

ESTUDO ESTATÍSTICO QUADRIENAL (2017 A 2020) DOS REGISTROS DOS METEOROS DA CHUVA SOUTHERN DELTA-AQUARIIDS (SDA)

QUADRENNIAL STATISTICAL STUDY (2017 TO 2020) OF SOUTHERN DELTA-AQUARIIDS (SDA) METEOR SHOWER RECORDS

Vinícius Daniel Reis de Castro¹
Francisco Carlos Rocha Fernandes²
Lucas Antonio Caritá³
Irapuan Rodrigues⁴

Resumo: Este trabalho apresenta um estudo estatístico das capturas de meteoros da chuva *Southern Delta-Aquariids* (SDA). Os registros foram feitos pelas câmeras das estações de monitoramento de meteoros UVP1 e UVP2, da rede EXOSS, instaladas em São José dos Campos SP, no Observatório de Astronomia e Física Espacial da Universidade do Vale do Paraíba (UNIVAP), em cooperação com o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP). A chuva SDA ocorre anualmente no período de julho a agosto. Foram analisados registros dos anos 2017, 2018, 2019 e 2020. Em 2017, 27 registros foram obtidos entre 12 de julho e 24 de agosto, com pico de atividade em 27-28 de julho; em 2018, foram 12 registros entre 18 de julho e 20 de agosto, com pico na noite de 29-30 de julho; para 2019, foram 45 meteoros registrados entre 11 de julho e 13 de agosto, com pico em 27-28 de julho; e em 2020, foram 22 registros entre 25 de julho e 07 de agosto, com pico em 28 de julho, com cerca de um terço dos meteoros SDA registrados nesse ano. Nos quatro anos consecutivos, os meteoros SDA apresentaram duração média de 0,18 s, 0,23 s, 0,23 s, e 0,21 s; magnitude aparente média de -1,1, -1,2, -0,8 e -1,1 e velocidade linear média de 47,1 km/s, 51,4 km/s, 49,0 km/s, e 45,7 km/s, respectivamente.

Palavras-chave: *Southern Delta-Aquariids*; SDA; chuva de meteoros; EXOSS.

Abstract: This work presents a statistical study on the captures of meteors from the Southern Delta-Aquariids (SDA) shower. The records were performed by the cameras of the meteor monitoring stations UVP1 and UVP2 of the EXOSS network. The stations are installed in São José dos Campos, SP, at the Astronomy and Space Physics Observatory of the University of Vale do Paraíba (UNIVAP), in cooperation with the Federal Institute of Education, Science and Technology of São Paulo (IFSP). The SDA shower occurs annually from July to August. Meteor records from the years 2017, 2018, 2019 and 2020 were analyzed. In 2017, 27 records were obtained between July 12th and August 24th, with peak activity on July 27-28th; in 2018, 12 records between July 18th and August 20th, peaking on the night of July 29-30th; in 2019, 45 meteors were recorded between July 11th and August 13th, peaking on July 27-28th; and in 2020, there were 22 records between July 25th and August 7th, peaking on July 28th, with about a third of the SDA meteors recorded that year. In the four consecutive years, the SDA meteors had an average duration of 0.18 s, 0.23 s, 0.23 s, and 0.21 s; average

¹ Graduando em Matemática no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP). E-mail: vinicius.danielreiscastro@gmail.com.

² Professor Substituto na Universidade de Brasília, UnB, Brasil. E-mail: francisco.fernandes@unb.br.

³ Professor e pesquisador efetivo da Faculdade de Matemática do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP). E-mail: prof.carita@ifsp.edu.br.

⁴ Professor integral da Universidade do Vale do Paraíba (UNIVAP), Brasil. E-mail: irapuan@univap.br.

apparent magnitude of -1.1, -1.2, -0.8 and -1.1 and average linear velocity of 47.1 km/s, 51.4 km/s, 49.0 km/s, and 45.7 km/s, respectively.

Key words: Southern Delta-Aquariids; SDA; meteor shower; EXOSS.

Data de submissão: 25.10.2022

Data de aprovação: 24.04.2023

Identificação e disponibilidade:

<https://revista.univap.br/index.php/revistaunivap/article/view/4438>,

<http://dx.doi.org/10.18066/revistaunivap.v29i63.4438>).

1 INTRODUÇÃO

O termo meteoro é utilizado para nomear o fenômeno luminoso resultante da entrada de uma partícula sólida proveniente do espaço na atmosfera terrestre (International Meteor Organization [IMO], 2017). Essa partícula sólida é chamada de meteoróide quando se encontra no espaço e a onda de choque gerada com sua entrada na atmosfera da Terra produz o efeito de rastro brilhante visível no céu (Silber et al., 2018). Meteorito é o termo usado para definir a partícula sólida quando atinge o solo, sem estar completamente vaporizada. Desse objeto é possível extrair informações geoquímicas e geocronológicas (Carvalho et al., 2009).

As chuvas de meteoros são fenômenos astronômicos caracterizados pelo registro de vários meteoros oriundos de uma determinada região do céu. Essa região é denominada radiante e as chuvas são denominadas conforme as constelações nas quais se encontram seus riantes (Ceplecha et al., 1998). As chuvas de meteoros ocorrem quando a Terra passa por uma região no espaço que tenha detritos de poeira, denominados feixes de meteoroides, que podem ser produzidos pela fragmentação derivada da colisão de asteroides, ou pela fragmentação de cometas, ou outros corpos celestes durante suas órbitas, principalmente quando se encontram próximos do Sol (Jenniskens, 1994).

A chuva de meteoros *Southern Delta Aquariids* (SDA) ocorre todo ano e está ativa a partir de meados de julho até o final de agosto, com pico de atividade no final de julho, entre os dias 28 e 29. Seu radiante está localizado na constelação de Aquário, $\alpha = 340^\circ$ e $\delta = -16^\circ$, com *Zenithal Hourly Rate* (ZHR) de 16 (IMO, 2020). Possui um periélio de 0,06 au (unidades astronômicas) e um afélio próximo à órbita de Júpiter (Sarma & Jones, 1980). Apesar de não haver consenso sobre sua origem, estudos apontam o cometa 96P Machholz como seu corpo parental (National Aeronautics and Space Administration [NASA], 2020). No entanto, segundo (Neslusan et al., 2014), o cometa 96P Machholz pode não ser o único corpo parental dos meteoros SDA. A análise da dinâmica de partículas de meteoroides liberadas da superfície do asteroide 196 256 (2003 EH1) mostra que ele pode ser responsável por quatro chuvas de meteoros conhecidas, entre elas, a *Southern Delta Aquariids*.

Segundo a *Royal Astronomical Society of New Zealand* [RASNZ] (2021), a maioria dos meteoros da SDA possui baixa intensidade, sendo que a maioria dos meteoros apresenta magnitudes inferiores a +1. Todavia, no Hemisfério Sul, como o radiante está mais elevado no céu, meteoros mais intensos são registrados.

Muitos estudos e relatos da chuva SDA têm sido realizados, entre eles, os trabalhos de Johannink et al. (2008); Johannink & Miskotte (2012); Gaarder (2017) e

Miskotte (2017, 2018). No Brasil, destacam-se as publicações da equipe das estações de monitoramento de meteoros EXOSS da Universidade do Vale do Paraíba (UNIVAP) em parceria com o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP) campus São José dos Campos, que estuda a chuva SDA, anualmente, desde 2017. Ressalta-se que a escolha dessa chuva de meteoros em particular decorre de ela ser uma das chuvas mais ativas registradas pelas estações da Univap, cujos principais estudos e resultados foram publicados por Pimentel et al. (2018; 2019), Silva et al. (2019) e Fernandes et al. (2020).

O objetivo do presente trabalho é ampliar o estudo estatístico feito pela equipe de monitoramento de meteoros supracitada, abrangendo dados característicos da chuva de meteoros SDA dos anos 2017, 2018, 2019 e 2020, de modo a identificar possíveis tendências na evolução dos parâmetros físicos analisados. O posicionamento das câmeras das estações de monitoramento da UNIVAP favorece o registro dos meteoros da chuva ao longo do seu período de atividade anual e, portanto, adequado para o estudo das SDA. Além disso, essa chuva de meteoros possui periodicidade anual, o que justifica o acompanhamento ao longo dos anos.

2 METODOLOGIA DE ANÁLISE

A EXOSS (*EXplOring the Southern Sky for new meteors radiants*) é uma rede de monitoramento de meteoros do hemisfério sul, que consiste em uma organização sem fins lucrativos, contando em sua equipe com astrônomos profissionais e amadores, operando no conceito de *Citizen Science* – Ciência Cidadã (EXOSS, 2021). O objetivo da rede é, principalmente, registrar meteoros e bólidos usando câmeras e softwares de análise de meteoros para captura de vídeo e astrometria, avaliando as trajetórias, as velocidades, os riantes, as órbitas e as curvas de luz. A iniciativa iniciou-se em maio de 2015 e, após um ano de fundação da EXOSS, sua primeira câmera foi colocada no OASI (Observatório Astronômico do Sertão de Itacuruba, no Estado de Pernambuco, Brasil) (De Cicco et al., 2017).

Os associados a rede EXOSS desempenham basicamente três tarefas: distinguir capturas reais de falsos positivos, realizar a análise astrométrica, e sincronizar os resultados com o banco de dados da rede (De Cicco et al., 2017). Atualmente, a rede EXOSS é composta, por 58 estações de monitoramento e 82 câmeras ativas, instaladas em 13 estados brasileiros, sendo 58 associados de 18 instituições de ensino ou pesquisa, entre elas, a UNIVAP (Silva et al., 2019).

A UNIVAP conta com duas estações de monitoramento, UVP1 (ativa desde 2017) e UVP2 (em operação desde 2018), que fazem a análise de capturas de imagens, triagem dos meteoros registrados e sincronização com o sistema EXOSS. Cada estação opera em conjunto com uma câmera, que realiza diariamente, no período noturno, a detecção dos meteoros em uma região específica do céu e operam em conjunto com as demais estações associadas à rede EXOSS, para permitir o pareamento e a triangulação com outras estações, utilizados para a determinação de trajetória e órbita dos meteoros registrados simultaneamente por mais de uma localidade. As câmeras das estações UVP1 e UVP2 cobrem campos de visada de 64,25° e 88,62°, respectivamente (Silva et al., 2019).

Quatro softwares disponibilizados pela rede de monitoramento EXOSS são utilizados para a análise dos dados. São 3 softwares da suíte SonotaCo (SonotaCo, 2018), que roda em ambiente Microsoft Windows:

a) *UFOCapture*: software pago que captura o movimento e permite o registro de meteoros baseados em parâmetros de sensibilidade, bem como registros iniciais de

dados utilizados posteriormente, como máscaras de estrelas, que permitem a localização precisa dos meteoros nas coordenadas celestes (SonotaCo, 2005);

b) *UFOAnalyzer*: software livre que permite a comparação dos dados iniciais com um catálogo estelar baseado nas coordenadas, uma vez sobrepostas as estrelas da imagem com os pontos virtuais do catálogo, correção da curvatura da lente, campo de cobertura da imagem, brilho do meteoro detectado, possível radiante e provável direção do meteoro registrado (SonotaCo, 2007a);

c) *UFOOrbit*: software livre que combina os dados do *UFOAnalyzer* de duas ou mais estações, combinando, por meio de paralaxe, trigonometria e outros cálculos, a posição exata do meteoro baseado na triangulação de um mesmo evento em múltiplas câmeras separada por dezenas ou centenas de quilômetros (SonotaCo, 2007b).

Além desses, usa-se o software *Exoss Sync*, desenvolvido pela equipe EXOSS, responsável por sincronizar os dados pós-análise das estações (*UFOAnalyzer*) e disponibilizar para o grupo de pesquisa para posterior estudo. Também permite a configuração de *uploads* para uma página web na qual o acesso é livre para visualização dos meteoros captados pelas estações distribuídas pelo território brasileiro.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

As capturas registradas pelas estações de monitoramento UVP1 e UVP2 no quadriênio analisado, mostraram que os picos da SDA ocorreram nos dias 27 de julho em 2017, com 6 observações, 30 de julho em 2018, com 4 observações e 28 de julho em 2019 e 2020, com 12 e 7 observações, respectivamente. É importante reforçar que a câmera da estação UVP1 está ativada desde 2017 e a da UVP2 iniciou sua operação em 2018. No total, as câmeras capturaram 27 meteoros da SDA em 2017, 12 em 2018, 45 em 2019 e 22 em 2020. As Figuras 1, 2, 3 e 4 exibem as sobreposições das capturas realizadas nesses respectivos anos.

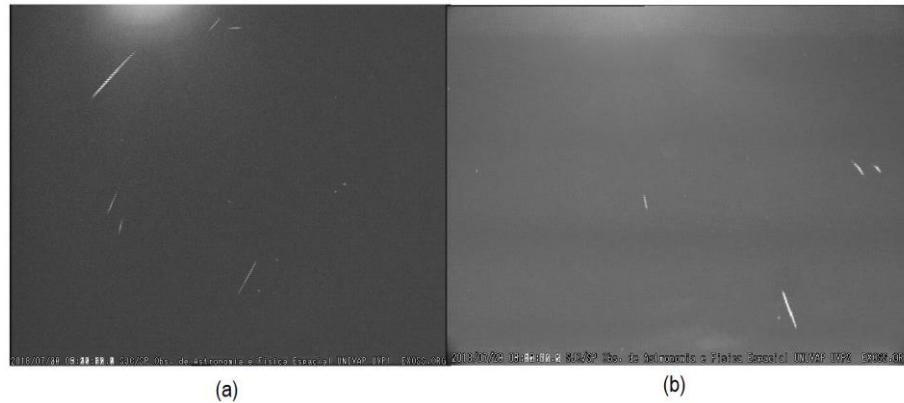
Adicionalmente, a distribuição diária dos meteoros registrados em cada ano é exibida na Figura 5. A identificação de cada meteoro como sendo associado à determinada chuva de meteoros é realizada automaticamente pelo *UFOCapture*, por meio das coordenadas da posição do meteoro em comparação com a posição do respectivo radiante.

Figura 1 - Sobreposição das capturas de meteoros SDA realizadas pela câmera da UVP1 em 2017.



Fonte: Os autores (2023).

Figura 2 - Sobreposição das capturas de meteoros SDA em 2018. Estão exibidas em (a) os registros referentes a câmera da UVP1 e em (b) os registros da câmera da UVP2.



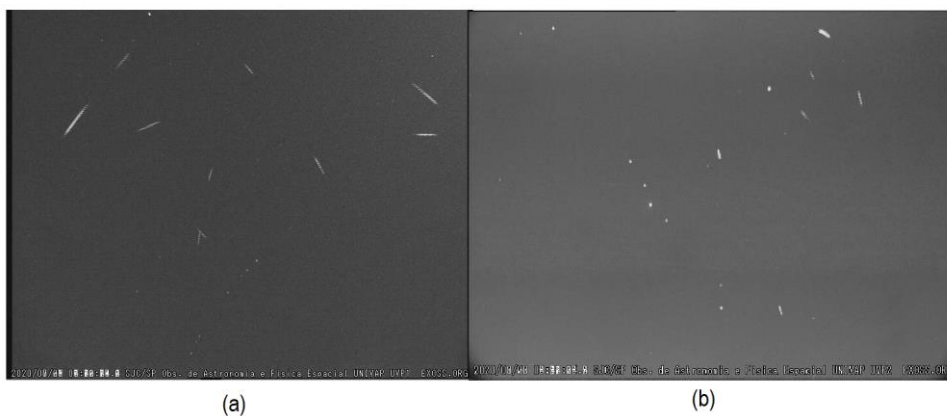
Fonte: Os autores (2023).

Figura 3 - Sobreposição das capturas de meteoros SDA em 2019. Estão exibidas em (a) os registros referentes a câmera da UVP1 e em (b) os registros da câmera da UVP2.



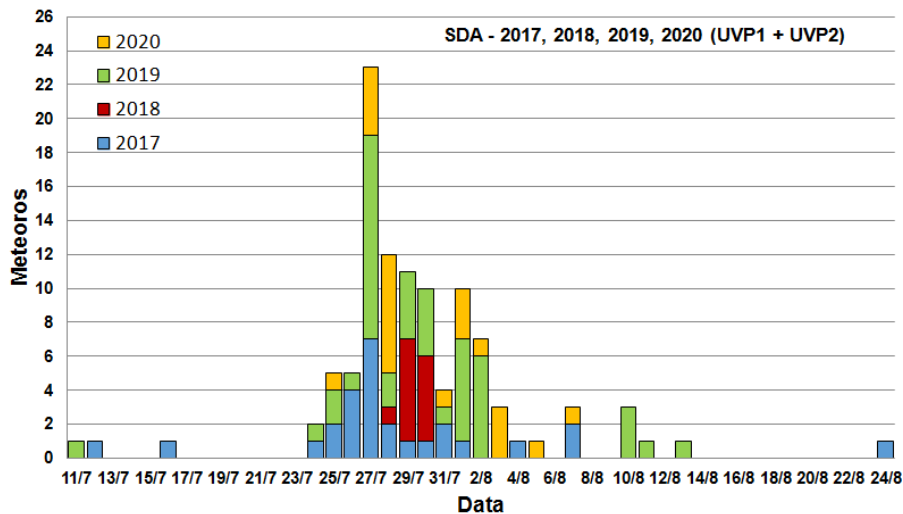
Fonte: Os autores (2023).

Figura 4 - Sobreposição das capturas de meteoros SDA em 2020. Estão exibidas em (a) os registros referentes a câmera da UVP1 e em (b) os registros da câmera da UVP2.



Fonte: Os autores (2023).

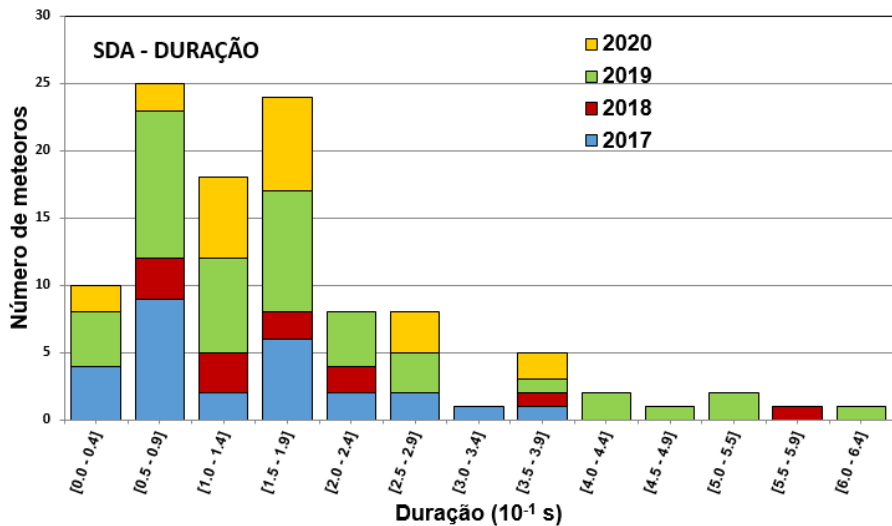
Figura 5 - Distribuição diária dos registros dos meteoros SDA nas estações UVP1 e UVP2 entre 2017 e 2020.



Fonte: Os autores (2023).

Os valores de duração, magnitude aparente e velocidade linear determinados para os meteoros SDA registrados no período estudado são apresentados nas Figuras 6, 7 e 8, respectivamente.

Figura 6 - Histograma dos valores de duração dos meteoros SDA nas estações UVP1 e UVP2, entre 2017 e 2020.



Fonte: Os autores (2023).

Figura 7 - Histograma dos valores de magnitude aparente dos meteoros SDA nas estações UVP1 e UVP2, entre 2017 e 2020.

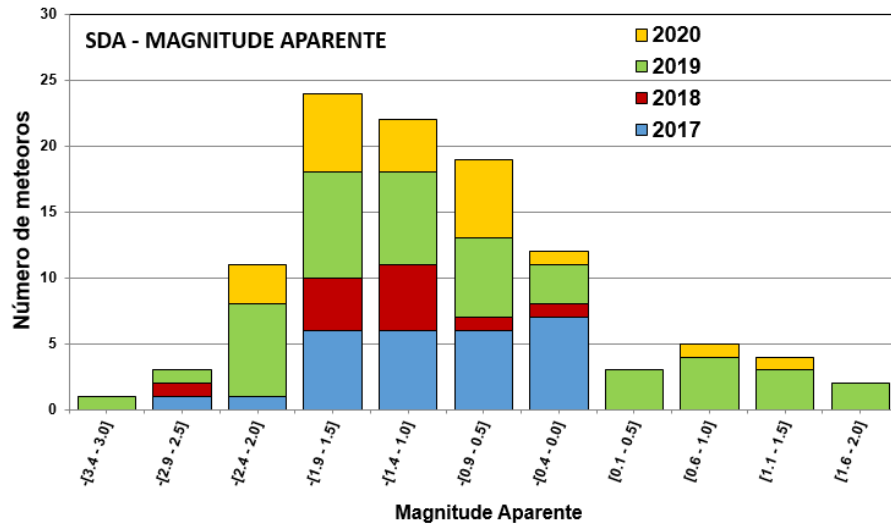
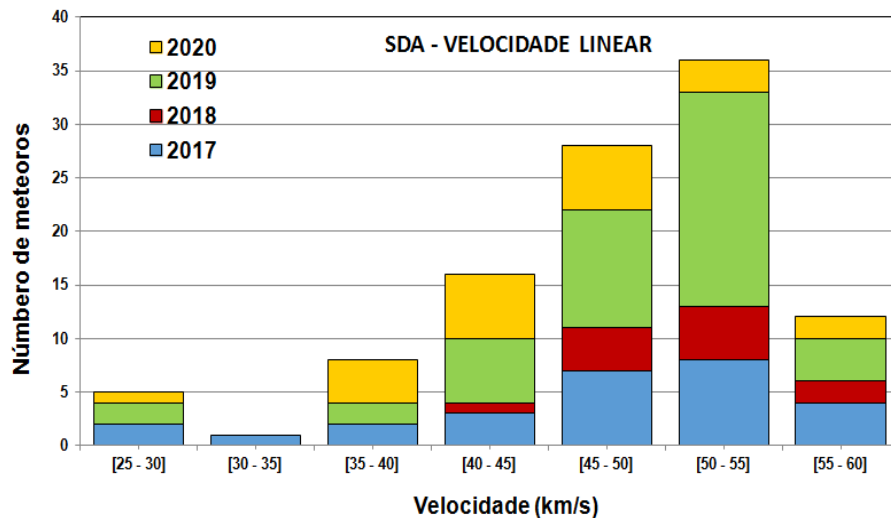


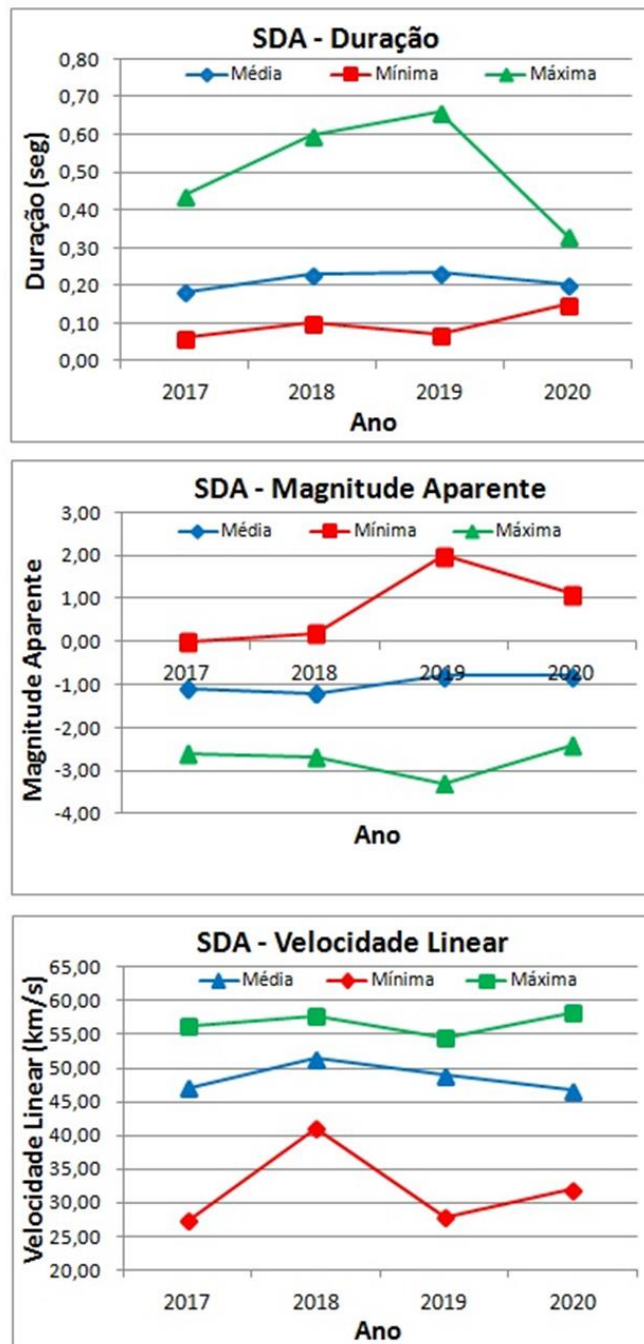
Figura 8 - Histograma dos valores de velocidade linear dos meteoros SDA nas estações UVP1 e UVP2, entre 2017 e 2020.



Dentre os quatro anos analisados, o número de meteoros SDA registrados pelas estações UVP1 e UVP2 foi maior em 2019, 45 meteoros, que representa um aumento de 275% em relação a 2018. Cabe ressaltar que dois meteoros foram registrados pelas duas estações e mantidos em duplicidade na análise estatística, pois os valores dos parâmetros determinados não são exatamente iguais. Os valores mínimos, médios e máximos dos parâmetros duração, magnitude aparente e velocidade linear dos meteoros SDA registrados entre 2017 e 2020, são sumarizados na Figura 9.

Não foi identificada uma causa para justificar a variação de ano para ano no número de registros dos meteoros SDA, mas pode-se afirmar que não é decorrente apenas das condições atmosféricas (cobertura de nuvens ou precipitação) no período.

Figura 9 - Evolução dos valores mínimos (vermelho), médios (azul) e máximos (verde) da duração (gráfico superior), da magnitude aparente (gráfico do meio) e da velocidade linear (gráfico inferior) dos meteoros SDA registrados em 2017, 2018, 2019 e 2020.



Fonte: Os autores (2023).

Por meio da visualização das imagens capturadas, as condições atmosféricas foram verificadas visualmente durante as noites de ocorrência da chuva para os quatro anos e não houve uma variação significativa no número de noites com céu totalmente limpo, parcialmente nublado ou completamente fechado, que justificasse as variações de ocorrência registradas.

Mesmo sendo registrados em menor número em 2018, com uma queda superior a 50% em comparação a 2017, os meteoros SDA apresentaram, em média, maior velocidade, do que os registrados nos demais anos. A velocidade mínima

registrada em 2018, 41,1 km/s, coincide com o valor de velocidade média atribuída à chuva (IMO, 2021). Porém, a velocidade é superior à velocidade mínima dos demais anos, 27,4 km/s, 27,8 km/s e 28,5 km/s para 2017, 2019 e 2020, respectivamente. A velocidade máxima dos meteoros não apresentou grande variação no quadriênio, sendo maior em 2020, 58,3 km/s. De acordo com Brown et al. (2004), os meteoroides de alta velocidade sofrem ablação em grandes altitudes. Além disso, meteoros com ângulos de entrada rasantes com relação ao horizonte, passam mais tempo na atmosfera, portanto, apresentam maior duração e sofrem ablação em altitudes mais altas. Com base nesses autores, as altas velocidades dos meteoros registrados em 2020, podem indicar entrada e ablação em maiores altitudes e com entrada mais rasante na atmosfera.

Pelo estudo, os SDA registrados pelas estações UVP apresentaram magnitude aparente entre -3,3 e +2,0, sendo, portanto, mais brilhantes do que os comumente registrados para a chuva, cujas magnitudes podem ter valores até +5,0 (Johannink et al., 2008; Miskotte, 2018). Weiland (2016) registrou meteoros SDA fracos durante uma campanha de observação na ilha de Creta, sendo 48% com magnitude entre +4 e +5 e apenas 12% atingiram magnitude 0,0. Em comparação, em 2017 e 2018, nenhum meteoro SDA apresentou magnitude superior a 0,0.

Por outro lado, apenas 1 meteoro brilhante (com magnitude -3,3) foi registrado no quadriênio, em 2019, o que reforça que *fireballs* com magnitude mais brilhante que -3,0 são raras na chuva SDA, como também apontado no estudo de Weiland (2016), no qual apenas 4 SDA foram classificadas como *fireballs*, sendo a mais brilhante delas com magnitude -4,0. Além disso, nos quatro anos estudados, os valores médios de magnitude aparente obtidos são todos próximos a -1,0, sendo o número de meteoros registrados com valores muito abaixo ou acima do valor médio reduzido. Ademais, o único registro com magnitude inferior a -3,0 ocorreu durante o pico de atividade de 2019, concordando com Johannink e Miskotte (2012), que afirmam que o número de SDA brilhantes aumenta durante o período máximo e pós-máximo de atividade da chuva. Isso foi constatado para os meteoros SDA registrados em todos os anos observados. Para 2017, o meteoro mais brilhante ocorreu exatamente no pico de atividade e para os anos de 2018, 2019 e 2020, os meteoros mais brilhantes ocorreram nos dias seguintes ao pico de atividade.

Por fim, constatou-se que os meteoros registrados em 2020 apresentaram um menor intervalo para a duração, ou seja, maior duração mínima e menor duração máxima dentre os quatro anos, interrompendo uma tendência de crescimento da duração máxima, registrada desde 2017.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho, foram apresentados e analisados os registros de meteoros associados à chuva de meteoros *Southern Delta-Aquariids*, registrados em 2017, 2018, 2019 e 2020, pelas duas estações de monitoramento do projeto EXOSS, em operação na UNIVAP, em parceria com o IFSP campus São José dos Campos. Ressalta-se que, em 2017, apenas a estação UVP1 estava em operação no período da chuva estudada.

Os resultados da análise dos parâmetros mostraram que os valores máximos de duração apresentaram maior variação, atingindo 0,66 s em 2019 e reduzindo para 0,21 s em 2020. Para a velocidade linear, a maior variação de valores ocorreu para os valores mínimos de 27,4 km/s, em 2017, para 41,1 km/s em 2018. Os valores máximos ficaram entre 54,5 km/s e 58,3 km/s. Para a magnitude aparente, os

meteoros SDA registrados em 2019 apresentaram a maior variação de brilho, com magnitude aparente variando de +2,0 (mais fracos) a -3,3 (mais brilhantes).

Por fim, ressalta-se a importância do emprego da ciência cidadã, que permite a parceria entre sociedade e comunidade acadêmica, bem como do projeto EXOSS no monitoramento sistemático de meteoros, permitindo que astrônomos, profissionais e amadores, interajam e colaborem com a composição do banco de dados, levantamentos e estudos de chuvas de meteoros em território nacional.

REFERÊNCIAS

- Brown, P., Jones, J., Weryk, R. J., & Campbell-Brown, M. D. (2004). The Velocity Distribution of Meteoroids at the Earth as Measured by the Canadian Meteor Orbit Radar (CMOR). *Earth, Moon, and Planets*, 95(1-4), 617-626.
- Carvalho, W. P., Rios, D. C., & Santos, I. P. L. (2009, 31 de outubro a 1º de novembro). A História da Meteorítica. [Trabalho apresentado]. *Anais do XII Encontro Nacional de Astronomia – ENAST*. Museu de Ciência e Tecnologia de Londrina.
- Ceplecha, Z. (1987). Geometric dynamic, orbital and photometric data on meteoroids from photographic fireball network. *Bulletin of the Astronomical Institutes of Czechoslovakia*, 38, 222-234.
- Ceplecha, Z., Borovicka, J., Elford, W. G., Revelle, O. D., Hawkes, L. R., Porubcan, V., & Sinek, M. (1998). Meteor Phenomena and Bodies. *Space Science Reviews*, 84(3/4), 327-471.
- De Cicco, M., Lazzaro, D., Santiago, E. P., & Exoss Team (2017, 21 a 24 September). Brazilian video monitoring meteor networking EXOSS: Status and first results – a citizen science project. in M. Gyssens, J.-L. Rault. (Eds.). *Proceedings of the International Meteor Conference*, 162-164.
- EXOSS Citizen Science Project. (2021). <https://press.exoss.org/projetos/>.
- Fernandes, F. C. R., Caritá, L. A., Rodrigues, I. Pimentel, G. J. A., Silva, R. C. A., Matos, P. B., Castro, V. D. R., & Oliveira, J. C. (2020). Southern delta Aquariids (SDA) meteor shower registered by UNIVAP stations in the triennium 2017, 2018 and 2019. *WGN, Journal of the International Meteor Organization*, 48(6), 173-180.
- Gaarder, K. (2017). Southern delta Aquariids from Morocco. *MeteorNews*, 2(4), 115-116.
- International Meteor Organization. *Definition of terms in meteor astronomy* (IAU). (2017). <https://www.imo.net/definitions-of-terms-in-meteor-astronomy-iau/>.
- International Meteor Organization. *Viewing the Southern Delta Aquariids in 2020*. (2020). <https://www.imo.net/viewing-the-southern-delta-aquariids-in-2020/>.
- Jenniskens, P. (1994). Meteor Stream Activity. *Astronomy and Astrophysics*, 287, 990-1013.

- Johannink, C., Miskotte, K., Jobse, K., Vandeputte, M., & Van Leuteren, P. (2008). Delta-Aquariids. Results of the Aquariid expedition to La Palma, July 2008. *WGN, Journal of the International Meteor Organization*, 36(6), 139-145.
- Johannink, C., & Miskotte, K. (2012). Results for the Aquariid-expedition to Namibia, July 2012. *WGN, Journal of the International Meteor Organization*, 40(2), 65-68.
- Miskotte, K. (2017). The Southern delta Aquariids and Capricornids observed from Crete. *eMeteorNews*, 2(4), 123-128.
- Miskotte, K. (2018). The Southern delta Aquariids (SDA) in 2017. *eMeteorNews*, 3(1), 14-18.
- National Aeronautics and Space Administration. NASA Science – *Solar System Exploration – Delta Aquariids*. (2020). <https://solarsystem.nasa.gov/small-bodies/meteors-and-meteorites/delta-aquariids/in-depth/>.
- Neslusan, L., Hajdukova, M., Tomko, D., Kanuchova, Z., & Jakubik, M. (2014). The prediction of meteor showers from all potential parent comets. In *Proceedings of the 33rd International Meteor Conference - IMC*. <https://www.imo.net/conference-imo/past-conferences/geron-france-18-21-september-2014/>
- Pimentel, G. J. A., Nielsen, J. K., Fernandes, F. C. R., & Oliveira Filho, I. R. (2018). South Delta Aquariids (SDA): o principal radiante dos meteoros registros pelas estações EXOSS da Univap, em 2017. *Anais de Trabalhos Completos do XXII Encontro Latinoamericano de Iniciação Científica - INIC, 2018*. Univap. https://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2018/anais/arquivos/RE_0923_0801_01.pdf.
- Pimentel, G. J. A., Fernandes, F. C. R., Rodrigues Filho, I., Silva, R. C. A., & Caritá, L. A. (2019). Estatística trienal de registros de meteoros Southern Delta-Aquariids (SDA). *Anais de Trabalhos Completos do XXIII Encontro Latinoamericano de Iniciação Científica - INIC, 2019*. Univap. https://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2019/anais/arquivos/0381_0777_01.pdf.
- Royal Astronomical Society of New Zealand. (2021). *Meteor showers*. <https://www.rasnz.org.nz/in-the-sky/meteor-showers>.
- Sarma, T., & Jones, J. (1980). Television Observations of the Delta-Aquariid Shower. In *Symposium-International Astronomical Union* (Vol. 90, pp. 167-170). Cambridge University Press.
- Silber, E. A., Boslough, M., Hocking, W. K., Gritsevish, M., & Whitaker, R. W. (2018). Physics of meteor generated shock waves in the Earth's atmosphere – A review. *Advances in Space Research*, 62(3), 489-532.
- Silva, R. C. A., Pimentel, G. J. A., Fernandes, F. C. R., Caritá, L. A., & Oliveira Filho, I. R. (2019). Statistics of South Delta-Aquariids (SDA) meteor showers registered

at UNIVAP in 2017 and 2018. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 41, e20190001-1-e20190001-6.

SonotaCo (2005). *UFCaptureV2 Users Manual*. <http://sonotaco.com/soft/UFO2/help/english/index.html>.

SonotaCo (2007a). *UFOAnalyzerV2*. <http://sonotaco.com/soft/download/UA2ManualEN.pdf>.

SonotaCo (2007b). *UFOOrbitV2 Users Manual*. <http://sonotaco.com/soft/UO2/UO21ManualEN.pdf>.

SonotaCo. (2018). *SonotaCo.com*. http://sonotaco.com/e_index.html.

Weiland, T. (2016 January). 2014 Southern δ -Aquariid observing campaign carried out from Crete. In *Proceedings of the 35th International Meteor Conference*. <https://www.imo.net/files/imc2016/imc2016-proceedings.pdf>.

AGRADECIMENTOS

V. D. R. Castro agradece pela bolsa PIBIFSP concedida. Os autores agradecem à Equipe do Projeto EXOSS, pelo constante suporte e apoio às observações e análises. Agradecimento especial a Eduardo Plácido Santiago, da equipe EXOSS, pela leitura crítica e auxílio na descrição dos softwares. Os autores também agradecem as valiosas contribuições e sugestões dos avaliadores.