

## ANÁLISE DA REFRAATIVIDADE ATMOSFÉRICA EM PORTO ALEGRE/RS, NOS DIAS 10, 11 E 12 DE NOVEMBRO DE 2015

GUSTAVO COLEPÍCOLO MONTEIRO<sup>1</sup>; LEONARDO CALVETTI<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Pelotas – gu.colepicolo@hotmail.com

<sup>2</sup>Universidade Federal de Pelotas – lcalvetti@gmail.com

### 1. INTRODUÇÃO

Ondas eletromagnéticas ao se propagarem na atmosfera de um meio para outro com densidades diferentes podem sofrer alterações com relação à direção e velocidade de propagação (CORREIA E SILVA, 1996). Essa variação do índice de refração do ar sobre o perfil vertical da atmosfera pode ser determinada através de meio de radiossondagem, sendo também altamente dependente das variáveis meteorológicas, tais como temperatura e umidade do ar. Tendo o perfil vertical do índice de refração ( $dN/dz$ ) correlacionado ao feixe de microondas proveniente do radar pode-se indicar uma refração atmosférica, assim desempenhando um importante papel na previsão de fenômenos meteorológicos, tais como tempestades convectivas, linhas de convergência, entre outros (GERSTOFT ET AL., 2003; DOCKERY, 1988).

Uma onda eletromagnética pode ser classificada de acordo com sua propagação e comportamento sobre o novo meio, de acordo com a refratividade atmosférica:

- Sub-refração ( $dN/dz > 0$ ): desvio para cima do feixe de propagação, ou seja, em direção contrária à superfície da Terra. Pode ocorrer em condições de ar frio e úmido sobreposto a uma camada de ar mais quente e seco;

- Refração padrão ( $-40 < dN/dz < 0$ ): variação pequena na direção inicial do feixe de propagação, sem prejudicar a detecção do alvo;

- Super-refração ( $-158 < dN/dz < -79$ ): feixe é desviado à direção da superfície terrestre, geralmente acontece em dias de tempo calmo (camada de ar quente e seco sobre uma camada de ar frio e úmido);

- Duto ( $dN/dz < -158$ ): fenômeno de super-refração intenso com oscilação de onda eletromagnética em uma mesma camada.

Portanto, este trabalho tem como principal objetivo analisar a refratividade atmosférica para a cidade de Porto Alegre – RS, nos dias 10, 11 e 12 de Novembro de 2015.

### 2. METODOLOGIA

Para este trabalho foram empregados dados de radiossondagem da estação de Porto Alegre-RS (código 83971, latitude: 30,0°S, longitude: 51,18°). Eles puderam ser obtidos através da Universidade de Wyoming (<http://weather.uwyo.edu/>). As variáveis meteorológicas das radiossondagens utilizadas para os dias 10, 11 e 12 de Novembro de 2015, no horário das 12 UTC estão listadas na tabela 1.

Tabela 1- Variáveis utilizadas fornecidas pela radiossondagem.

Variáveis	Unidades
Pressão atmosférica (P)	hPa
Altura (Z)	m
Temperatura do ar (T)	°C
Temperatura do ponto de orvalho (Td)	°C

Imagens do satélite GOES-13 também foram utilizadas no canal vapor d'água para observar as condições atmosféricas nos mesmos dias de estudo, e horário da coleta de dados pela radiossondagem (12UTC). Os dados de imagens do satélite podem ser encontrados na página do CPTEC/INPE/DSA (<http://www.cptec.inpe.br/>).

O cálculo da refratividade pode ser obtido através da seguinte equação, Battan (1973):

$$N = (n - 1) \times 10^6 = 77,6 \left( \frac{P}{T} \right) - 5,6 \left( \frac{e}{T} \right) + 3,75 \times 10^5 \left( \frac{e}{T^2} \right)$$

Sendo: n=índice de refração; P=pressão atmosférica; T=temperatura do ar; e=pressão de vapor.

O índice de refração (n) é descrito pela seguinte equação:

$$n = 1 + 3,73 \times 10^{-1} \left( \frac{e}{T} \right) + 77,6 \times 10^{-5} \left( \frac{P}{T} \right)$$

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para os três dias de estudo, a refração padrão foi a que se manteve predominante nos níveis verticais ascendido pela radiossondagem, atingindo aproximadamente 85,5% dos casos apresentados (Tabela 2). Os valores foram seguidos pela sub refratividade, ocorrência de 13%, e duto (0,48%).

Tabela 2 – Quantidade percentual da ocorrência de refratividade dos tipos: sub-refração, padrão, super-refração e duto, para os dias 10, 11 e 12 de Novembro de 2015 as 12 UTC.

Dia	10	11	12		
Tipo de Refração	Qtd	Qtd	Qtd	Total	Percentual (%)
Sub	08	12	07	27	12,98
Padrão	85	67	28	180	86,54
Super	0	0	0	0	0
Duto	0	0	1	1	0,48
Total	93	79	36	208	100

Com relação ao dia 10 de Novembro de 2015 (Fig.1a), notam-se pequenas inversões térmicas aproximadamente no nível de 500 hPa, e as curvas de T (Temperatura) e Td (Temperatura de Orvalho) mantiveram-se próximas em praticamente todos os níveis. Isso representa uma atmosfera mais úmida, causado por uma aproximação de frente fria, mostrado por um boletim técnico, conforme fig. 2 a. No entanto, os perfis de temperatura indicado para o dia 11 de Novembro, apresentam-se próximos para os níveis de aproximadamente 1015 hPa a 600 hPa, com significativo afastamento das curvas de T e Td no nível de 500hPa, caracterizando a presença de ar seco para níveis médios (Fig. 1b). Já no dia 12 de Novembro, as curvas de temperatura T e Td mantiveram-se afastadas por quase todos os níveis de pressão, porém com maior ocorrência de inversões térmicas (Fig. 1c).

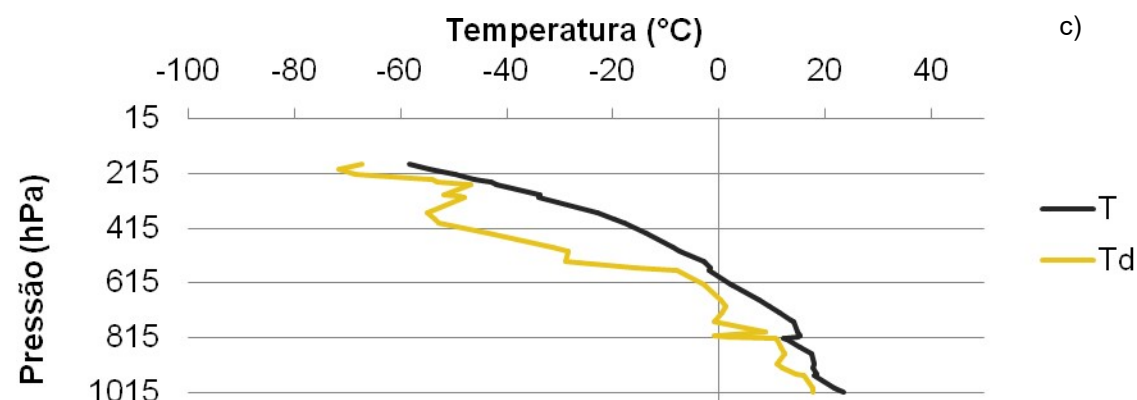
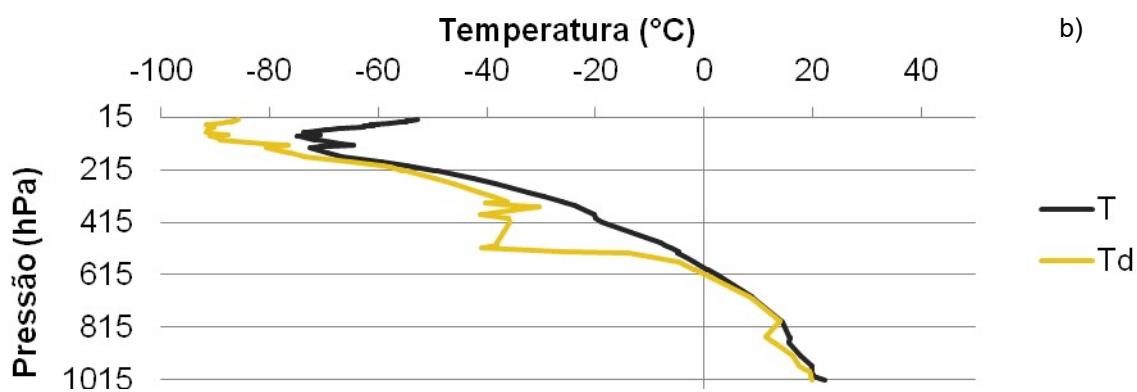
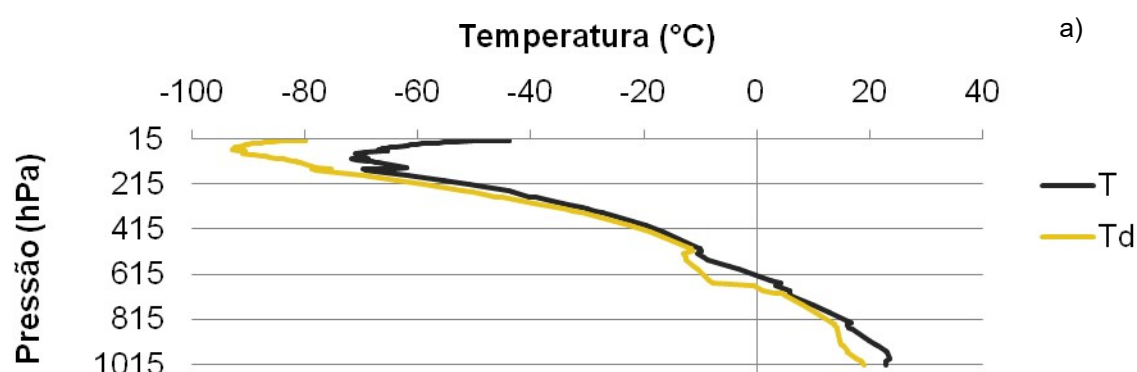


Figura 1- Variação das variáveis meteorológicas Td (linha vermelha) e T (linha azul) nos dias: a) 10/11/2015; b) 11/11/2015 e c) 12/11/2015, às 12 UTC.

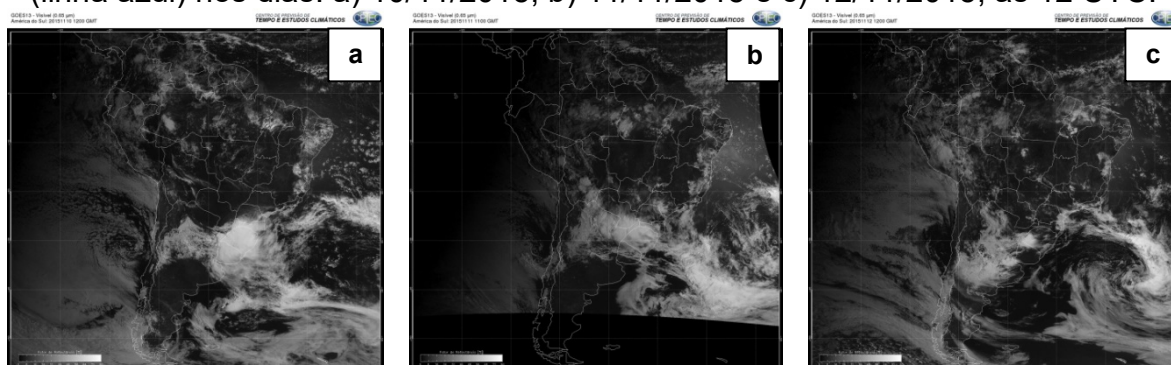


Figura 2 – Imagens do satélite GOES-13, no canal vapor d'água às 12 UTC, com “a” equivalente ao dia 10/11, “b” ao dia 11/11, e “c” referente ao dia 12/11/2015.

#### 4. CONCLUSÕES

Durante os três dias de análises, a refratividade foi predominantemente do tipo padrão, ocorrendo em 86,54% dos casos.

No referente a cada dia em particular, notou-se que:

- Dia 10/11: sub refração e padrão.
- Dia 11/11: sub refração, padrão e duto.
- Dia 12/11: sub refração, padrão e duto.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BATTAN, L. J. **Radar observation of the atmosphere**. University of Chicago Press, 324 p, 1973.

CORREIA, M. F., SILVA, A. W.. Um Estudo sobre a incidência de Dutos Troposféricos no Semi-Árido do Nordeste. In: **IX Congresso Brasileiro de Meteorologia**, Campos de Jordão-SP, v. 1, 671-673p., Novembro 1996.

DOCKERY, G. D. **Modeling electromagnetic wave propagation in the troposphere using the parabolic equation**. IEEE Trans. Antennas Propagat., v. 36, p. 1464 – 1470, 1988.

GERSTOFT, P.; ROGERS, T.; HODGKISS, W. S.; WAGNER, L. J. Refractivity Estimation using Multiple Elevation Angles. **Journal of Oceanic Engineering**, v. 28, 3, p. 513-525, 2003.- Programa, Universidade.