

XIII Colóquio Brasileiro
de Ciências
Geodésicas • 2024

Universidade Federal do Paraná

25 Anos

*Conectando mentes e
provendo conhecimento*

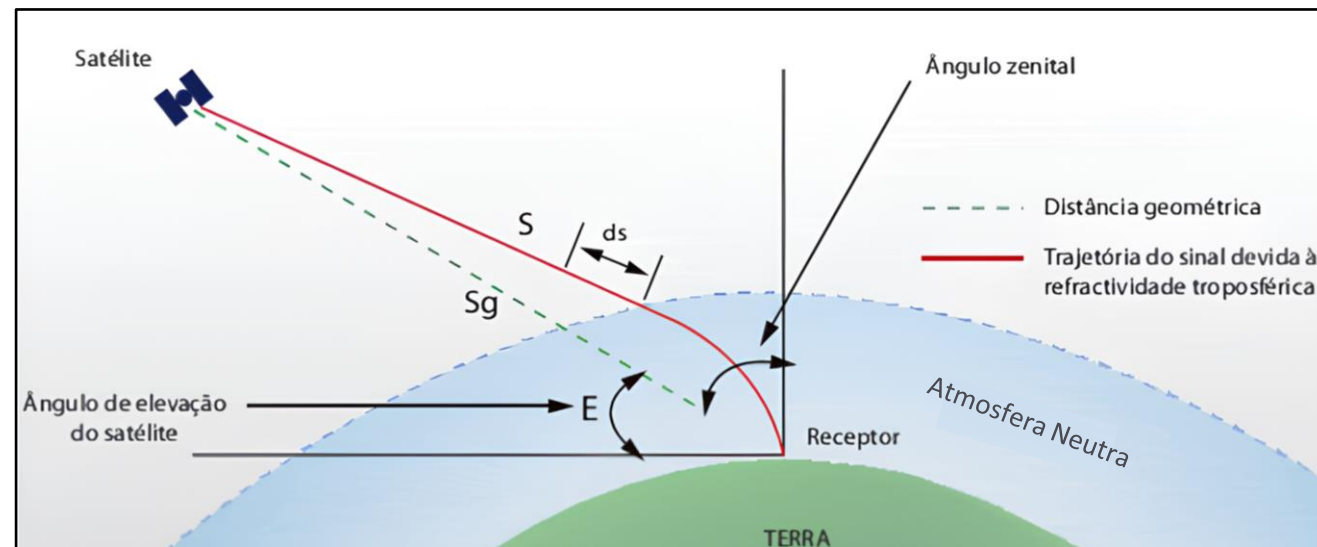
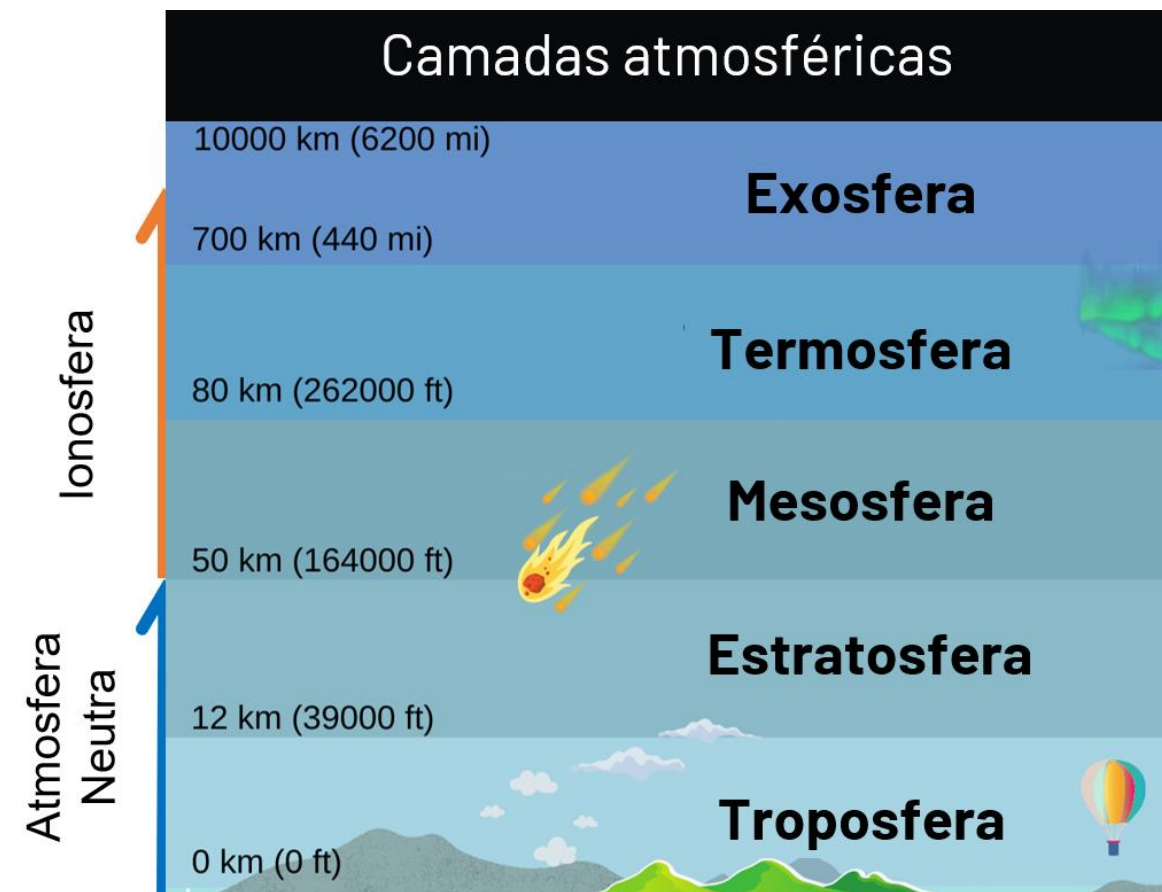
ANÁLISE DO ATRASO ÚMIDO E HIDROSTÁTICO DA ATMOSFERA NEUTRA POR RADIOSSONDAGEM: ESTUDO DE CASO PARA SÃO PAULO (SP) E MANAUS (AM) EM PERÍODOS DISTINTOS

*AFONSO MARQUES ALBUQUERQUE¹, DANIELE BARROCA MARRA ALVES¹,
TAYNÁ APARECIDA FERREIRA GOUVEIA¹, VIVIANE APARECIDA DOS SANTOS¹,
MARIA JÚLIA DE SOUZA POMPEI¹*

¹ Faculdade de Ciências e Tecnologias - Campus Presidente Prudente

INTRODUÇÃO

ATRASO ZENITAL DA ATMOSFERA NEUTRA

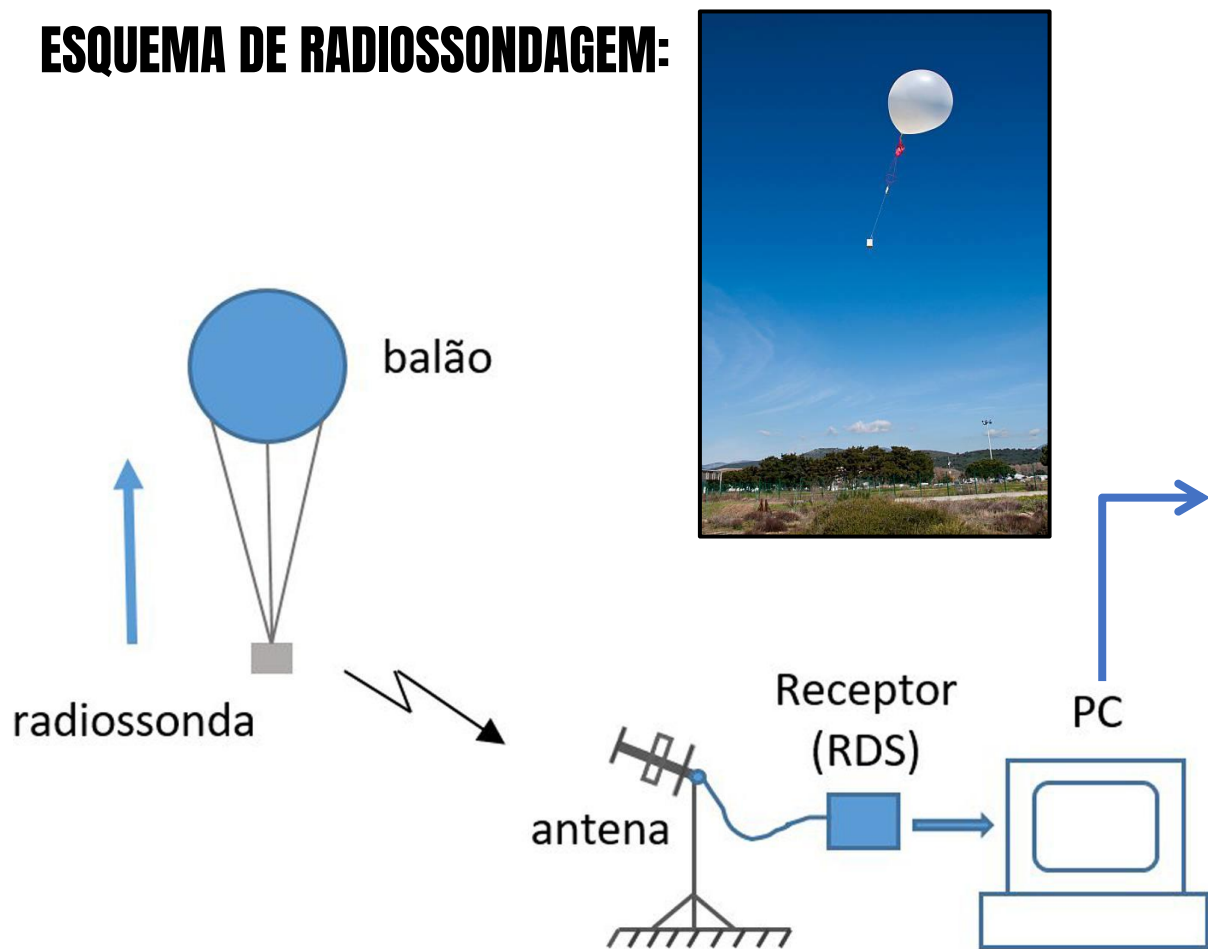


EQUAÇÃO DA REFRAATIVIDADE

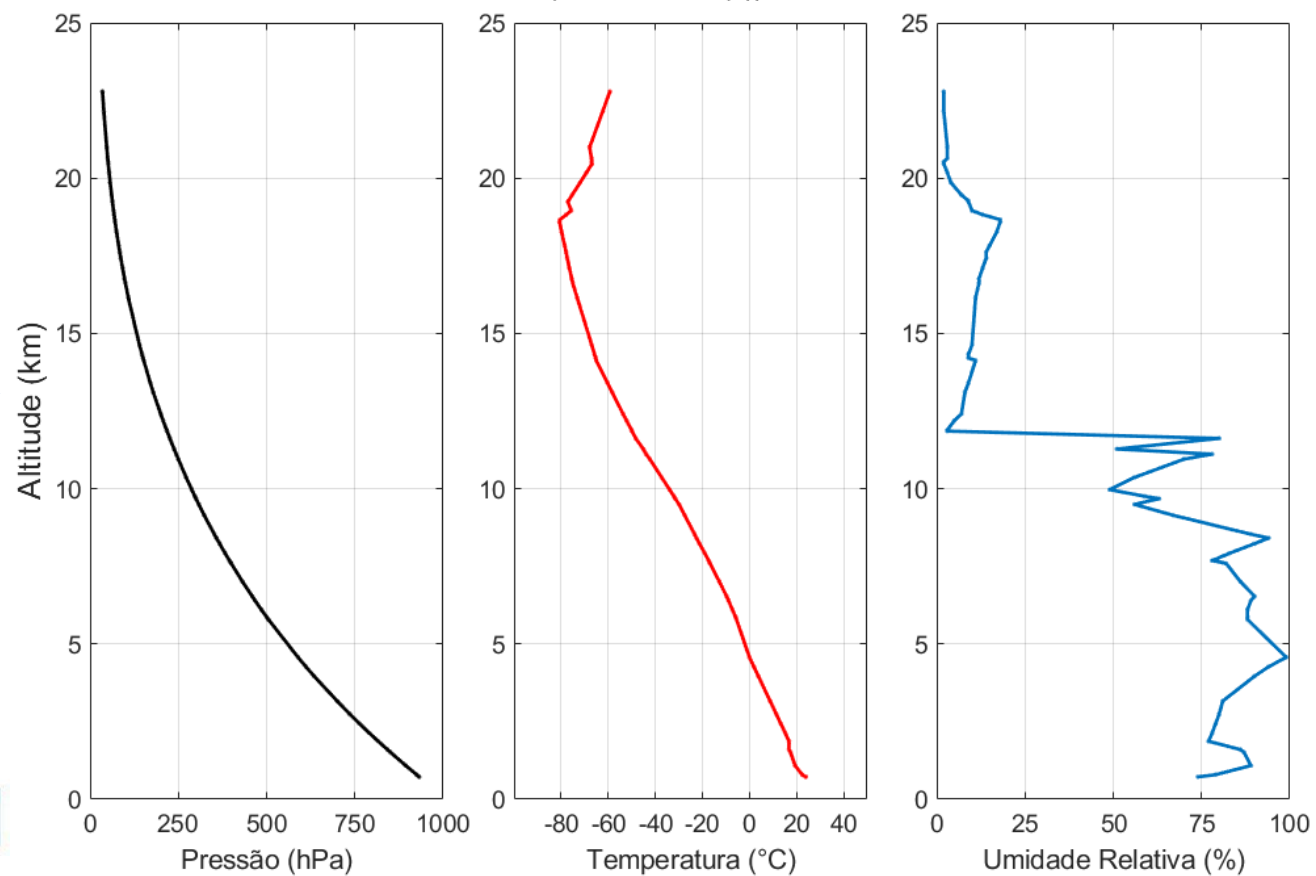
$$N = \underbrace{k_1 \frac{P_d}{T} Z_d^{-1}}_{N_d} + \underbrace{k'_2 \frac{e}{T} Z_w^{-1} + k_3 \frac{e}{T^2} Z_w^{-1}}_{N_w}$$

INTRODUÇÃO

ESQUEMA DE RADIOSSONDAGEM:



Perfil Atmosférico - Estação: SBMT (São Paulo - SP)
 14/02/2023 (DOY44-12Z) || PWV: 47.86 mm



OBTENÇÃO DE MEDIDAS IN-SITU

METODOLOGIA



RADIOSSONDA

UW (University Of Wyoming)

- Amostragem a cada 12 horas (0 e 12 UTC)
- Operado pela Universidade do Wyoming



Modelo: RS92-SGP usado nas estações UW

Estrutura dos dados brutos de Radiossonda

SBMT Observations at 12Z 14 Feb 2023

PRES hPa	HGHT m	TEMP C	DWPT C	FRPT C	RELH %	RELI %	MIXR g/kg	DRCT deg	SKNT knot	THTA K	THTE K	THTV K
1000.0	103											
932.0	722	23.4	18.7	18.7	75	75	14.79	40	3	302.6	346.5	305.3
925.0	789	22.4	18.0	18.0	76	76	14.24	330	4	302.2	344.5	304.8
893.0	1094	19.6	17.5	17.5	88	88	14.30	318	9	302.4	344.8	305.0
850.0	1518	17.8	15.6	15.6	87	87	13.29	300	16	304.8	344.7	307.2
840.0	1620	17.4	13.8	13.8	79	79	11.94	298	16	305.4	341.4	307.6
834.0	1681	16.6	16.3	16.3	98	98	14.18	297	17	305.2	347.8	307.8
790.7	2134	14.8	12.5	12.5	86	86	11.68	290	18	307.9	343.6	310.1
762.9	2438	13.6	10.0	10.0	79	79	10.22	290	22	309.8	341.3	311.7
736.0	2742	12.4	7.5	7.5	72	72	8.91	288	25	311.7	339.5	313.4
731.0	2800	13.0	6.0	6.0	62	62	8.08	288	26	312.9	338.4	314.5

...

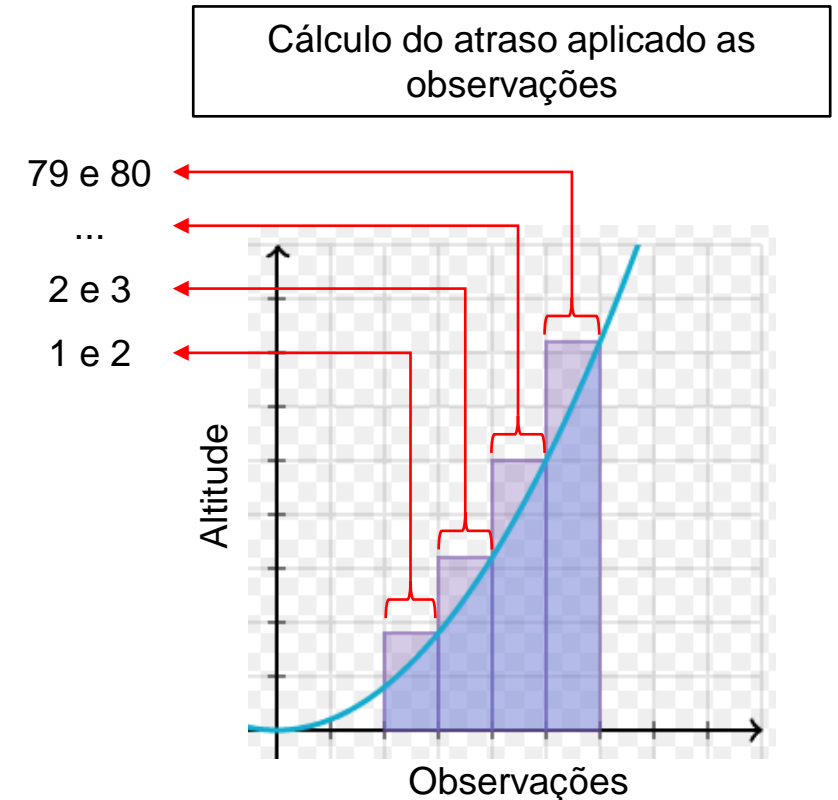
47.0	21010	-66.8	-92.0	-88.1	2	3	0.00	100	20	494.2	494.2	494.2
39.0	22155	-60.7	-92.3	-88.5	1	1	0.00	80	27	536.9	536.9	536.9
37.0	22478	-58.9	-92.4	-88.5	1	1	0.00	100	26	549.5	549.5	549.5
34.4	22926	-56.5	-92.5	-88.7	0	1	0.00	90	33	567.4	567.4	567.4
32.0	23382	-56.6	-92.6	-88.8	0	1	0.00	80	39	579.0	579.0	579.0
30.0	23790	-56.7	-92.7	-88.9	0	1	0.00	60	26	589.5	589.5	589.5
29.6	23875	-56.1	-92.1	-88.2	0	1	0.00	56	24	593.4	593.4	593.4
29.0	24005	-56.2	-92.2	-88.3	0	1	0.00	50	20	596.6	596.6	596.6
27.0	24458	-56.6	-92.6	-88.7	0	1	0.00	80	31	607.9	607.9	607.9
24.2	25152	-57.1	-93.1	-89.3	0	1	0.00	85	25	625.6	625.7	625.6
24.0								85	25			

METODOLOGIA

EQUAÇÕES PARA O CÁLCULO DO ATRASO ZENITAL HIDROSTÁTICO E ÚMIDO (ZHD E ZWD)

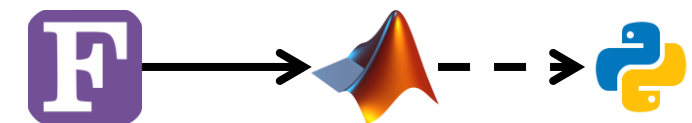
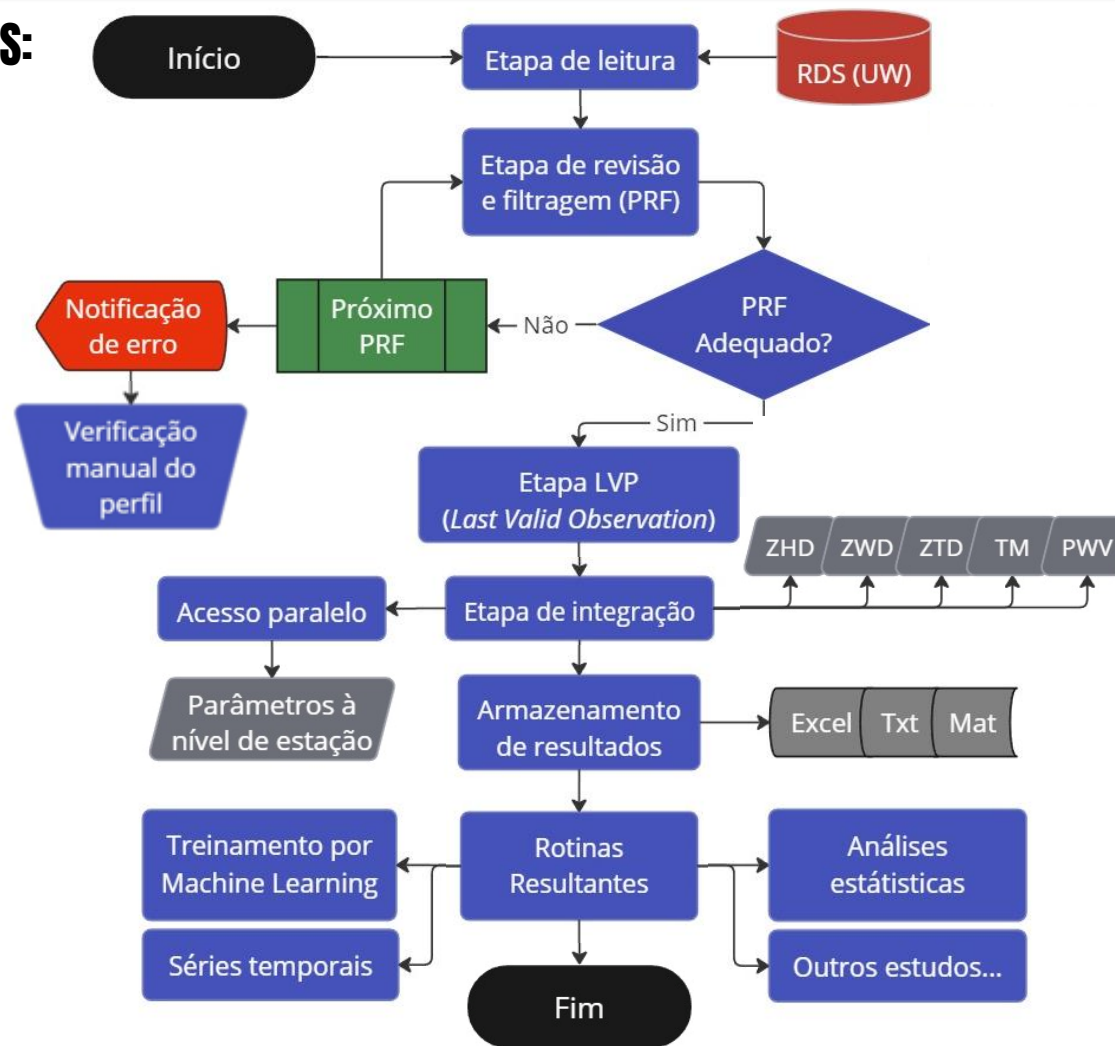
Nomenclatura	Equação
ZHD Integrado	$Z_{HD} = 10^{-6} \int_{h_0}^{h_{top}} \left(k_1 \frac{P_d}{T} Z_d^{-1} \right) dh$
ZWD Integrado	$Z_{WD} = 10^{-6} \int_{h_0}^{h_{top}} \left(k'_2 \frac{e}{T} Z_w^{-1} + k_3 \frac{e}{T^2} Z_w^{-1} \right) dh$
ZTD	$Z_{HD} + Z_{WD}$

k_1, k_2, k_3 – Constantes de refratividade do ar (Rueguer, 2002)

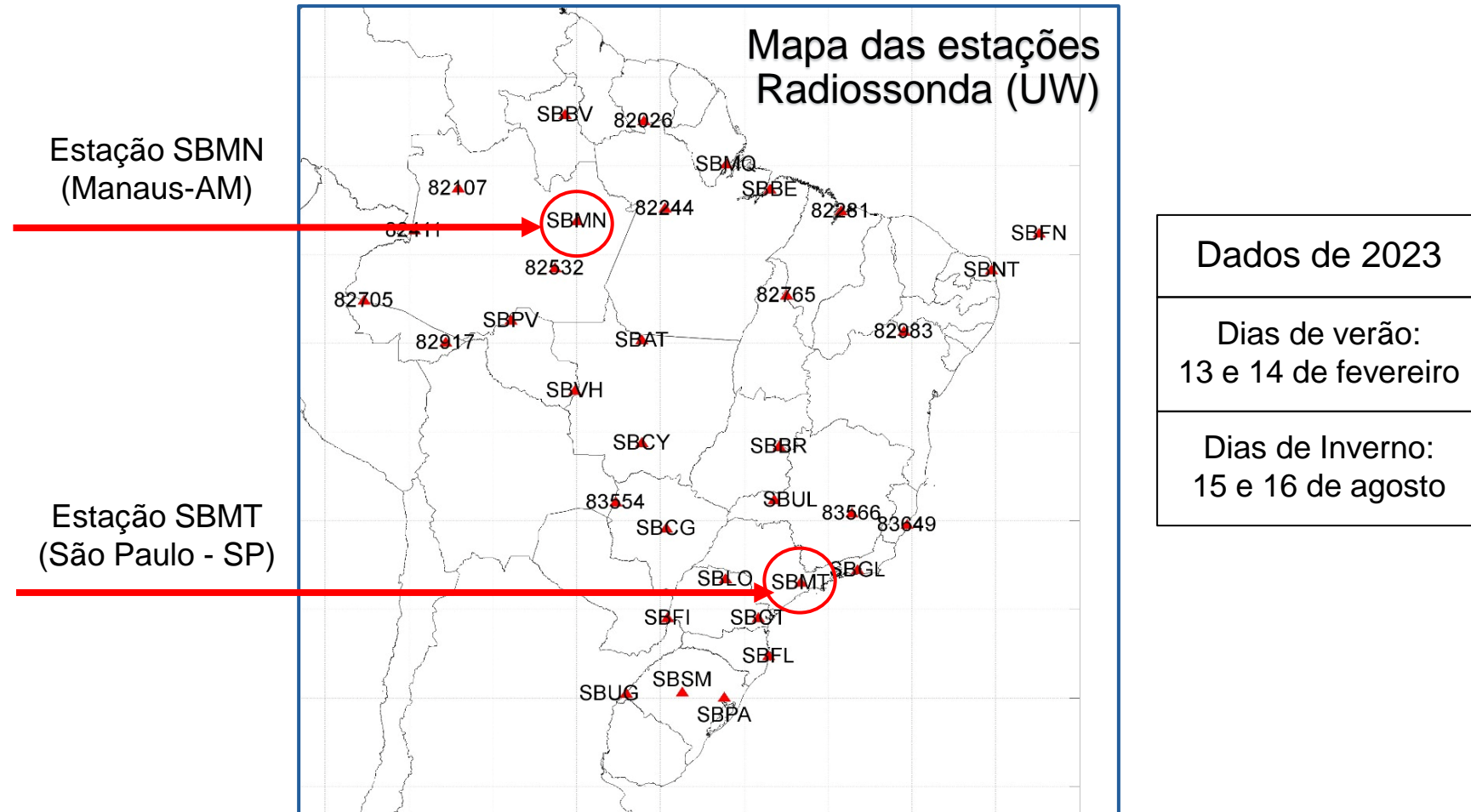


METODOLOGIA

FLUXOGRAMA DE PROCESSAMENTO RDS:



METODOLOGIA



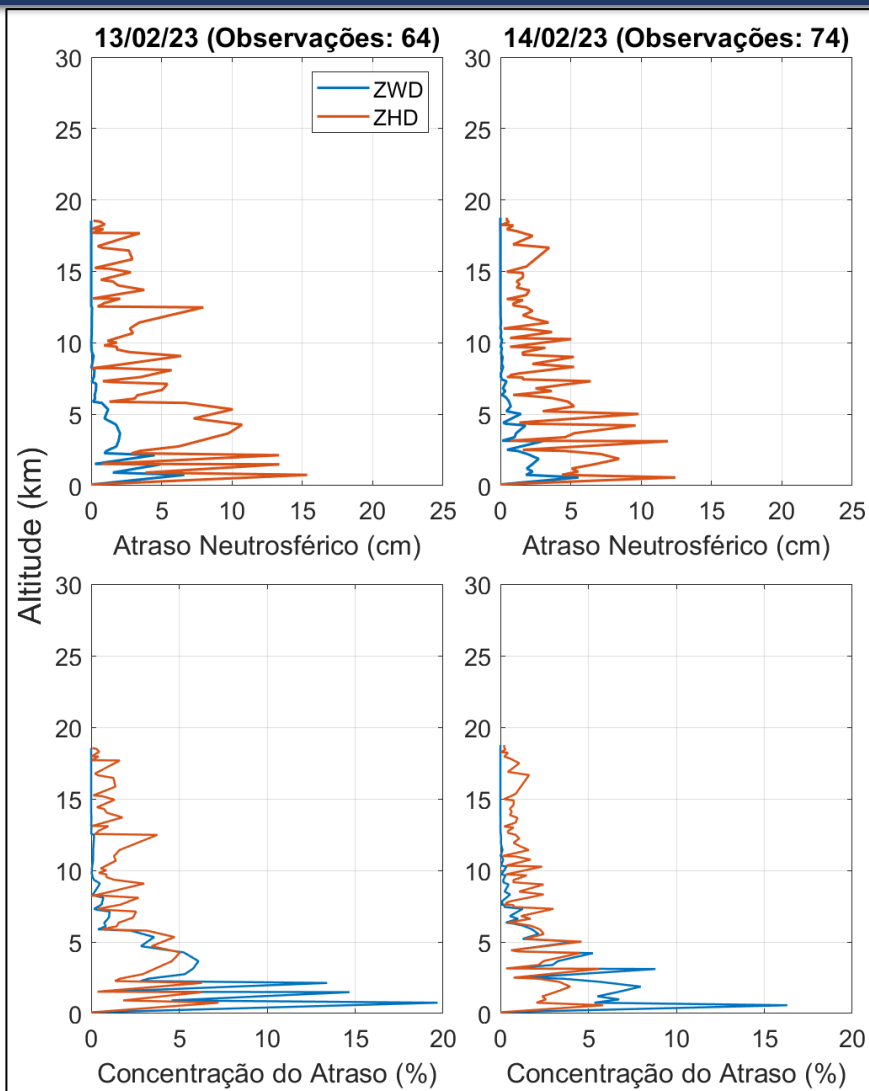
RESULTADOS

Camadas de maior atraso hidrostático e úmido observado em relação ao valor total

Estação SBMN (84m) - Manaus (AM)

13/02/2023 (DOY 44)			
Camada de maior atraso (cm) (%)	Atraso Zenital (m)	Altitude (km)	
Hidrostático	15,3 (7,23)	2,122	0,137-0,753
Úmido	6,6 (19,68)	0,336	0,137-0,753

14/02/2023 (DOY 45)			
Camada de maior atraso (cm) (%)	Atraso Zenital (m)	Altitude (km)	
Hidrostático	12,4 (5,84)	2,129	0,084-0,576
Úmido	5,6 (16,31)	0,341	0,084-0,576



RESULTADOS

Camadas de maior atraso hidrostático e úmido observado em relação ao valor total

Estação SBMN (84m) - Manaus (AM)

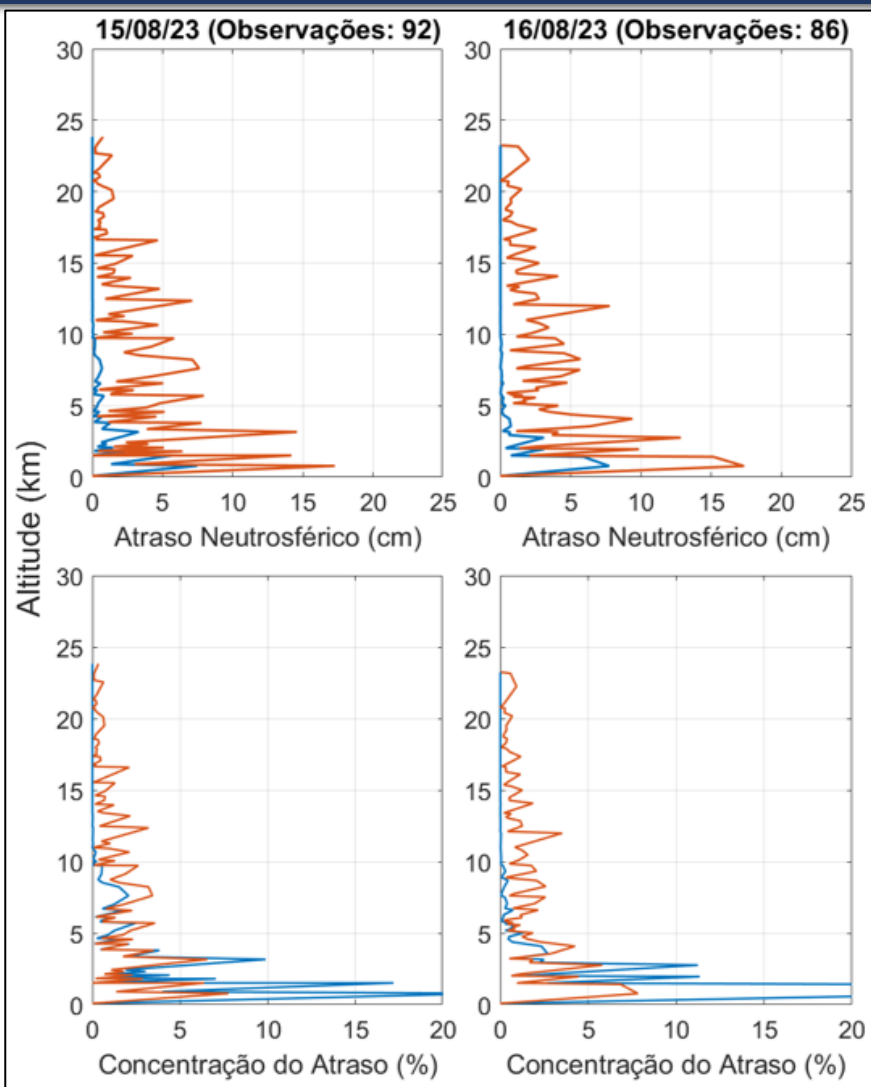
15/08/2023 (DOY 227)

Camada de maior atraso (cm) (%)		Atraso Zenital (m)	Altitude (km)
Hidrostático	17,3 (7,76)	2,225	0,097-0,788
Úmido	7,5 (22,36)	0,334	0,097-0,788

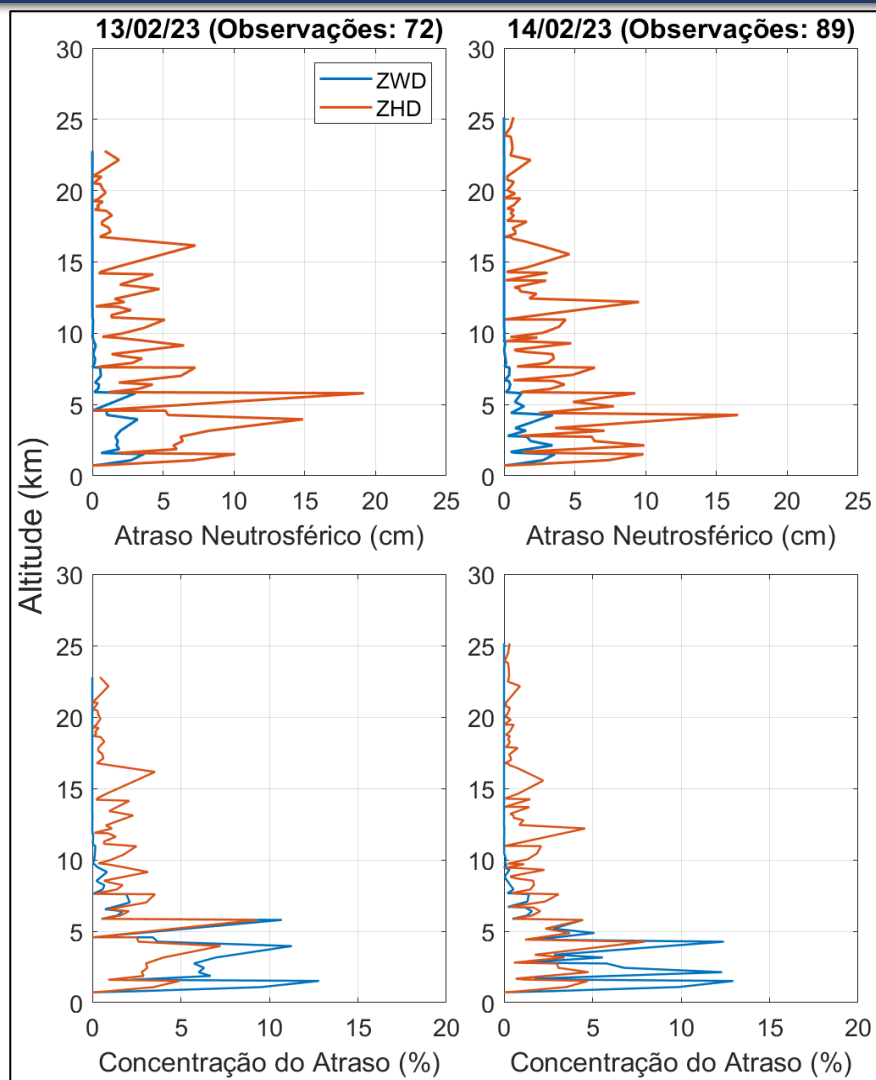
16/08/2023 (DOY 228)

Camada de maior atraso (cm) (%)		Atraso Zenital (m)	Altitude (km)
Hidrostático	17,3 (7,82)	2,214	0,084-0,779
Úmido	7,7 (28,13)	0,275	0,084-0,779

No dia 16, foi registrado cerca de 50% do atraso úmido nos primeiros 2km



RESULTADOS



Camadas de maior atraso hidrostático e úmido observado em relação ao valor total

Estação SBMT (722m) - São Paulo (SP)

13/02/2023 (DOY 44)

Camada de maior atraso (cm) (%)	Atraso Zenital (m)	Altitude (km)
Hidrostático	19,2 (9,33)	2,055
Úmido	3,6 (12,81)	1,086-1,520

14/02/2023 (DOY 45)

Camada de maior atraso (cm) (%)	Atraso Zenital (m)	Altitude (km)
Hidrostático	16,5 (7,95)	2,080
Úmido	3,6 (12,95)	1,094-1,518

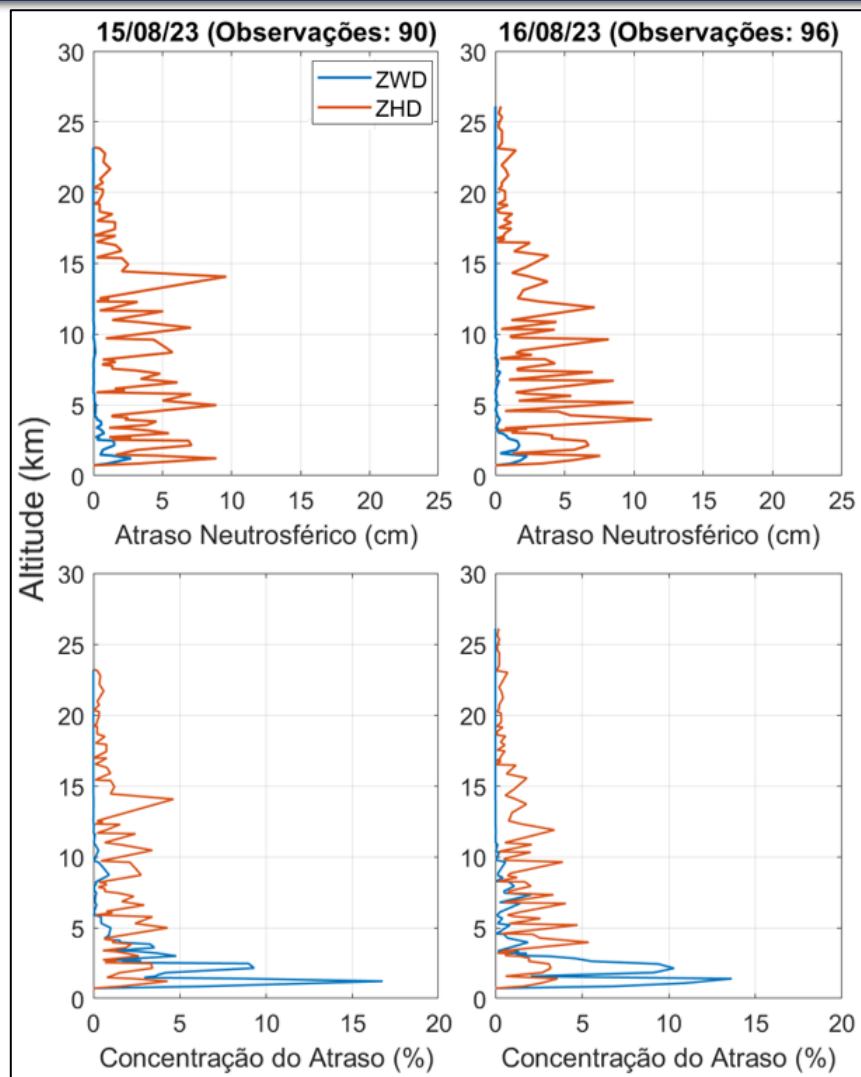
RESULTADOS

Camadas de maior atraso hidrostático e úmido observado em relação ao valor total

Estação SBMT (722m) - São Paulo (SP)

15/08/2023 (DOY 227)			
Camada de maior atraso (cm) (%)	Atraso Zenital (m)	Altitude (km)	
Hidrostático	9,6 (4,64)	2,071	12,535-14,060
Úmido	2,7 (16,74)	0,163	0,853-1,218

16/08/2023 (DOY 228)			
Camada de maior atraso (cm) (%)	Atraso Zenital (m)	Altitude (km)	
Hidrostático	11,3 (5,38)	2,102	3,353-3,962
Úmido	2,3 (13,64)	0,168	1,082-1,400



RESULTADOS E CONCLUSÕES

Dados de coleta (2023)			Intervalo Atmosférico Hidrostático			Intervalo Atmosférico Úmido		
Estação	Data	Altitude Max (km)	Altitude (km)	HD (m) (%)	ZHD (m)	Altitude (km)	WD (m) (%)	ZWD (m)
SBMN (Alt: 84 m)	13/2	18,548	0,137-0,753	0,153 (7,23)	2,122	0,137-0,753	0,066 (19,68)	0,336
	14/2	18,759	0,084-0,576	0,124 (5,84)	2,129	0,084-0,576	0,056 (16,31)	0,341
	15/8	23,833	0,097-0,788	0,173 (7,76)	2,225	0,097-0,788	0,075 (22,36)	0,334
	16/8	23,242	0,084-0,779	0,173 (7,82)	2,214	0,084-0,779	0,077 (28,13)	0,275
SBMT (Alt: 722 m)	13/2	22,786	4,572-5,791	0,192 (9,33)	2,055	1,086-1,520	0,036 (12,81)	0,284
	14/2	25,152	3,353-4,267	0,165 (7,95)	2,080	1,094-1,518	0,036 (12,95)	0,278
	15/8	23,199	12,535-14,060	0,096 (4,64)	2,071	0,853-1,218	0,027 (16,74)	0,163
	16/8	26,101	3,353-3,962	0,113 (5,38)	2,102	1,082-1,400	0,023 (13,64)	0,168

Em média, a estação SBMN registrou um ZHD 4,5% mais alto e um ZWD 40% superior em relação a estação SBMT.

As máximas de altitude observada pela radiossonda também obtiveram os valores mais altos de ZHD.

As maiores concentrações de atraso úmido ocorreram nos primeiros 2km

RESULTADOS E CONCLUSÕES

ATRASSO ACIMA DE 10 KM

Estação		Atraso Médio Completo		Atraso Médio Acima de 10km	
		ZHD (m)	ZWD (m)	ZHD (cm) (%)	ZWD (cm) (%)
SBMN	Verão	2,1224	0,3385	52,05 (24,52)	0,28 (0,82)
	Inverno	2,2153	0,3046	60,95 (27,51)	0,21 (0,69)
SBMT	Verão	2,0671	0,2812	60,49 (29,25)	0,09 (0,32)
	Inverno	2,0861	0,1656	60,12 (28,82)	0,001 (0,62)

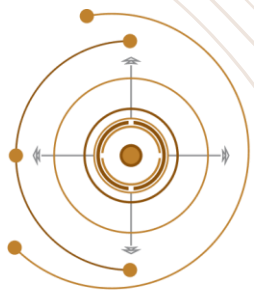
Em São Paulo (SBMT) o ZWD obteve aumento próximo de 70% no verão

De acordo com o INMET, agosto de 2023 apresentou temperaturas acima da média em Manaus



PERSPECTIVAS FUTURAS

- Observar mais estações no território brasileiro;
- Expandir a amostra de dados para uma série temporal e realizar análises estatísticas;
- Avaliar o vapor d'água precipitável em diferentes altitudes e comparar com níveis de precipitação registrado.



XIII Colóquio Brasileiro de Ciências Geodésicas • 2024

Universidade Federal do Paraná

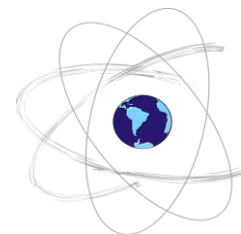
25 Anos

*Conectando mentes e
provendo conhecimento*

AGRADECIMENTOS

Contato: afonso.m.albuquerque@unesp.br

Referências:



Orientadora: Prof. Dra. Daniele Barroca Marra Alves,
Coorientadora: Dra. Tainá Aparecida Ferreira Gouveia

REALIZAÇÃO



Curitiba, 26 a 29 de novembro de 2024