

XIII Colóquio Brasileiro de Ciências Geodésicas • 2024

Universidade Federal do Paraná

25 Anos

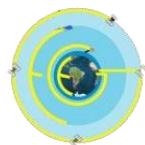
Conectando mentes e
provendo conhecimento

IMPACTO DE MÉTODOS DE FILTRAGEM NA PERFORMANCE DE PERFIS IONOSFÉRICOS PROVENIENTES DA MISSÃO COSMIC CONSIDERANDO A REGIÃO BRASILEIRA

Gabriel Oliveira Jerez (1,2), Manuel Hernández-Pajares (2), Daniele Barroca Marra Alves (1) and João Francisco Galera Monico (1)*

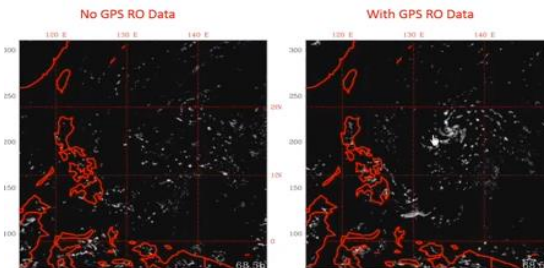
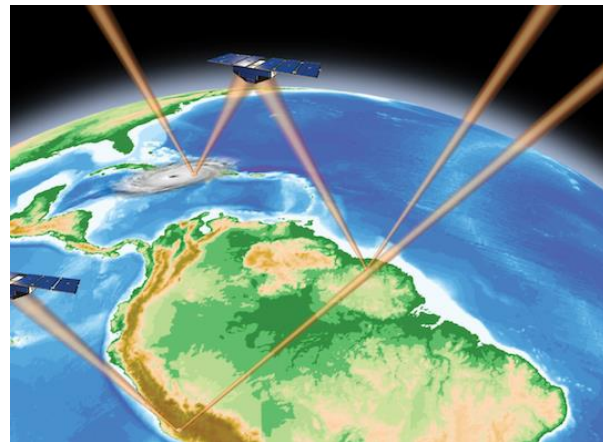
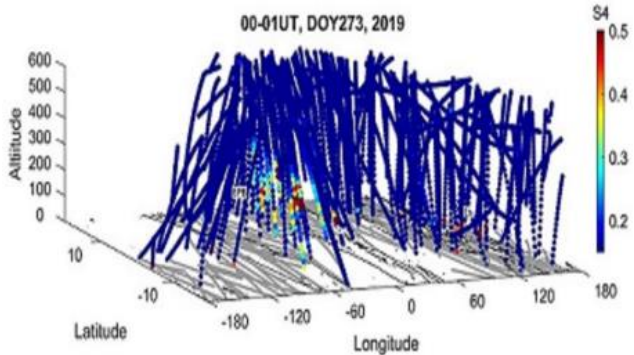
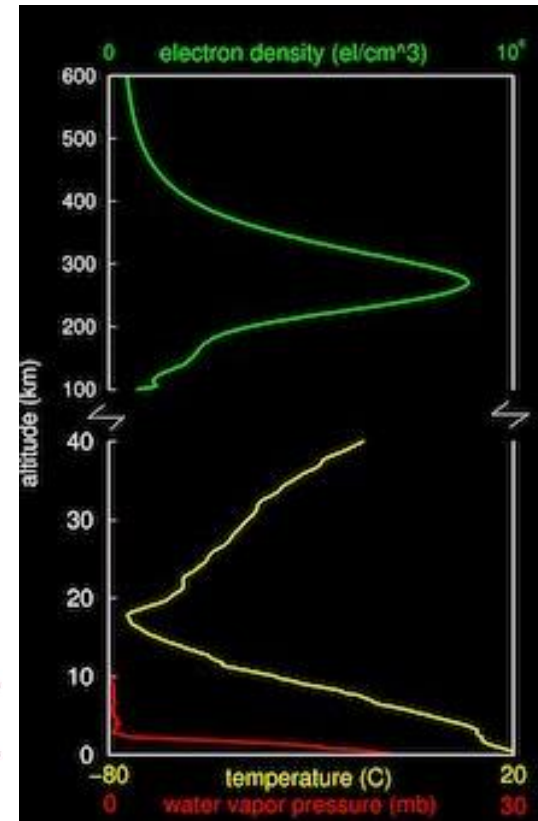
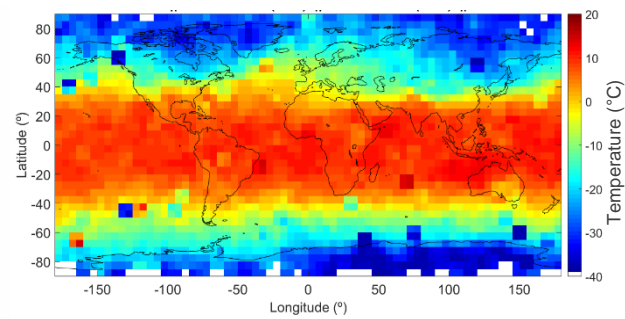
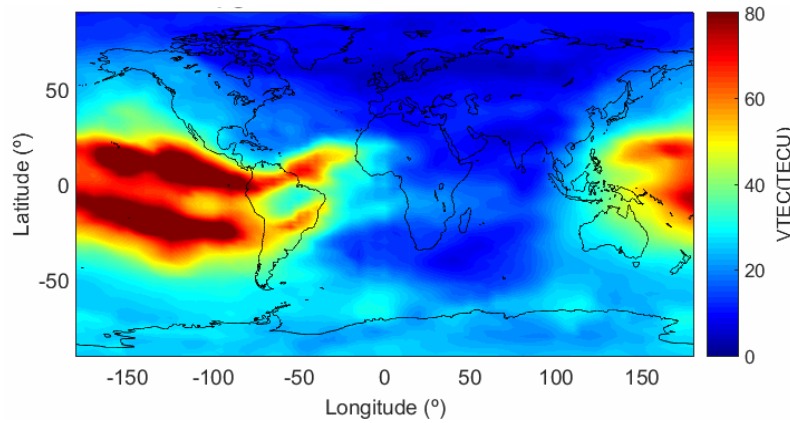
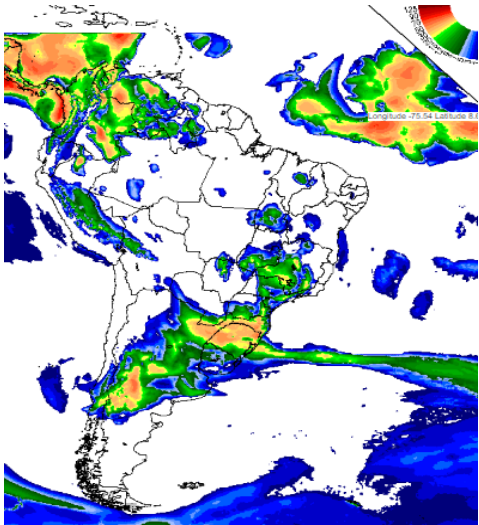
¹ Departamento de Cartografia, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Presidente Prudente, São Paulo, Brasil.

² Department of Mathematics, Universitat Politècnica de Catalunya (UPC), UPC-IonSAT and UPC-IEEC Research Groups, Barcelona, Espanha.

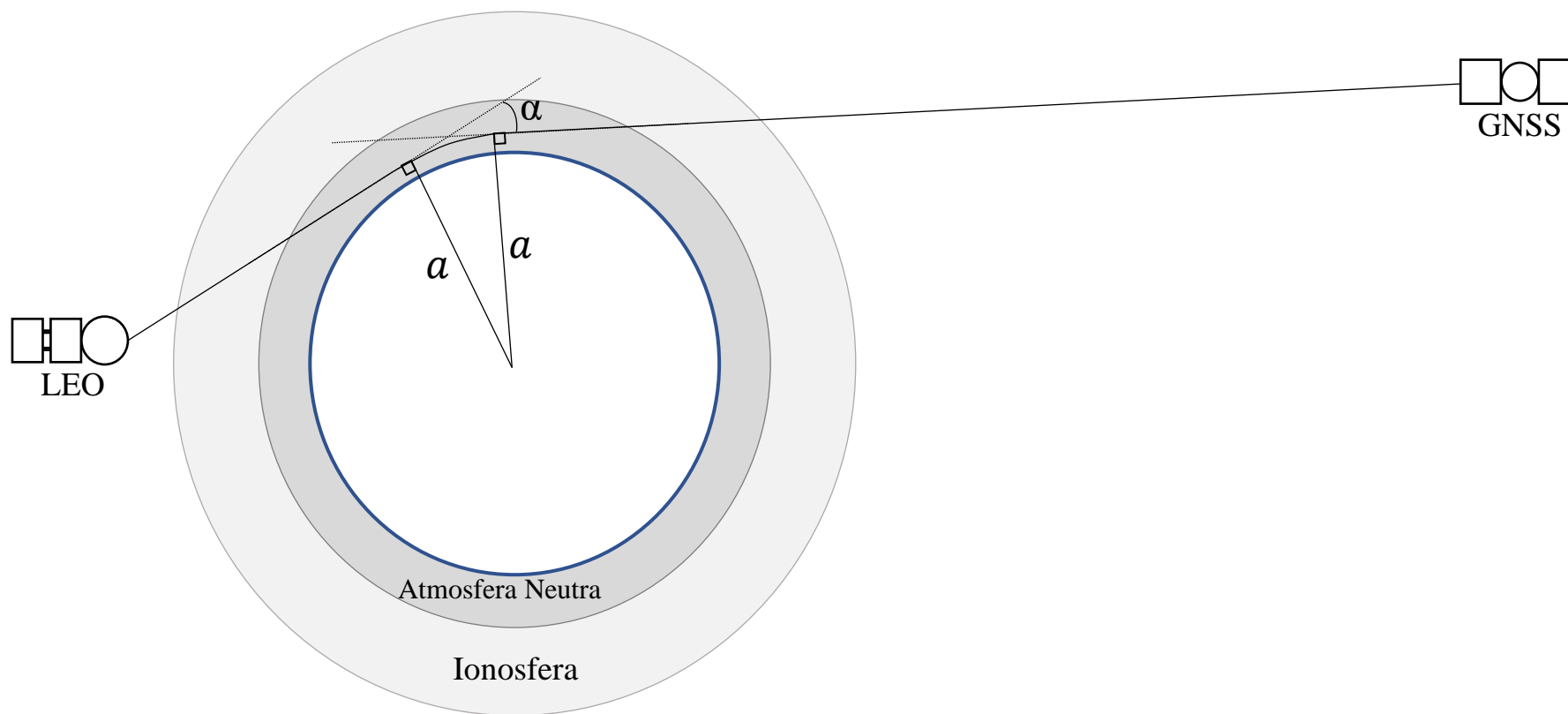


Curitiba, 26 a 29 de novembro de 2024

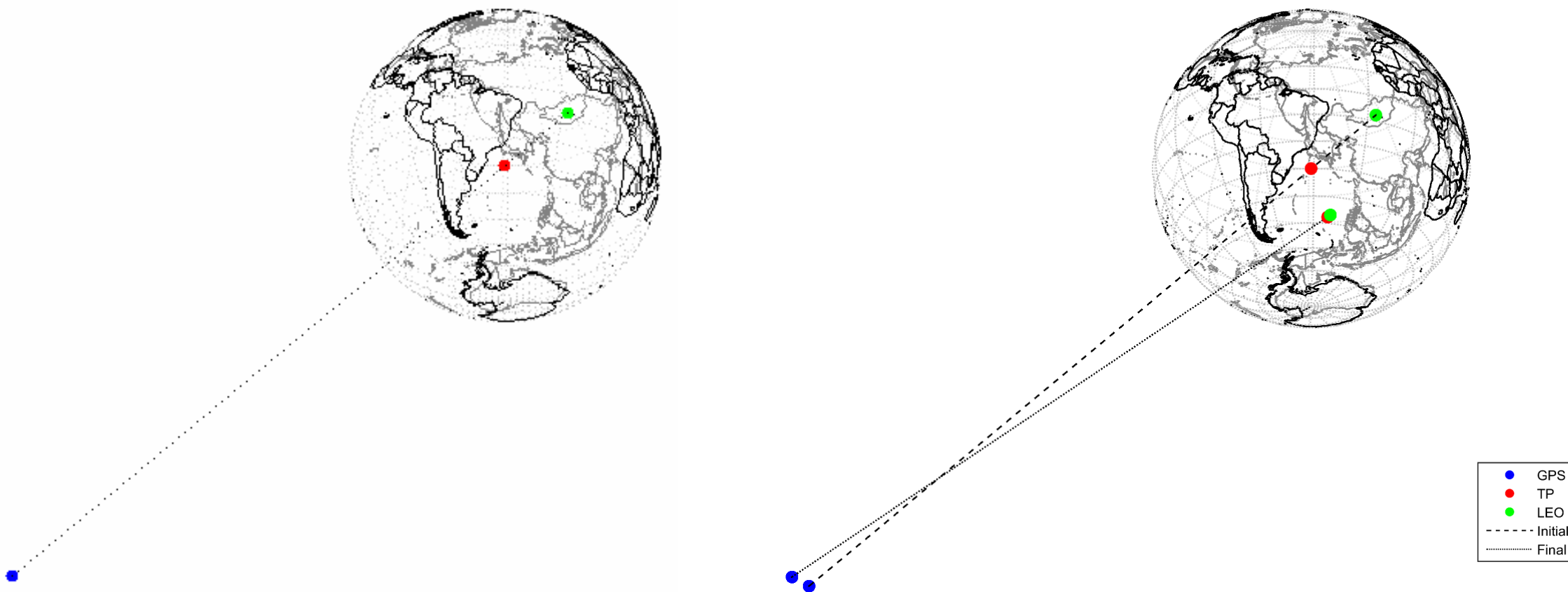
A Rádio Ocultação GNSS é uma importante fonte de informação atmosférica.



A geometria envolvida na aquisição de dados de RO, considerando os satélites GNSS (*Global Navigation Satellite Systems*) e LEO (*Low Earth Orbit*), torna a validação dos perfis de RO, por si só, uma tarefa desafiadora.



Diversos trabalhos vem desenvolvendo metodologias para a validação de perfis de RO. Considerando perfis de densidade de elétrons, em geral, são utilizadas comparações com dados de diferentes missões [1,2], modelos [3,4], ionossondas [5,6] e medições *in situ* [7,8].



Métodos de filtragem propostos

Manual

Valor mínimo de densidade de elétrons (-10^5 el/cm³ e 0 el/cm³)

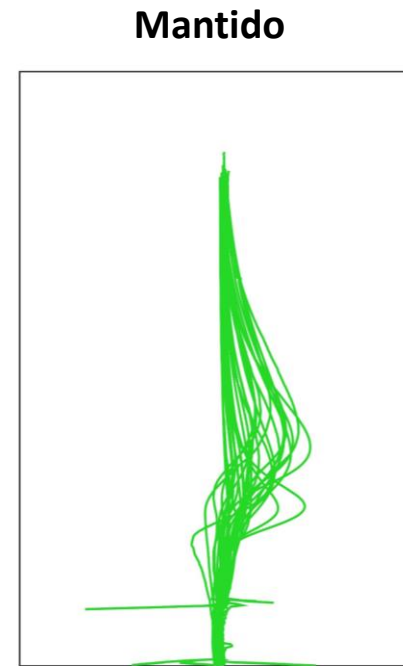
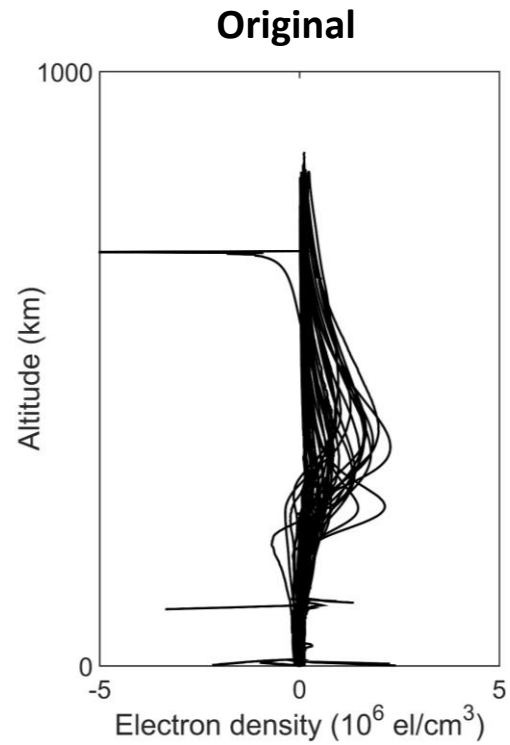
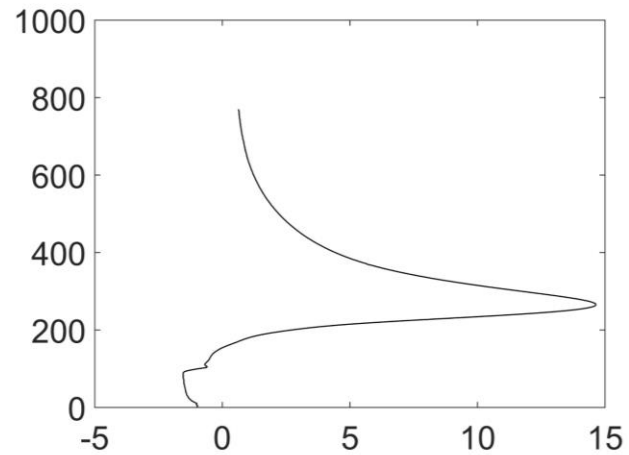
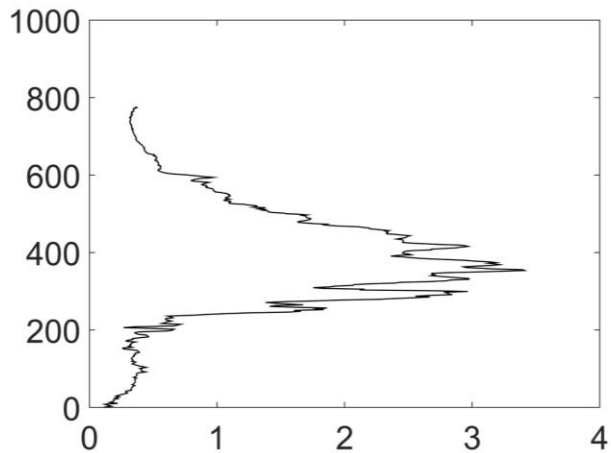
Valor mínimo de densidade de elétrons acima de 100 km

Limite de ocorrência de hmF₂ (200-450 km)

“Distribuição normal” de discrepâncias considerando o modelo de Chapman

Identificação de outliers de discrepâncias considerando o modelo de Chapman

Filtragem manual



Modelo de Chapman

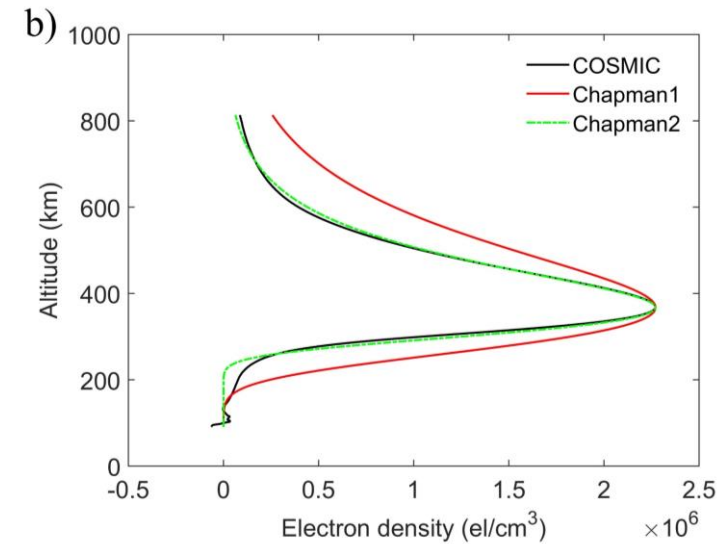
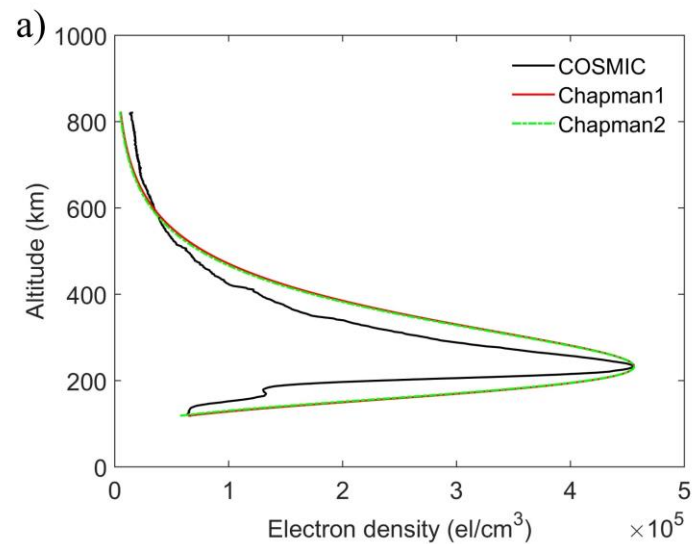
$$N = N_m e^{k(1-z-e^{-z})}$$

$$z = \frac{h - h_m}{H}$$

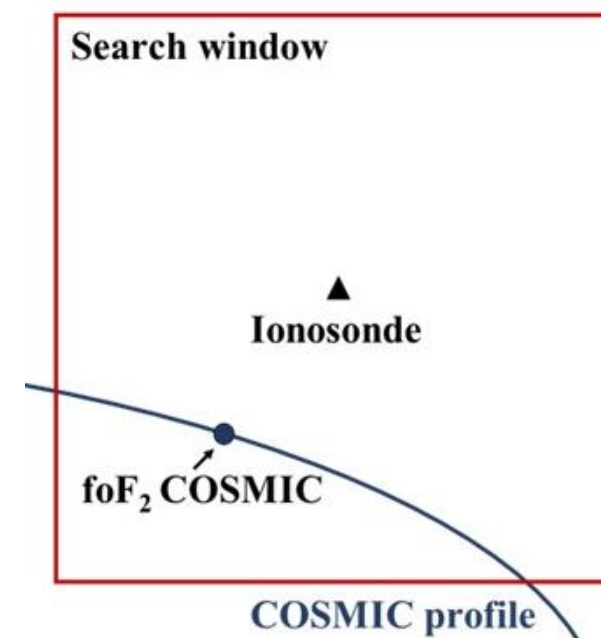
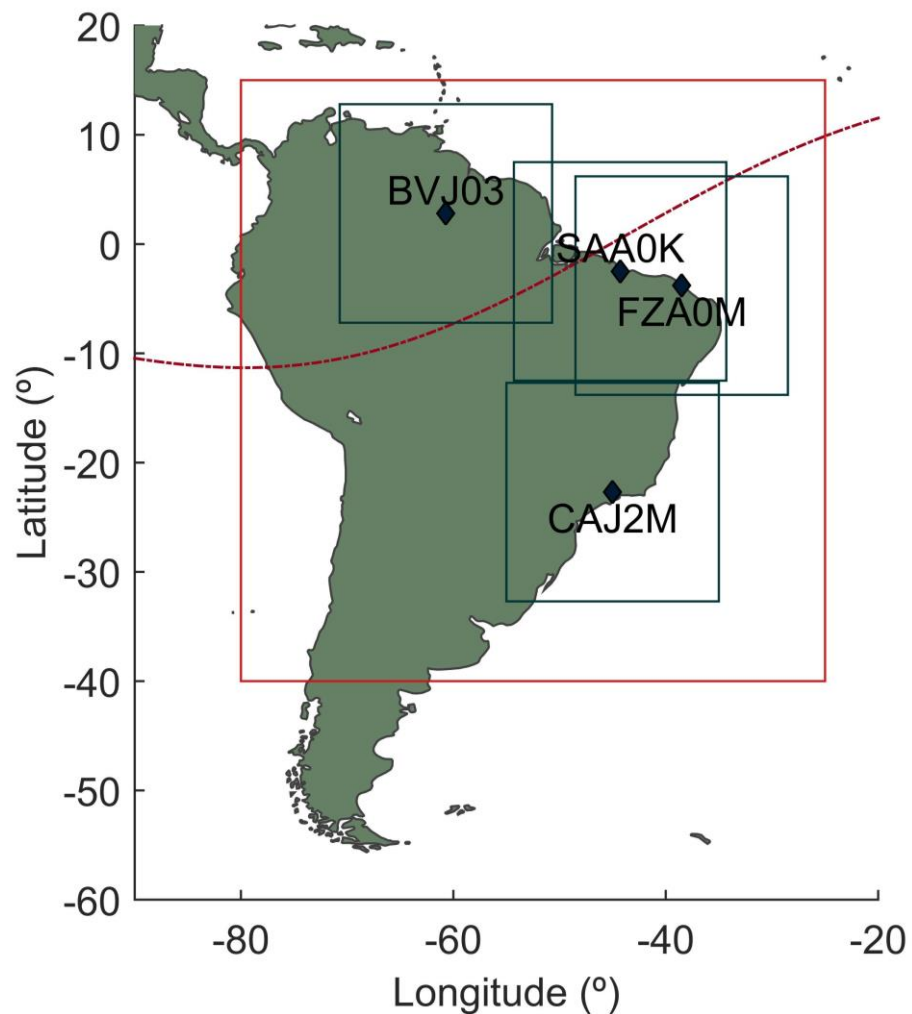
$$z_{i+1} = 1 - e^{z_i} - \frac{1}{k} \ln \frac{N}{N_m}$$

$$H = \frac{5}{3} [30 + 0.2(h_m - 200)]$$

Chapman 1 (a): H estimated from $h_m F_2$ to the top.
Chapman 2 (b): H estimated from $(h_m F_2 + 50 \text{ km})$ to the top.

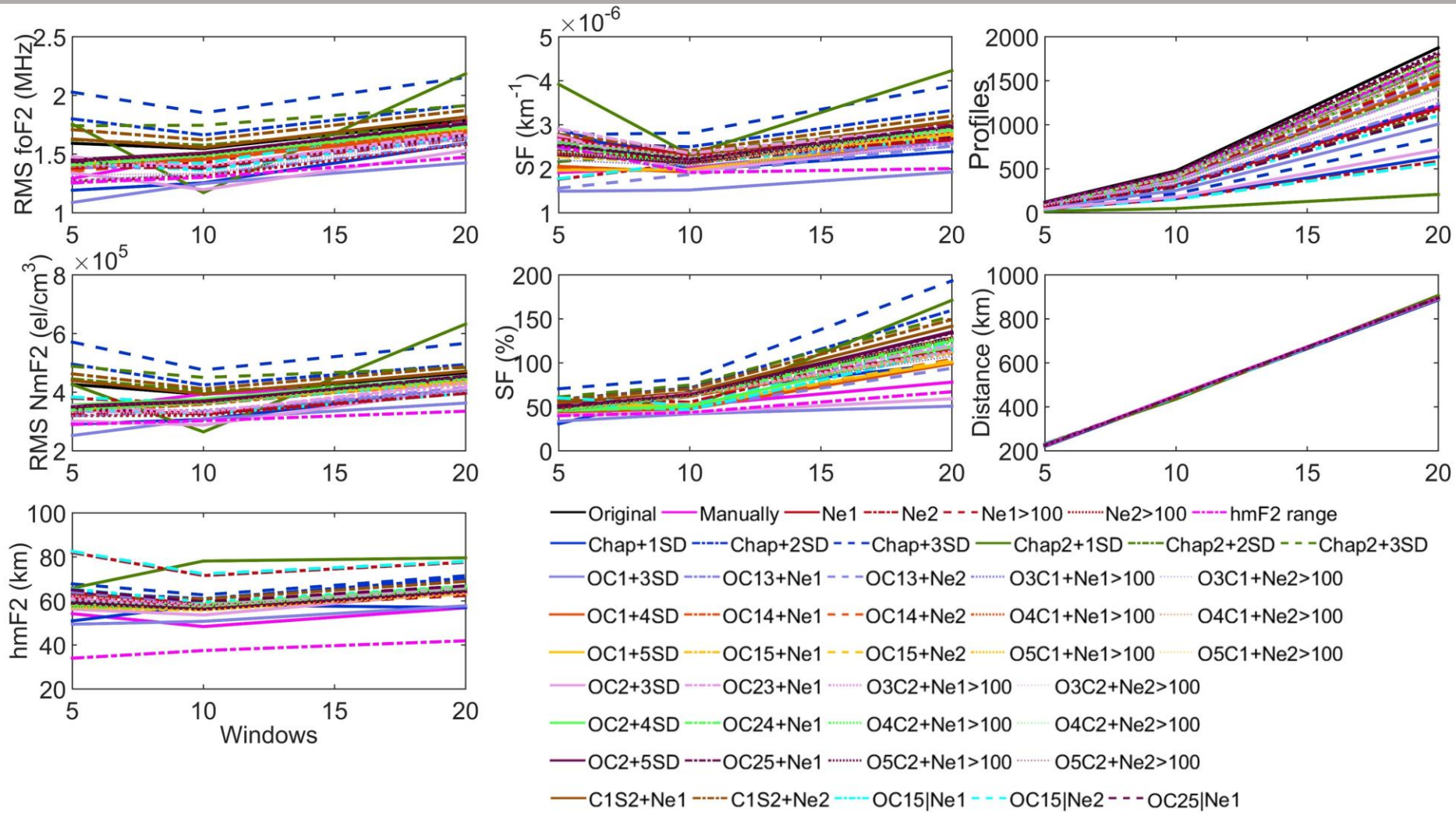


Avaliação realizada com base em dados de ionosondas manualmente estimados, considerando dois anos de dados (2014-2015)

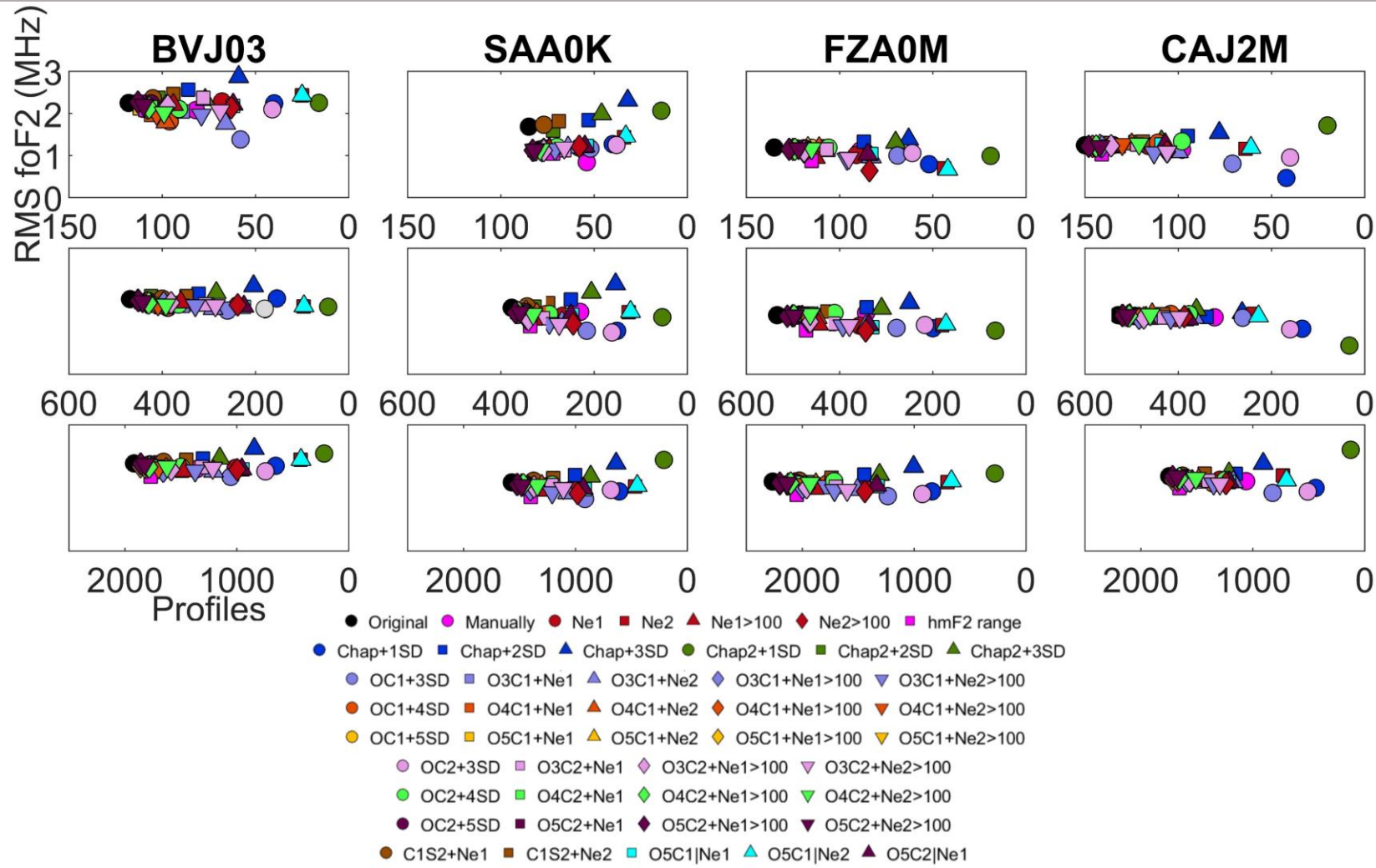


Janelas espaciais de 5°, 10° e 20° em latitude e longitude e temporal de 01 hora

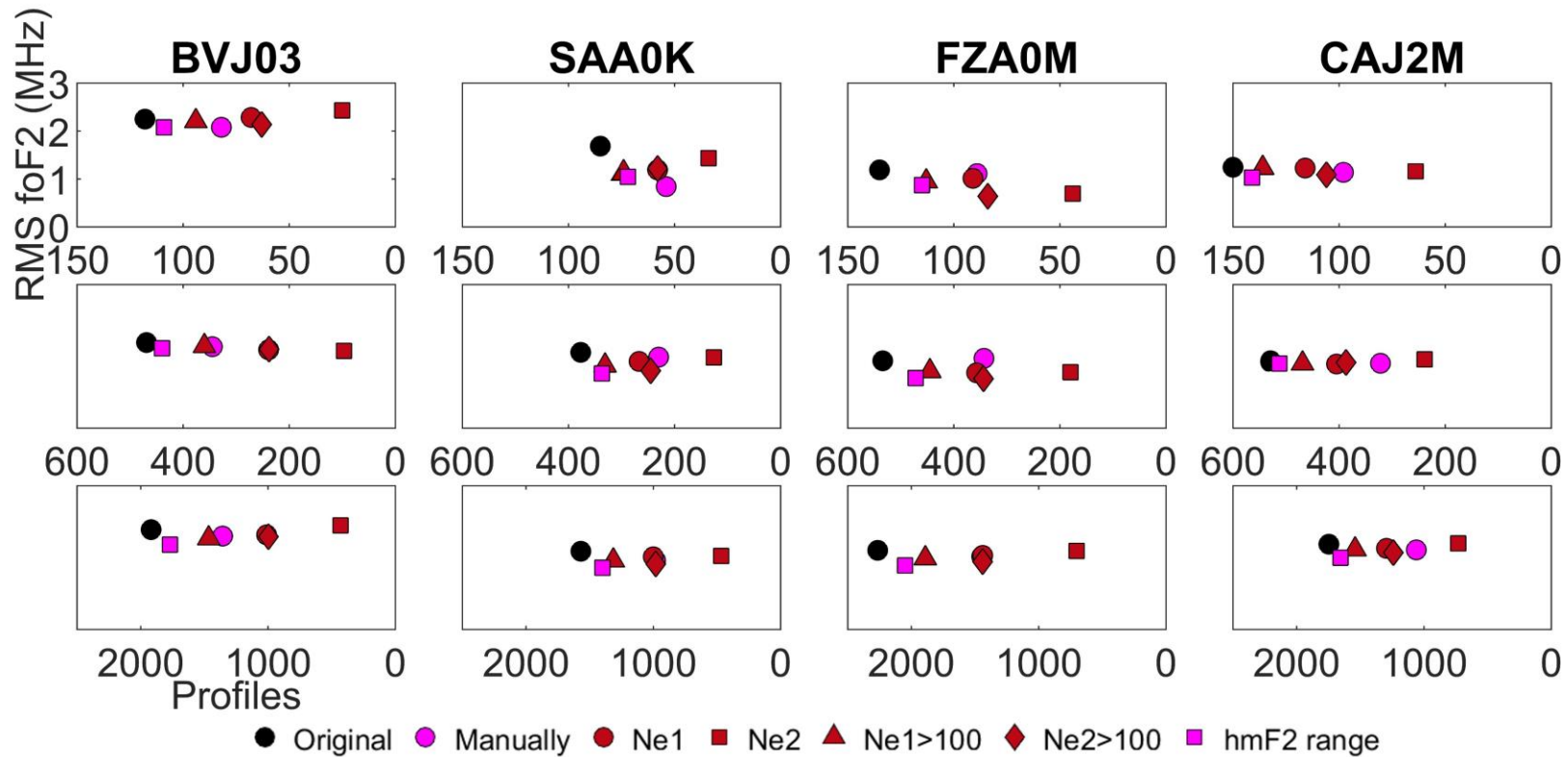
Performance das estratégias de filtragem considerando foF₂, NmF₂, hmF₂, Shape function (SF), número de perfis mantidos e média de distância até a ionossonda de referência



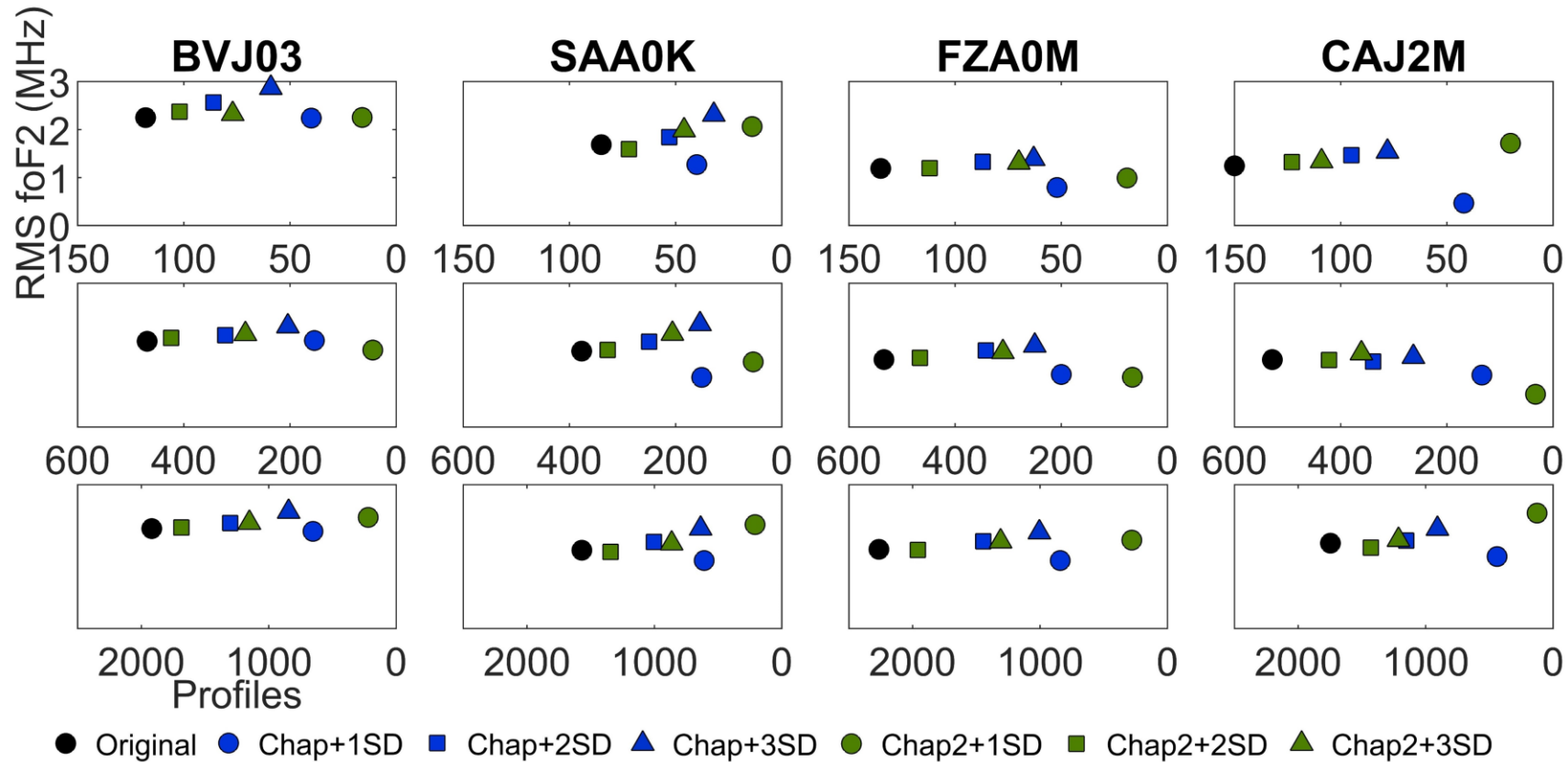
Comparação direta entre o RMS das diferenças de foF2 e o número de perfis mantidos para cada janela de busca (5°, 10° e 20°), considerando as quatro ionossondas



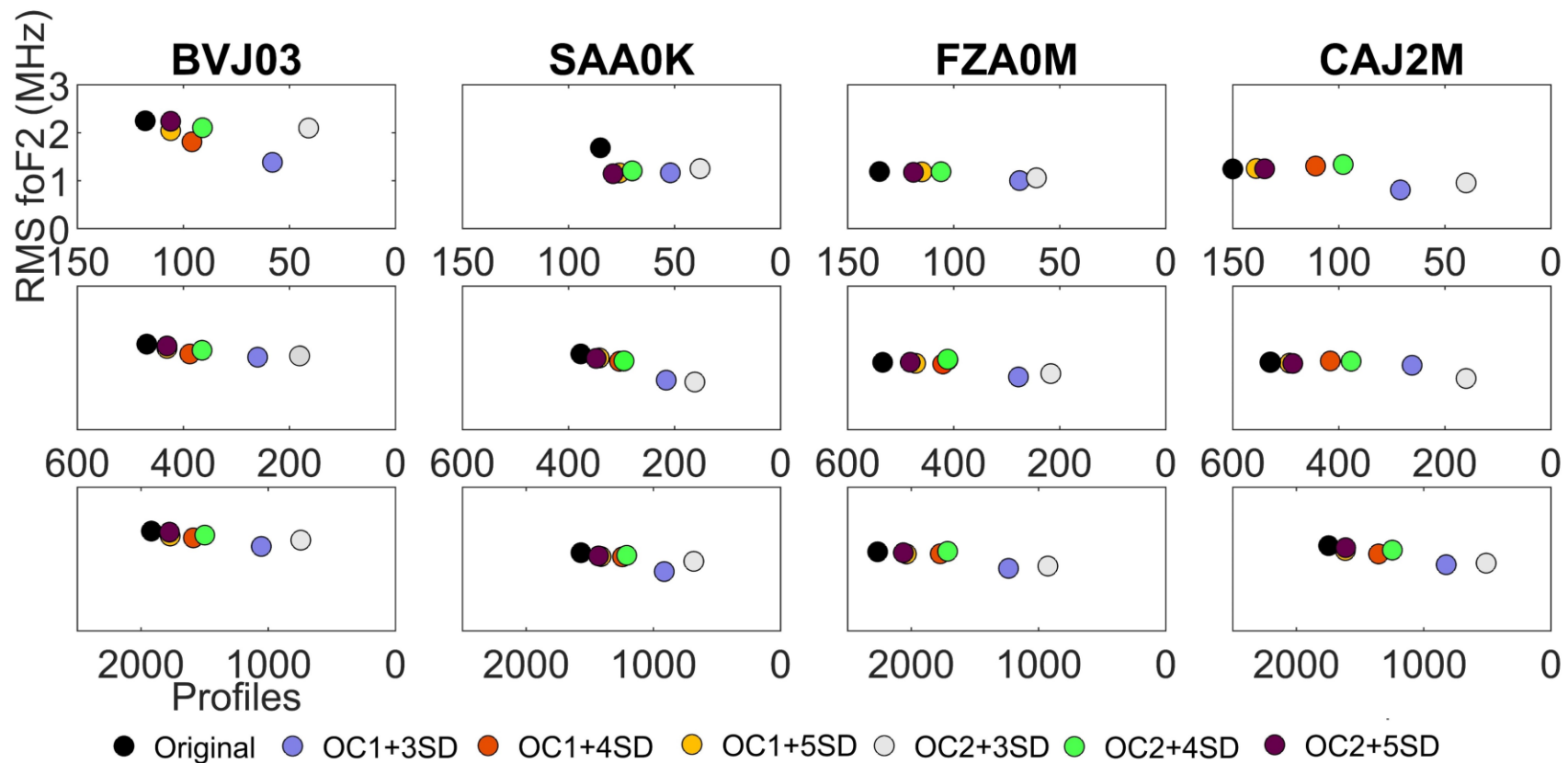
Comparação direta entre o RMS das diferenças de foF2 e o número de perfis mantidos para estratégias de filtragem manual, valores mínimos de densidade de elétrons e limite de ocorrência de hmF2



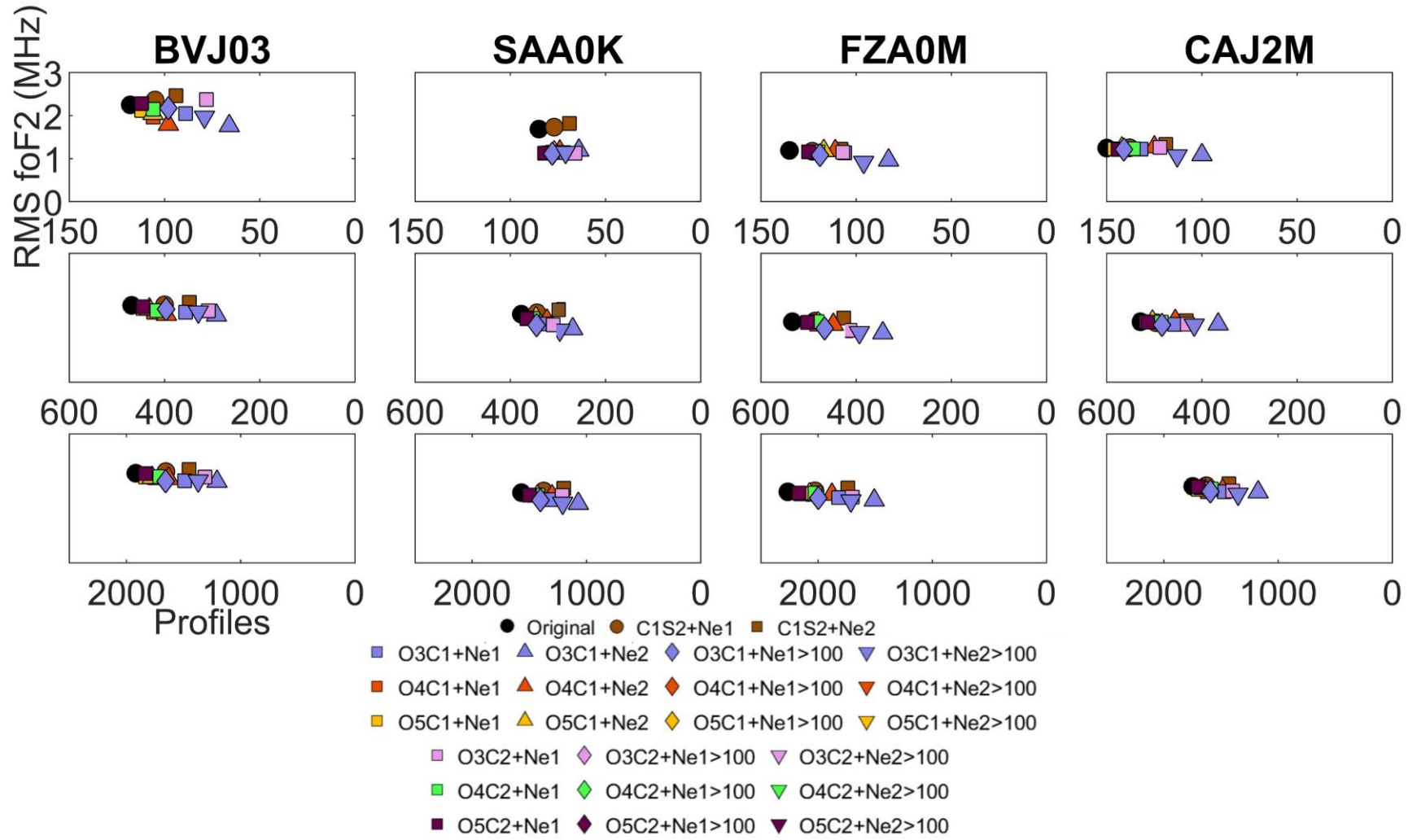
Comparação direta entre o RMS das diferenças de foF2 e o número de perfis mantidos para estratégias de filtragem utilizando distribuição normal das discrepâncias



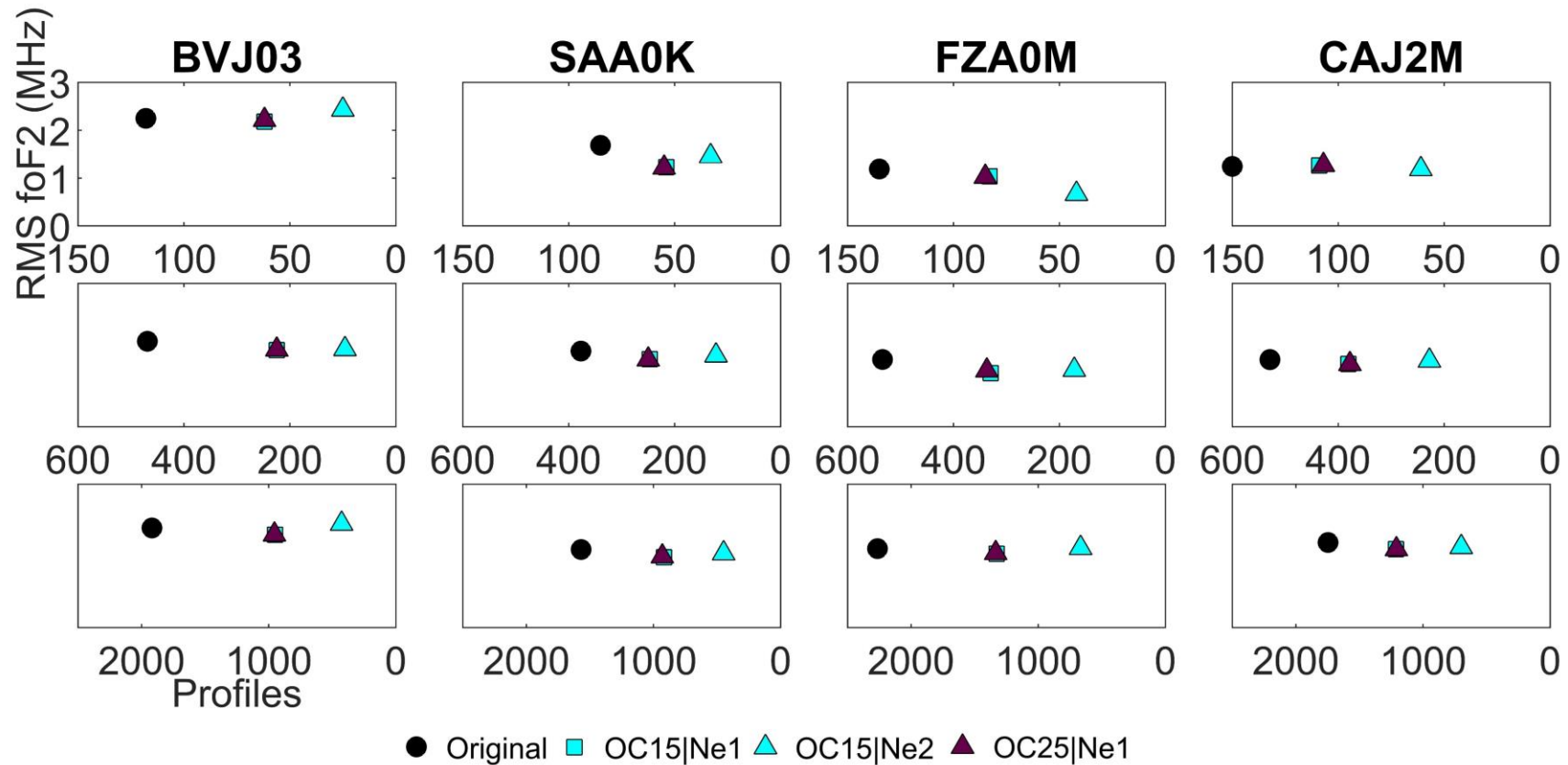
Comparação direta entre o RMS das diferenças de foF2 e o número de perfis mantidos para estratégias de filtragem utilizando identificação de outliers



Comparação direta entre o RMS das diferenças de foF2 e o número de perfis mantidos para estratégias de filtragem respeitando ao menos uma de duas condições



Comparação direta entre o RMS das diferenças de foF2 e o número de perfis mantidos para estratégias de filtragem respeitando duas condições



Performance geral em relação ao número de perfis e RMS da foF2 do dataset original com 488 perfis e RMS de 1,61 MHz (5°), 1909 perfis e RMS de 1,54 MHz (10°) e 7500 perfis e RMS de 1,80 MHz (20°)

Windows Mode	5°		10°		20°	
	Profiles kept (%)	RMS <i>foF2</i> (%)	Profiles kept (%)	RMS <i>foF2</i> (%)	Profiles kept (%)	RMS <i>foF2</i> (%)
Manually	66.19	13.16	64.96	2.25	64.64	7.18
Ne1	68.24	9.49	66.42	11.64	63.28	6.47
Ne2	34.22	13.16	33.63	9.01	31.09	1.00
Ne1 > 100	85.45	10.55	84.08	9.89	82.83	9.26
Ne2 > 100	63.73	18.50	63.59	14.99	62.13	12.01
hmF2	89.55	16.60	92.30	13.88	91.67	17.17
Chap+1SD	35.66	17.42	33.47	16.52	33.91	10.44
Chap+2SD	65.78	-15.30	65.64	-7.84	65.39	-7.25
Chap+3SD	47.54	-26.75	45.63	-18.04	45.24	-19.87
Chap2+1SD	14.14	-10.61	10.32	20.14	11.13	-19.36
Chap2+2SD	83.81	-3.53	85.91	-2.45	85.59	1.17
Chap2+3SD	61.89	-8.21	60.82	-11.73	60.52	-7.07
O3C1	51.23	32.29	53.22	17.66	53.72	19.73
O4C1	78.48	12.72	80.09	5.70	79.47	5.86
O5C1	89.34	9.46	91.04	3.28	91.17	4.41
O3C2	36.89	13.91	37.72	20.86	38.17	14.00
O4C2	74.80	6.24	75.90	2.93	75.61	2.81
O5C2	89.96	5.71	91.57	2.21	91.79	1.85

Performance geral em relação ao número de perfis e RMS da foF2 do dataset original com 488 perfis e RMS de 1,61 MHz (5°), 1909 perfis e RMS de 1,54 MHz (10°) e 7500 perfis e RMS de 1,80 MHz (20°)

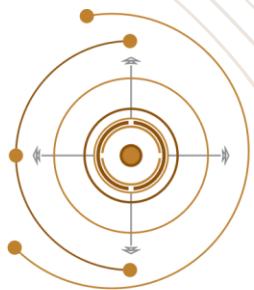
Windows Mode	5°		10°		20°	
	Profiles kept (%)	RMS foF2 (%)	Profiles kept (%)	RMS foF2 (%)	Profiles kept (%)	RMS foF2 (%)
Ne1>100 hmF2	77.05	21.95	77.89	19.29	76.33	21.69
Ne2>100 hmF2	56.76	34.32	58.77	24.47	56.89	24.37
O3C1 hmF2	45.49	41.39	48.72	21.26	48.79	24.91
O4C1 hmF2	69.88	28.92	73.44	19.28	72.33	21.03
O5C1 hmF2	80.12	22.11	84.08	15.50	83.64	18.52
O3C2 hmF2	31.35	21.12	33.84	26.68	33.77	24.08
O4C2 hmF2	66.39	21.14	69.25	18.07	68.37	20.93
O5C2 hmF2	80.53	17.13	84.49	14.61	84.03	18.35
O3C1+Ne1>100 hmF2	79.92	23.03	81.82	18.49	81.21	20.92
O3C1+Ne2>100 hmF2	65.37	35.85	69.15	21.88	68.39	22.99
O4C1+Ne1>100 hmF2	85.04	21.54	87.53	16.08	86.61	18.97
O4C1+Ne2>100 hmF2	78.89	24.58	81.72	17.54	80.39	20.29
O5C1+Ne1>100 hmF2	86.89	16.69	89.89	14.26	89.44	17.52
O5C1+Ne2>100 hmF2	84.63	18.33	87.85	14.42	87.25	18.25
O3C2+Ne1>100 hmF2	78.48	22.15	80.15	18.89	79.11	21.26
O3C2+Ne2>100 hmF2	60.66	34.64	64.33	22.93	63.04	23.51
O4C2+Ne1>100 hmF2	84.22	21.21	86.80	16.43	85.55	19.12
O4C2+Ne2>100 hmF2	75.82	24.03	79.26	17.78	77.69	20.64
O5C2+Ne1>100 hmF2	86.89	16.69	89.79	14.47	89.29	17.58
O5C2+Ne2>100 hmF2	84.02	18.49	87.59	14.67	87.04	18.30

CONSIDERAÇÕES FINAIS

- No presente trabalho foram realizadas análises sobre o impacto de filtragens no desempenho de dados da missão COSMIC.
- As avaliações de desempenho foram realizadas por meio de dados de ionossondas da região brasileira.
- As análises consideraram valores de foF_2 , NmF_2 , hmF_2 , Shape function (SF), número de perfis mantidos e distância média da região de ocorrência das ocultações à ionossonda de referência.
- O método com melhor performance para a região brasileira foi a combinação da identificação de outliers com distância de 4 desvios padrão, combinado com o limite mínimo de -10^5el/cm^3 acima de 100 km e o limite de ocorrência de hmF_2 ($O4C1+Ne1 > 100$ | hmF_2 e $O4C2+Ne1 > 100$ | hmF_2), considerando que essas estratégias apresentaram o melhor equilíbrio entre o número de perfis mantidos e o RMS obtido com as diferenças de foF_2 .
- Essas estratégias de filtragens apresentaram uma taxa geral de 86 % dos perfis mantidos e melhoria de 21% (janela de 5°), 16% (janela de 10°) e 19% (janela de 20°).
- A escolha do método de filtragem pode variar de acordo com o cenário em que seja aplicado. No caso aqui estudado, não foram observadas influências sazonais ou diretamente relacionadas à atividade geomagnética.

REFERÊNCIAS

- [1] Chang, H., Lee, J., Yoon, H., Morton, Y., & Saltman, A. (2022). Performance assessment of radio occultation data from geoptics by comparing with COSMIC data. *Earth, Planets and Space*, 74 (1), 1–17.
- [2] Jakowski, N., Wehrenpfennig, A., Heise, S., Reigber, C., & Lühr, H. (2003). Status of ionospheric radio occultation champ data analysis and validation of higher level data products. *First CHAMP Mission Results for Gravity, Magnetic and Atmospheric Studies*, 462–472.
- [3] Aa, E., Liu, S., Huang, W., Shi, L., Gong, J., Chen, Y., . . . Li, J. (2016). Regional 3-d ionospheric electron density specification on the basis of data assimilation of ground-based gnss and radio occultation data. *Space Weather* , 14 (6), 433–448.
- [4] Jin, S., Gao, C., & Li, J. (2019). Atmospheric sounding from FengYun-3c GPS radio occultation observations: first results and validation. *Advances in Meteorology*, 2019 , 1–13.
- [5] Krankowski, A., Zakharenkova, I., Krypiak-Gregorczyk, A., Shagimuratov, I. I., & Wielgosz, P. (2011). Ionospheric electron density observed by formosat-3/cosmic over the european region and validated by ionosonde data. *Journal of Geodesy*, 85 , 949–964.
- [6] Pedatella, N., Yue, X., & Schreiner, W. (2015). Comparison between GPS radio occultation electron densities and in situ satellite observations. *Radio Science*, 50 (6), 518–525.
- [7] Schreiner, W. S., Sokolovskiy, S. V., Rocken, C., & Hunt, D. C. (1999). Analysis and validation of gps/met radio occultation data in the ionosphere. *Radio Science*, 34 (4), 949–966.
- [8] Yue, X., Schreiner, W. S., Kuo, Y.-H., Wu, Q., Deng, Y., & Wang, W. (2013). GNSS radio occultation (RO) derived electron density quality in high latitude and polar region: Ncar-tiegcm simulation and real data evaluation. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, 98 , 39–49.



XIII Colóquio Brasileiro de Ciências Geodésicas • 2024

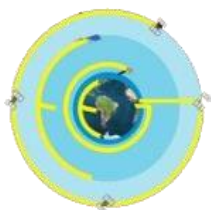
Universidade Federal do Paraná

25 Anos

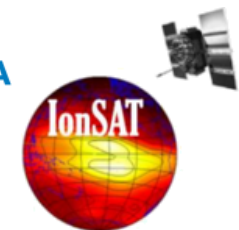
*Conectando mentes e
provendo conhecimento*

OBRIGADO!

gabriel.jerez@unesp.br



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH



REALIZAÇÃO



Curitiba, 26 a 29 de novembro de 2024