

# ESTATÍSTICAS PRELIMINARES DAS OBSERVAÇÕES REALIZADAS POR IMAGEADOR ALL-SKY DE LUMINESCÊNCIA ATMOSFÉRICA NO OBSERVATÓRIO ESPACIAL DO SUL ENTRE 2017 E 2020.

Paulo Henrique Gomes<sup>1</sup>, José Valentin Bageston<sup>2</sup>, Juliano Moro<sup>2,3</sup>, Gabriela Bittencourt<sup>2</sup>  
[hgomes.academic@gmail.com](mailto:hgomes.academic@gmail.com) (contato do autor)

<sup>1</sup>Universidade Federal de Santa Maria

<sup>2</sup>Coordenação Espacial do Sul (INPE-MCTI)

<sup>3</sup>Laboratório Chave Nacional para Clima Espacial (NSSC-CAS)

**Palavras chaves:** aeronomia, instrumentação aeronômica, aeroluminescência.

## 1) INTRODUÇÃO

A luminescência atmosférica ou aeroluminescência é um fenômeno óptico caracterizado pela contínua emissão de fótons liberados por átomos e moléculas excitadas acima de seus níveis normais de energia. Essas emissões ocorrem em uma vasta faixa espectral e são originadas por processos de natureza físico-químico proporcionados pela incidência de radiação solar. A partir do processo de relaxação energética, os átomos e moléculas excitadas emitem uma tênue radiação que abrange bandas desde o ultravioleta até o infravermelho. Estes elementos são encontrados de forma estratificada na Mesosfera e Baixa Termosfera (80-100 km) e na Ionosfera (250 km).

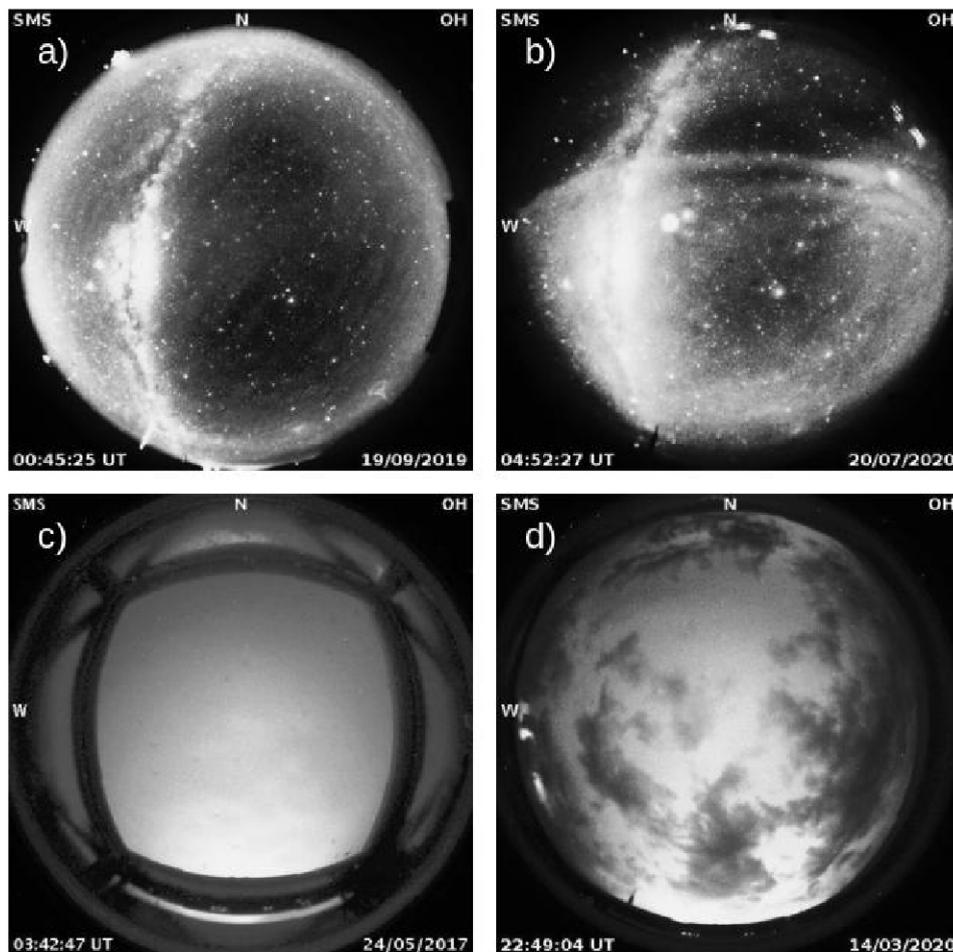
O imageamento do céu noturno é utilizado na Aeronomia por ser eficaz na detecção e registro de variações da aeroluminescência, sendo possível estudar diferentes fenômenos atmosféricos. Um imageador de aeroluminescência é um dispositivo composto por um sistema óptico telecêntrico com diversas lentes, sensor CCD (*Charge Coupled Device*), filtros ópticos para emissões de interesse e uma lente olho de peixe na parte superior do sistema telecêntrico. Dentre diferentes fenômenos passíveis de estudo com esse instrumento podemos citar as ondas de gravidade atmosféricas, que são perturbações mecânicas propagantes em uma atmosfera estável e estratificada, que transportam energia e momentum para diferentes alturas da atmosfera. Normalmente, ondas observadas na Mesosfera possuem origem na Troposfera (Bageston, 2010), e suas principais fontes são distúrbios causados por tempestades, cisalhamento de ventos, correntes de jato e fortes ventos sobre picos montanhosos. Esse último distúrbio gera ondas de montanha (Pautet et al., 2021), já intensas convecções em núcleos de nuvens geram ondas com padrões circulares (Nyassor et al., 2021), e em altas latitudes as ondas de gravidade podem ser geradas por tempestades geomagnéticas (Palmroth et al., 2020) e pelo eletrojato auroral (Prikryl et al., 2003). As ondas de gravidade ao propagarem pelas camadas de emissão da aeroluminescência deixam assinaturas bem definidas, isso ocorre devido a perturbação que essas causam sobre as camadas emissoras, elevando e abaixando adiabaticamente a altura das camadas (Medeiros, 2001). O monitoramento da atividade de ondas de gravidade também é muito útil aos estudos de irregularidades ionosféricas, como bolhas de plasma e distúrbios ionosféricos propagantes (Takahashi et al., 2020).

Neste trabalho serão apresentadas as estatísticas preliminares das observações de aeroluminescência realizadas por imageador all-sky entre 01/01/2017 e 31/12/2020, a partir do Observatório Espacial do Sul (OES/COESU/INPE-MCTI), localizado no município de São Martinho da Serra-RS (29°26' S, 53°48' O). O imageador utilizado neste trabalho é de filtro único (OH) para o estudo de ondas de gravidade, e obtém, aproximadamente, duas imagens por minuto.

## 2) METODOLOGIA

O primeiro passo da metodologia é uma análise preliminar visual das observações noturnas, essa análise é importante para determinar as noites observadas propícias à identificação e observação de eventos de onda de gravidade. Esse tipo de filtragem visual nos dados de imagens proporciona a extração dos metadados, via uma classificação supervisionada e, posteriormente, a seleção e análise

visual dos dados considerados úteis. Os parâmetros utilizados na classificação supervisionada das observações são duração e condição de visibilidade dos fenômenos, os fatores de invalidação são ocorrência de falha técnica que interfira na observação, curta duração, visibilidade do céu reduzida e presença de contaminação luminosa, natural ou artificial. Seguindo esses critérios, as noites observadas foram classificadas em úteis e inúteis, podemos observar na Figura 1 alguns exemplos de noites observadas que seguem a classificação mencionada. Em a) e b) as noites são úteis e em ambas foram identificados eventos interessantes de ondas de gravidade, como visível em b), uma frente de onda horizontalmente alinhada na direção leste-oeste, propagando para norte. Nas duas imagens a Via-Láctea está alinhada na direção norte-sul, localizada do centro para a esquerda das imagens. Por outro lado, em c) e d) as observações foram consideradas inúteis, nos dois casos pela condição do céu estar totalmente nublado, e também em c) houve uma falha no sistema para proteção da cúpula do instrumento (que estava fechando no momento em que a foto foi tirada).



**Figura 1:** Exemplos de dados de imagens obtidas com imageador all-sky de aeroluminescência. Em a) e b) observações classificadas como útil, em b) é possível identificar um evento de onda, com uma estrutura denominada frente mesosférica, propagando do sul para o norte, em c) e d) observações classificadas como inútil, visto a alta nebulosidade, e ainda em c) é possível verificar que o sistema de proteção da cúpula estava fechando, posteriormente esse sistema foi removido.

Após essa classificação, os dados considerados úteis foram selecionados para uma análise visual mais detalhada. O objetivo científico inicial é o estudo das ondas de gravidade e em um momento posterior realizar estudos de fenômenos ionosféricos, então, as noites observadas que passarem pela análise visual e possuírem algum evento de onda de gravidade são escolhidas para a realização do processamento de imagens e análise espectral dos eventos de onda, via programas desenvolvidos em IDL (*Interactive Data Language*), para obtenção dos parâmetros físicos das ondas. Porém, para este trabalho a etapa de análise dos parâmetros das ondas não foi contemplada, mas essas análises já estão em andamento para que em breve tenhamos esses resultados.

### 3) RESULTADOS

Para o intervalo de observações utilizado neste trabalho, até o momento, foram contabilizadas 1.063 noites observadas, dessas, 410 foram classificadas como úteis (38,57%), ou seja, noites sem falhas técnicas, céu total ou parcialmente limpo e sem ocorrência de contaminação luminosa. Já 653 noites foram consideradas inúteis (61,42%), segundo os critérios descritos anteriormente, dessas, 389 foram devido a baixa visibilidade do céu (59,57%), 44 por contaminação luminosa (6,73%), 137 devido a curta duração da observação (20,98%) e 83 por falhas técnicas (12,71%). Foram contabilizadas 272.880 imagens do céu e, aproximadamente, 6.708 horas de observações, sendo 2.995 horas com condições propícias para identificação de eventos de ondas de gravidade, ou seja, 44,64% dos períodos de observação foram contabilizados como horas úteis.

### 4) CONCLUSÕES

Neste trabalho foram investigadas as condições propícias, durante o período noturno, para seleção de observações úteis de um imageador de aeroluminescência operado no Observatório Espacial do Sul, em São Martinho da Serra-RS, Brasil. O intervalo utilizado compreende 1.063 noites, de uma série de 6.708 horas de observação. Desse total, foram classificadas, de acordo com a metodologia adotada, 2.995 horas de dados úteis e 3.713 horas de dados inúteis, o que equivale a 44,64% de dados bons para análise de ondas de gravidade em trabalho que já está em desenvolvimento. Dos anos analisados, 2020 teve o maior número de observações úteis (162) e 2017 foi o ano com menor número de observações úteis (40) para análise de eventos. Ainda será necessário analisar as condições das observações para os anos de 2021 e 2022, de modo que tenhamos uma série de seis anos contínuos de observação, para que então um estudo detalhado possa ser realizado, o que inclui, por exemplo, a quantificação da atividade de ondas segundo a sazonalidade e a identificação de potenciais fontes de geração dos diferentes tipos de eventos de onda.

### REFERÊNCIAS

- Bageston, José Valentin. **Caracterização de ondas de gravidade mesosférica na Estação Antártica Comandante Ferraz**. 2010. 176 p. Tese (Doutorado em Geofísica Espacial) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2009.
- Blumen, W.; Hendl, R. G., 1969:** On the Role of Joule Heating as a Source of Gravity-Wave Energy above 100 km. *Journal of the Atmospheric Sciences*, 26, 02, 210-217.
- Hecht, J. H.; Fritts, D. C.; Wang, L.; et al., 2018:** Observations of the Breakdown of Mountain Waves Over the Andes Lidar Observatory at Cerro Pachon on 8/9 July 2012. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 123, 01, 276-299.
- Medeiros, Amauri Fragoso. **Observações de ondas de gravidade através do imageamento da aeroluminescência**. 2001. 187 p. Tese (Doutorado em Geofísica Espacial) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2001.
- Nyassor, P. K.; Wrasse, C. M.; Gobbi, D.; et al., 2021:** Case Studies on Concentric Gravity Waves Source Using Lightning Flash Rate, Brightness Temperature and Backward Ray Tracing at São Martinho da Serra (29.44°S, 53.82°W). *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 126, 10.
- Palmroth, M.; Grandin, M.; Helin, M.; et al., 2020:** Citizen Scientists Discover a New Auroral Form: Dunes Provide Insight Into the Upper Atmosphere. *AGU Advances*, 01, 01.
- Pautet, P. D.; Taylor, M. J.; Fritts, D. C.; et al., 2021:** Mesospheric Mountain Wave Activity in the Lee of the Southern Andes. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 126, 07.
- Prikryl, P.; Muldrew, D. B.; Sofko, G. J.; 2003:** High-speed solar wind, auroral electrojets and atmospheric gravity waves: a link to the Earth's atmosphere, 535, 371-376.
- Takahashi, H.; Wrasse, C. M.; Figueiredo, C. A. O. B.; et al., 2020:** Equatorial Plasma Bubble Occurrence Under Propagation of MSTID and MLT Gravity Waves. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, 125, 09.