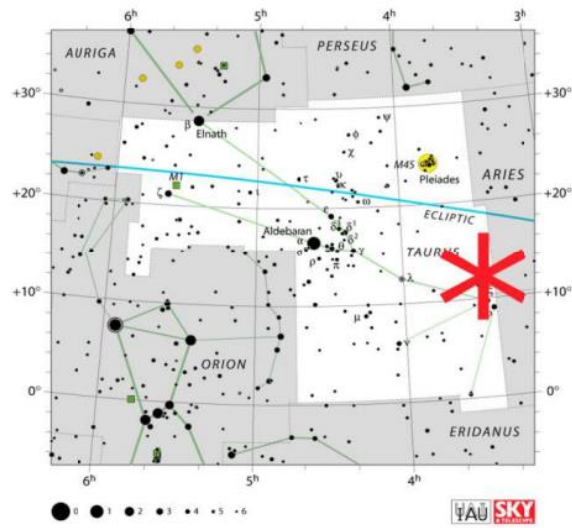


Figura 24. Posição média do radiante STA.

# Dezembro

## Sigma Hydrids #016 HYD

O radiante da chuva HYD possui declinação igual a  $0,1^\circ$  Sul, o que coloca o ponto de divergência dos meteoros praticamente sobre o equador celeste. Esta também é uma chuva menor, que pode frustrar observadores menos experientes e pacientes. Não possui corpo parental indicado. Com meteoros de média-alta velocidade, oferece observações visuais mais difíceis para pessoas com pouca experiência nesta prática.

**Atividade: 21 de novembro a 22 de dezembro. Máximo: 5 de dezembro**  
**( $\lambda_{\odot} = 253.33^\circ$ ); THZ = 2; Radiante:  $\alpha = 134,4^\circ$ ,  $\delta = -0,1^\circ$ ; Vg = 58,9 km/s.**

### Elementos orbitais médios da chuva HYD

**a: 9.08 AU**

**e: 0.985**

**i:  $128.7^\circ$**

**Peri:  $119.5^\circ$**

**Node:  $76.5^\circ$**

**Corpo parental: não possui corpo parental indicado.**

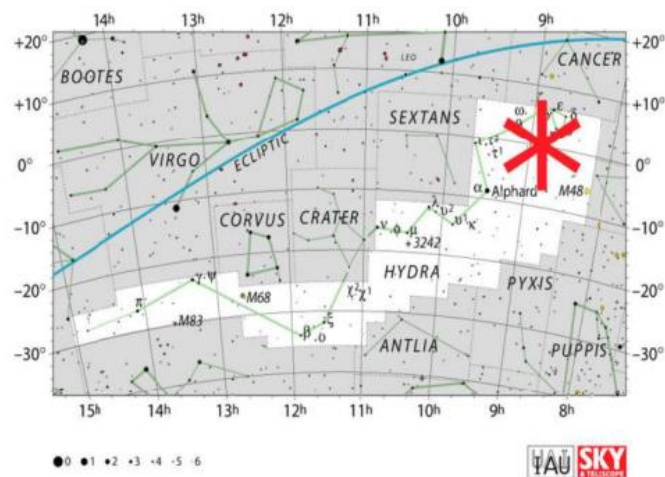


Figura 25. Posição média do radiante HYD.

## delta Gruids #804 DGR

A chuva delta Gruids é uma das chuvas listadas no Meteor Data Center (MDC) que foi primeiramente descrita pela BRAMON. O radiante possui declinação igual a  $43^\circ$  Sul. Estando a chuva bem mais bem posicionada para observadores do sul do país. Mesmo com taxas de ocorrência constante para seus meteoros, por se tratar de uma chuva menor, possui longos tempos de espera entre os meteoros. Não possui corpo parental definido. Com meteoros de média-alta velocidade e mesmo com meteoros que tendem a ser mais brilhantes, necessita de pessoas experientes na prática observacional.

**Atividade: 6 de dezembro a 14 de dezembro. Máximo: 13 de dezembro ( $\lambda\odot = 261^\circ$ ); THZ = 2; Radiante:  $\alpha = 339.1^\circ$ ,  $\delta = -43.4^\circ$ ;  $V_g = 53,12$  km/s.**

### Elementos orbitais médios da chuva DGR:

**a: 6.92 AU**

**e: 0.92**

**i:  $102.14^\circ$**

**Peri:  $91.66^\circ$**

**Node:  $271.29^\circ$**

**Corpo parental: não possui indicação.**

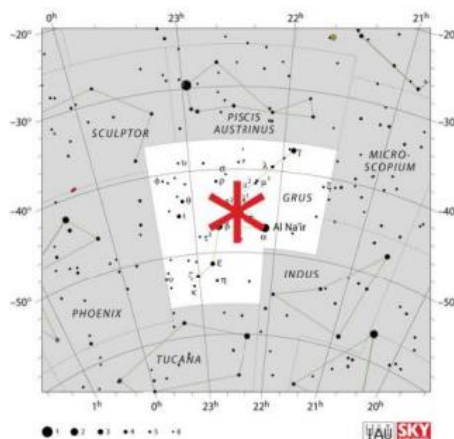


Figura 26. Posição média do radiante DGR.

## Geminids #004 GEM

A chuva Geminids possui muita regularidade e excelente intensidade de taxa de meteoros. Assim, mesmo com radiante localizado em uma declinação de 33° Norte, é possível ter bons registros no Brasil. O asteroide 3200 Phaethon é o corpo parental desta chuva. Com meteoros de média velocidade e bastante brilhantes, tem observações e registros bastante facilitados.



Figura 27. A observação da chuva de meteoros Geminids em Monte Castelo, Santa Catarina, alcançou seu ápice na madrugada de 14 para 15 de dezembro. Este fenômeno celeste foi particularmente espetacular nesta data, graças às condições ideais do céu.

No dia 13, embora houvesse grande expectativa, a observação foi parcialmente ofuscada pela presença de nuvens após a meia-noite. Contudo, na noite seguinte, os observadores foram agraciados com um céu límpido, proporcionando uma visão privilegiada dos meteoros. Os Geminids, conhecidos por sua vivacidade e brilho, cruzaram o céu a uma velocidade de aproximadamente 120 mil quilômetros por hora, criando um espetáculo visual memorável.

**Data:** de 14 para 15 de dezembro de 2023

**Local:** Monte Castelo - SC

**Operador:** Jocimar Justino de Souza

**Estações:** JJS1, JJS2, JJS3, JJS4 e JJS5

**Equipamento:** Câmera IMX291 com lentes F 0.95 - 4mm.

**Software:** Ufo Capture

## HISTÓRIA

O aparecimento desta chuva tem sido relatado durante os anos de 1860. Foi primeiramente notada em 1862, quando R.P. Greg (Inglaterra) encontrou um radiante em Gêmeos entre os dias 10-12 de dezembro. B.V. Marsh e A.C. Twining (EUA) independentemente descobriram a atividade por volta da mesma data. A.S. Hershel notou meteoros emanando de Gêmeos durante a noite de 12-13 de dezembro de 1863.

Durante os anos de 1870 observações dos GEM tornaram-se mais numerosas. Assim foi determinada uma nova chuva anual.

A primeira estimativa da intensidade das GEM veio em 1877, quando uma THZ de 14 foi estimada. O mesmo valor surgiu para observadores na Inglaterra em 1892. Mas notou-se uma grande proporção de meteoros intensamente brilhantes. Em 1896, os ingleses observaram grande quantidade de meteoros branco-esverdeados e THZ de 23.

As taxas reportadas foram crescendo ao longo do século XX. Durante os anos de 1900, a média das taxas de frequência era de 20 meteoros por hora. Já na década de 30, a média era de 60 meteoros por hora. Nos anos 40 e 50 e 60 a THZ era de 65. Anotavam-se 80 meteoros por hora na década de 70. No final do século XX a THZ dos GEM ficou em torno de 100. Nestas primeiras décadas do século XXI as taxas têm se mantido estáveis num patamar de 150 meteoros por hora.

As observações visuais sempre mostraram que o pico de atividade ocorre num período de datas bem definido. Estudo em rádio e radar indicam que a atividade dos GEM começa ainda em 30 de novembro e vai até 29 de dezembro. Mas com meteoros sem suficiente brilho para amplos registros.

O maior avanço no estudo desta chuva ocorreu em 1947. F.L. Whipple estava envolvido no Harvard Meteor Project. Uma enorme pesquisa fotográfica para determinação de elementos orbitais. Quando Whipple analisava os GEM, encontrou um período orbital de apenas 1,65 anos, alta excentricidade e baixa inclinação. Tal órbita atraiu a atenção de M. Plavec (República Tcheca) que começou a investigar a influência dos planetas sobre tal órbita.

Plavec encontrou que somente dois planetas poderiam influenciar na órbita dos GEM: a Terra e Júpiter. “Do ponto de vista dos observadores”, ele escreveu, “o

mais importante é o rápido atraso na mudança da data do máximo”. Este atraso foi calculado como sendo de 1 dia para cada 60 anos. Uma outra conclusão obtida estava relacionada ao ponto de interseção da órbita dos GEM com a órbita da Terra. No século XVIII este ponto ficava 0,133 UA interno a órbita da Terra. No início do século XX, o ponto estava interno 0,0178 UA. Em 2100 estará 0,1066 externo à órbita terrestre. Em 2024 esta distância está externa em 0,0756 UA.

Plavec assim, demonstrou porque a atividade estava crescendo, mas também pôde prever que, no futuro, a Terra não mais interceptará a esteira de detritos dos GEM.

A maior questão dos GEM envolvia sua origem. Por muito tempo não foi conhecido um candidato a corpo parental. Mas é bem verdade que até 1947 não se conhecia uma órbita média precisa para os meteoros desta chuva.

Em 1950, Plavec teorizou sobre o corpo parental dos GEM, sinalizando que seria um cometa de curto período. Embora pudessem ter sido um cometa de longo período em tempos antigos. Perturbações gravitacionais poderiam ter alterado e encurtado a órbita do corpo parental dos GEM. Plavec acreditava que o cometa de 1860 estaria relacionado com a atividade dos GEM.

Foi Kresak quem reforçou a ligação do cometa e a chuva GEM. Em 1972, ele escreveu que o corpo parental já deveria ter ocupado a órbita atual. Isto porque a chuva GEM é muito compacta. Ele acreditava que não haviam ocorrido muitas interações gravitacionais com Júpiter.

Uma década depois, em 11 de outubro de 1983, durante a procura de objetos em movimento, através do Infrared Astronomical Satellite (IRAS), S. Green e J.K. Davies encontraram um rápido objeto se movendo na constelação do Dragão. Na noite seguinte, C.Kowal (Observatório Monte Palomar, California, EUA), confirmou o objeto através de fotografias. O asteroide recebeu a designação de 1983TB. Com os dados orbitais sendo calculados, a IAU lançou circular em 25 de outubro de 1983. Confirmando a opinião de Whipple sobre um objeto de curto período em órbita quase idêntica a dos GEM.

Observações posteriores confirmaram a similaridade orbital entre a chuva GEM e o asteroide 1983TB, que recebeu a designação 3200 Phaethon. A excitação da descoberta do corpo parental dos GEM foi quase ofuscada por outra realização: era a primeira vez que um a chuva de meteoros estava associada a um asteroide.

## O Asteroide

O 3200 Phaethon é um asteroide tipo Apolo, com órbita pouco usual. Ele acaba se aproximando muito do Sol a cada periélio. Daí sua designação Phaethon (Filho do deus Sol Helios). Possui diâmetro aproximado de 5 km.

O Phaethon foi o primeiro asteroide descoberto por um satélite. Simon F. Green e John K. Davies descobriram-no em 11 de outubro de 1983. Perceberam um objeto movendo-se através do campo de visão do IRAS (Infrared Astronomical Satellite). Foi formalmente anunciado na circular 3878 da IAU. Confirmado por Charles. T. Kowal, ao reportar a aparência asteroidal do objeto. Recebeu a designação 1983TB e em 1985 foi batizado de 3200 Phaethon.

## Características Orbitais

O 3200 é caracterizado como asteroide Apolo, com semieixo maior ( $a = 1,27$  UA) apresentando valor superior ao da Terra. Também é membro suspeito da família Pallas.

Aproxima-se muito mais do Sol do que qualquer outro asteroide nomeado. Com periélio de 0,14 UA (20,9 milhões de quilômetros), menos da metade do periélio de Mercúrio. Este asteroide é um cruzador das órbitas de Mercúrio, Vênus e da Terra. Resultado de sua alta excentricidade. A temperatura do asteroide no periélio pode chegar a 750°C.

A órbita do Phaethon lembra muito mais a órbita de um cometa.

**Atividade: 3 de dezembro a 18 de dezembro. Máximo: 14 de dezembro ( $\lambda_{\odot} = 262^{\circ}$ ); THZ = 150; Radiante:  $\alpha = 112^{\circ}$ ,  $\delta = 33^{\circ}$ ;  $V_g = 35$  km/s.**



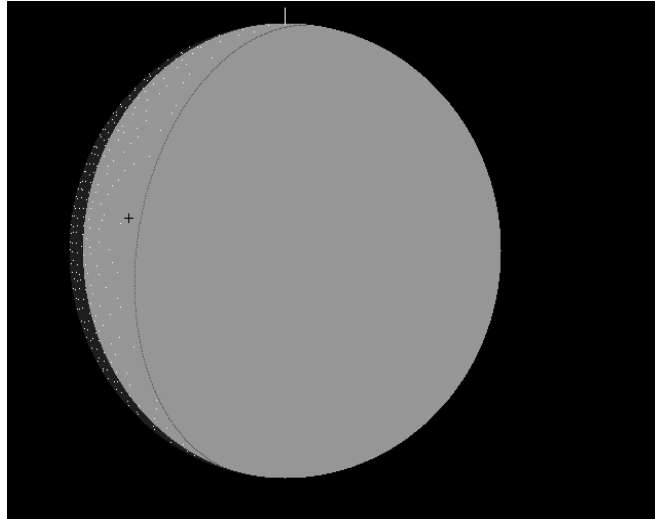


Figura 28. Aspecto do disco lunar e região com potencial para impactos lunares na noite do máximo de atividade para a chuva de meteoros GEM.

A noite estimada para o máximo de atividade da chuva GEM será imediatamente antes da Lua Cheia. E considerando que a Lua estará na vizinha constelação de Touro, teremos forte interferência lunar na observação e registros dos meteoros. Não existindo também potencial de monitoramento de impactos.

**Elementos orbitais médios da chuva GEM:**

**a: 1.31**

**e: 0.889**

**i: 22.9°**

**Peri: 324.3°**

**Node: 261.7°**

**Corpo parental: 3200 (Phaethon).**

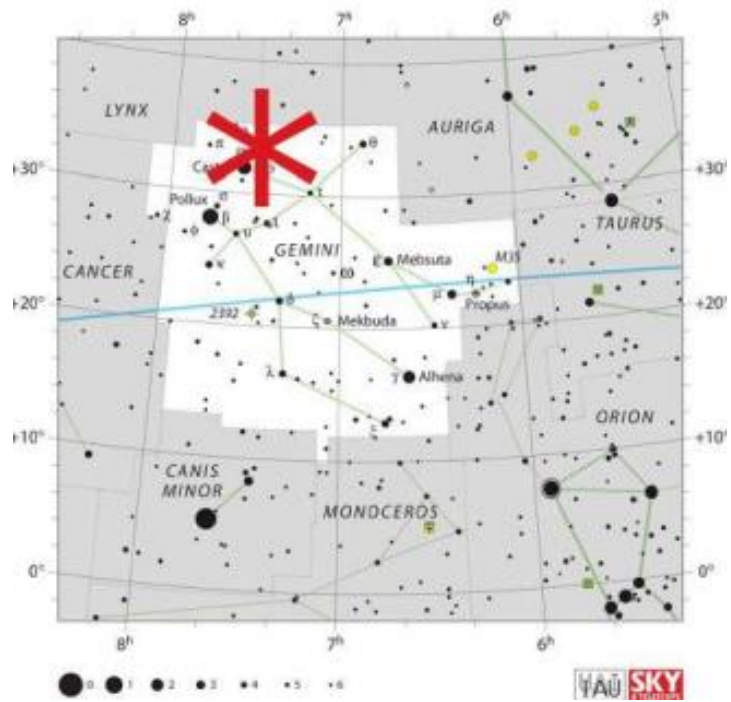


Figura 29. Posição média do radiante GEM.

### Quadro de Chuvas de Meteoros descobertas pela BRAMON

<b>Número IAU</b>	<b>Sigla</b>	<b>Nome Oficial</b>	<b>Máximo estimado</b>
#797	EGR	epsilon Gruids	14/06/2024
#798	ACD	August Caelids	05/08/2024
#799	NEC	November Cetids	16/11/2024
#800	JCT	July Cetids	13/07/2024
#801	JCD	June Cetids	20/06/2024
#802	ADS	June Aquariids	23/06/2024
#803	LSA	lambda Sagittariids	05/06/2024
#804	DGR	delta Gruids	23/06/2024
#805	GSC	gamma Sculptorids	18/06/2024
#806	SGL	June Sagittariids	03/06/2024
#807	FLO	February Leonids	18/02/2024
#808	PCS	phi Capricornids	09/11/2024
#809	USG	phi Ophiuchids	11/05/2024
#810	XCD	October Cetids	01/10/2024
#811	LCP	lambda Capricornids	15/10/2024
#812	NAA	November alpha Aurigids	14/11/2024
#813	OAC	October alpha Camelopardalids	27/10/2024
#814	CVD	January Canum Venaticids	24/01/2024
#815	UMS	August Ursae Majorids	28/08/2024
#816	CVT	February Canum Venaticids	20/02/2024
#817	PCI	42 Piscids	08/08/2024
#818	OAG	October Aurigids	18/10/2024
#819	SPS	sigma Perseids	25/09/2024
#820	TRD	October Taurids	08/10/2024
#821	DRP	December rho Puppids	03/12/2024
#1042	SCP	Seventeen Capricornids	24/07/2024
#1043	OSG	omega Sagittariids	20/07/2024

## Quadro de fases da Lua 2024

<b>Lua Nova</b>	<b>Quarto Crescente</b>	<b>Lua Cheia</b>	<b>Quarto Minguante</b>
			4 de janeiro
11 de janeiro	18 de janeiro	25 de janeiro	2 de fevereiro
9 de fevereiro	16 de fevereiro	24 de fevereiro	3 de março
10 de março	17 de março	25 de março	2 de abril
8 de abril	15 de abril	24 de abril	1º de maio
8 de maio	15 de maio	23 de maio	30 de maio
6 de junho	14 de junho	22 de junho	28 de junho
5 de julho	13 de julho	21 de julho	28 de julho
4 de agosto	12 de agosto	19 de agosto	26 de agosto
3 de setembro	11 de setembro	18 de setembro	24 de setembro
2 de outubro	10 de outubro	17 de outubro	24 de outubro
1º de novembro	9 de novembro	15 de novembro	23 de novembro
1º de dezembro	8 de dezembro	15 de dezembro	22 de dezembro
30 de dezembro			

## Referências

Amaral L., Silva G., Bella C., Trindade L., Damigle R., Zurita M., Domingues M., Poltronieri R., Jacques F., Jung C. (2020). Encontreitor: First Radiants. WGN 48, pp. 69-88.

Egal et al., 2020: Modeling the past and future activity of the Halleyids meteor showers.

Maslov M., 2007: Leonid predictions for the period 2001 – 2100, WGN 35, pp. 5–12.

Meteor Shower Calendar IMO 2024

Molau S., Crivello S., Goncalves R., Saraiva C., Stomeo E., Kac J., 2016b: Results of the IMO Video Meteor Network – July 2016, WGN 44, pp. 205–210.

Trindade L. S., Zurita M. L. P. V., Dal'Ava A., Silva G. G., Bella C. A. P. B. (2019), "Identification of two new meteor showers: #797 EGR and #798 ACD". WGN, Journal of the IMO, 47, 184-187.

Trindade L., Dal'Ava A., Jacques F., Zurita M., Silva G., 2021: Identification of new meteor showers SCP (#1042) and OSG (#1043) and their associations with the asteroids 2019 OK and 2017 NT5. Meteornews 2021-4, pp. 297-310.

Vida, D., Gural, P.S., Brown, P.G., Campbell-Brown, M. and Wiegert, P., 2020. Estimating trajectories of meteors: an observational Monte Carlo approach—I. Theory. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 491(2), pp.2688-2705. MNRAS, arxiv

Vida, D., Segon, D., Gural, P.S., Brown, P.G., McIntyre, M.J., Dijkema, T.J., Pavletic, L., Kucic, P., Mazur, M.J., Eschman, P. and Roggemans, P., 2021. The Global Meteor Network - Methodology and first results. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 506(4), pp.5046-5074. MNRAS, arxiv.

## Abreviações

- $\alpha$ ,  $\delta$ : coordenadas para a posição de um radiante de chuva de meteoros. Onde  $\alpha$  é a ascensão reta e  $\delta$  é a declinação.
- $r$ : é o índice populacional. Um termo que indica a distribuição da proporção de meteoros em relação as magnitudes.  $r = 2.0-2.5$  implica que uma grande fração de meteoros são mais brilhantes que a média de magnitude, enquanto  $r > 3.0$  implica que a chuva tem muito mais meteoros com brilho menos que a média geral de magnitude.
- $\lambda\theta$ : longitude solar é uma medida precisa da posição da Terra em sua órbita e não depende das variações de data do calendário. Todos os  $\lambda\theta$  são dadas com referência ao Equinox 2000.0
- $V_\infty$ : velocidade pré-atmosférica ou velocidade aparente de um meteoro e é dada em km/s. O intervalo de velocidades vai de 11km/s (muito lenta) até 72km/s (muito rápida), onde 40km/s seria uma velocidade média.
- THZ: Taxa horária zenital, calculada para o máximo de meteoros que um observador, em condições ideais poderia registrar. Temos condições ideais: radiante no zênite, céus claros e magnitude limite de +6.5. É dada por meteoros por hora.

## Agradecimentos

Adan Emanuel Pina Silva  
 Aguilar Junior  
 Alcione da Anunciação Caetano  
 Alexandre Heinz  
 Alexandre Moro  
 Alexandre Pereira da Silva  
 Alexsandro Mota  
 Alfredo Dal'Ava Júnior  
 Álvaro Penteado - UNICAMP  
 Andre Luiz Ribeiro Moutinho  
 Andrei Lima  
 Andrey Alessandro Silva Machado  
 Antonio Carlos Duarte  
 Antonio Murilo Massa Pereira  
 Bruno Fernandes Bonicontra  
 Carlos Alberto de Figueiredo (Pe.)  
 Carlos Augusto Di Pietro  
 Carlos Fernando Jung  
 Claudio Max Moraes Paiva  
 Cleverson Wagner de Oliveira  
 Cristiane Ap. Romero Poltronieri  
 Cristovão Jacques  
 Damião Carvalho de Souza  
 Daniel Leal Mateus  
 Daniel Schek Bortolini  
 Daniela Cardozo Mourão  
 Denis Araujo  
 Diego Alencar  
 Diego Rhamon Reis da Silva  
 Edgar Mendes Merizio  
 Eduardo Lourenço  
 Eduart Brito de Caldas  
 Erick de Brito Couto  
 Erikson Pietrzack de Oliveira  
 Fabiano Fetter  
 Fabrício Colvero  
 Fabrício Secamile Vieira  
 Felipe Bordalo  
 Francesco Rossi Lena  
 GEPPAA  
 Gabriel dos Santos Zaparolli  
 Gabriel Gonçalves  
 Gunter A Moraes  
 Gustavo de Assis Pimenta  
 Helder Cristiano Silveira  
 Heriton Rocha  
 Igor Henrique Monteiro  
 Isa Torquato  
 Ivan Donizete Soares  
 Izaac da Silva Leite  
 J. Carlos Salerno  
 Jenivaldo Lisboa de Araújo  
 Jocimar Justino de Souza  
 Jorge Oliveira  
 José Sergio Turriani Marques  
 João Amâncio Ferreira Júnior  
 João Antonio Mattei  
 Juliano Cezar Vieira Zaikievicz  
 Karlise Soares  
 Kleper Figueiredo Leitao  
 Lauriston Trindade  
 Leandro de Carvalho Pessoa Machado  
 Leonardo Scanferla Amaral  
 Leonardo Tavares de Oliveira  
 Lucas Jardel Alves da Silva  
 Lucas Morais  
 Luan Victor  
 Luciano Miguel Diniz  
 Marcelo Domingues  
 Marcelo Zurita  
 Marco Antonio Centurion  
 Marco Antônio Rocca de Andrade  
 Marco Antônio Vieira  
 Marco Aurelio Hauck Salgado  
 Marcos Geronimo Roque Barreto  
 Marcos Jerônimo  
 Marcos Rigo  
 Marcos Rogério Calil - SABINA  
 Neftali Dias Cavalcante Junior  
 Nilton Lucas Rafael  
 Paulo Fernando Otton  
 Paulo Henrique Gibin  
 Paulo Roberto Fagundes Azevedo  
 Pedro Matos  
 Planetário de Santo André  
 Rafael Bernardino  
 Rafael Narde de Rezende  
 Rafael Silveira Compassi  
 Renato C. Poltronieri  
 Renato Fernandes Bandeira  
 Renato Ribeiro  
 Ricardo Cavallini  
 Rodolfo Langhi  
 Rodrigo Amaral Catto  
 Romualdo Arthur Alencar Caldas  
 Rubens Damiglê Alves Marreira  
 Sergio Luiz Mazzi  
 Sérgio Pompeia - IpBio  
 Thiago Boesing  
 Thiago Paes  
 Ubiratan da Nóbrega Borges  
 Vandson Guedes  
 Vanessa da Silva Madeira  
 Vitor Cordeiro Lopes  
 Wagner Amaral  
 Walkiria Martinez Heinrich Ferrer - UNIMAR  
 Washington Rodrigues das Silva Oliveira  
 Wellington Albertini  
 Welter Mesquita  
 Wendel Gonçalves  
 Wendell dos Santos Monteiro  
 William Schauff  
 William Siqueira