

ISSN 0104-1347

Umidade relativa em Pelotas, RS. I – Análise estatística¹

Relative humidity at Pelotas, RS, Brasil. I – Statistical analysis

João Baptista da Silva², Luís Eduardo Torma Burgueño³, Camila Cossetin Ferreira⁴ e
Rodrigo da Silva Pereira⁵.

Resumo - O conhecimento da umidade relativa e suas interações com outras variáveis meteorológicas ajudam no planejamento das mais diversas atividades, por exemplo: na operação de sistemas de aeração de grãos e sementes armazenadas, na climatização de ambientes para criação de animais e na manutenção do conforto ambiental. No presente trabalho estudou-se o comportamento da umidade relativa mensal em Pelotas, RS, a partir das médias mensais da umidade relativa registradas pela Estação Agroclimatológica de Pelotas, no período 1961/2000. A análise estatística dos dados permitiu concluir que a umidade relativa é bastante alta em todos os meses do ano, sendo superior a 75% e caracterizando a região como muito úmida. A umidade relativa cresce de janeiro até junho onde atinge o seu máximo no final do mês (25/06), e decresce até dezembro chegando ao mínimo no dia 24/12. Em geral, as médias mensais da umidade relativa seguem aproximadamente à distribuição normal, o que nos permite fazer valiosas inferências.

Palavras-chave: estatística descritiva, climatologia, regressão periódica.

Abstract - The knowledge of the relative humidity (RH) and its interactions with other meteorological variables can help the planning of various activities; for example: operation of aeration systems to storage grain and seed, climatization of environments to raise animals, and environment confort maintenance. This paper reports the results of a study of the RH pattern in Pelotas, RS, Brazil, using records from the Estação Agroclimatológica de Pelotas during the 1961-2000 period. A preliminary study revealed that, in general, the RH monthly average follows the normal distribution. The results of the statistical analysis based on this assumption indicate that the RH monthly average increases from January to June, where it reaches the highest value at the end of the month, and decreases until December, where it attains the minimum.

Key words: descriptive statistics, climatology, periodic regression.

Introdução

A umidade do ar e a temperatura são causas iniciais de grande número de fenômenos meteorológicos. Influenciam diretamente as condições ambientais, principalmente a melhoria da quali-

dade do conforto ambiental e, indiretamente através de outros elementos, como o desmatamento e a expansão populacional, associada com o crescimento do número de edificações, intenso fluxo de veículos e a poluição atmosférica, que são fatores decisivos para a formação de ilhas de calor.

¹Trabalho realizado com o apoio do CNPq e FAPERGS.

²Engenheiro Agrônomo, Livre Docente, Doutor em Ciências, Bolsista do CNPq, Professor Titular (Aposentado) do Instituto de Física e Matemática (UFPel).

³Estudante de Engenharia Agrícola da UFPel, Bolsista de Iniciação Científica da FAPERGS.

⁴Estudante de Meteorologia da UFPel, Bolsista de Iniciação Científica PIBIC/CNPq do Departamento de Matemática, Estatística e Computação do IFM/UFPel.

⁵Meteorologista; na época, Bolsista de Iniciação Científica PIBIC/CNPq.

Geralmente, quando se menciona a palavra umidade, faz-se referência a umidade relativa, que é a relação entre a quantidade de vapor d'água existente no ar e a quantidade necessária para a saturação do ar, em condições constantes de temperatura e pressão. Segundo DONN (1978) a umidade relativa deve variar sempre que mude a quantidade de vapor d'água presente no ar ou sua temperatura se altere. A umidade relativa varia em razão inversa à temperatura, pois quando esta diminui aquela aumenta, posto que o ar se encontra mais perto de sua condição de saturação.

A umidade relativa tem importância fundamental em muitas práticas agropecuárias, como: conservação de grãos armazenados, crescimento de plantas e conforto térmico das instalações de animais e plantas.

De acordo com PUZZI (1986), para cada espécie de grão há uma relação definida, entre o teor de umidade do grão e a umidade relativa do ar que o envolve. Isto é, para uma dada percentagem de umidade de grão, há uma determinada umidade relativa que o grão pode ser exposto sem perder ou ganhar umidade. Os grãos podem ser conservados em qualquer região, desde que armazenados adequadamente, mesmo naquelas regiões onde, na maior parte do ano, o clima apresenta-se em condições desfavoráveis, com índices elevados de umidade relativa e altas temperaturas. Entretanto, segundo PUZZI (1986), experiências têm demonstrado que o teor da umidade dos grãos armazenados aumenta rapidamente quando em contato com um ambiente, cuja umidade relativa do ar, é superior a 70%.

O grão com alto teor de umidade corre o risco de desenvolvimento de fungos e de perda do poder germinativo, enquanto o grão relativamente seco (teor de água inferior a 14%) corre o risco de ataque de insetos (LASSERAN, 1981). Para POPINIGIS (1977) o desenvolvimento de fungos dá-se em sementes com teores de umidade em equilíbrio com a umidade relativa do ar superior a 68%. Para cada 1% de aumento no teor de umidade da semente sua longevidade é reduzida à metade (teores de umidade entre 5 e 14%).

Em relação as plantas, MOTA (1981) observou que a alta umidade relativa atmosférica tem no mínimo dois efeitos benéficos possíveis no crescimento das plantas, pois algumas plantas podem diretamente absorver umidade do ar saturado e, além disso, o nível fotossintético das plantas cresce com a umidade, sob a ação da luz.

Segundo MÜLLER (1989), as melhores condições para criação de animais seria de uma temperatura entre 13 e 18°C, uma umidade relativa de 60 a 70%, velocidade do vento de 5 a 8km/h, solos férteis, sem parasitas e bactérias, radiação solar com incidência encontradas na primavera e no outono. A temperatura, a umidade relativa e os níveis de radiação solar entre latitudes de 30° dos hemisférios Norte e Sul, geralmente, estão longe do ideal ou da zona de conforto para o ponto ótimo de criação dos animais domésticos. Por isso, o criador deve estudar os meios para modificar o impacto do ambiente sobre a produtividade dos animais.

O objetivo deste trabalho é estudar o comportamento da umidade relativa mensal em Pelotas, Estado do Rio Grande do Sul, como contribuição ao planejamento das atividades que dependem desta variável e como subsídio para estudos mais aprofundados.

Material e métodos

Os dados utilizados foram as médias mensais da umidade relativa calculados a partir de registros diários, no período de 1961/2000, coletados pela Estação Agroclimatológica de Pelotas, situado no Campus da Universidade Federal de Pelotas (UFPel), a 15 quilômetros do centro da cidade de Pelotas (latitude: 31°52'S, longitude: 52°21'W, altitude: 13,2m).

A metodologia consistiu de uma análise estatística descritiva das médias mensais de umidade relativa nos 40 anos de observação. Foram construídas distribuições de frequência das médias mensais e estimadas as principais medidas estatísticas (de posição, de dispersão, de assimetria e de curtose). Construíram-se também, partindo do esquema de cinco números (mediana, 1º quartil, 3º quartil, menor e maior valor), gráficos de caixa (Box Plot), para os 12 meses do ano.

Foi realizado teste de normalidade (FISHER, 1941) para cada um dos meses do ano. O teste de Fisher baseia-se na determinação de g_1 e g_2 , medidas de assimetria e curtose, respectivamente. O teste de significância usado para g_1 e g_2 foi o teste z, no nível de probabilidade de 5% de erro.

Aos valores médios da umidade relativa, no conjunto dos 40 anos, ajustou-se uma equação baseada na regressão harmônica, tendo em vista a natureza periódica ou quase-periódica da variável em ques-

tão. A equação ajustada tem por finalidades destacar a possível sazonalidade da variável e indicar os pontos críticos.

Resultados e discussão

Na Tabela 1 são apresentadas as medidas estatísticas estimadas para cada um dos meses do ano. Encontram-se aí diversas medidas de posição e dispersão, os coeficientes de assimetria e curtose e o intervalo de confiança (5%) da média.

O mês de julho apresentou a média mais alta, 85,25%, e o mês de dezembro a mais baixa, 75,15%. Os coeficientes de variação apresentaram-se de 2,81% a 5,15% indicando uma baixa variabilidade das médias mensais, no conjunto de 40 anos de observação de cada mês, sugerindo uma constância do comportamento anual da variável (sazonalidade). Os coeficientes de assimetria e curtose muito próximo de zero e três, respectivamente, antecipam que a variável estudada segue aproximadamente à distribuição normal na grande maioria dos meses. O teste de normalidade de Fisher, para o nível de probabilidade de 5% comprovou que 83% dos meses (exceto fevereiro e dezembro), podem ser estudados pela distribuição normal (Tabela 2). Como aplicação disso pode-se estimar, por exemplo que, em janeiro, uma umidade relativa de no mínimo 80% ocorrerá em cerca de 16% dos anos de observação, visto que: $P(X \geq (80-76,63)/3,36) = P(Z \geq 1,00) = 0,16$.

Na Figura 1, estão representados os histogramas das distribuições de frequência correspondentes aos doze meses do ano. Saliente-se que, a

variável umidade relativa diária, segundo alguns autores (SUZUKI, 1968), tem comportamento aproximado pela distribuição Beta, entretanto, quando se considera a média mensal destes valores à aproximação da normal é verificada, tendo em vista o teorema do limite central.

Foram considerados os valores correspondentes ao esquema de cinco números para todos os meses do ano, encontrados na Tabela 1. A partir das estimativas destes valores construíram-se os gráficos de caixa (box plot) (Figura 2) onde se pode observar a presença de valores discrepantes: 3 em fevereiro (68,7; 69,2; 69,3), 1 em agosto (76,5), 1 em novembro (67,6) e 3 em dezembro (66,1; 66,7; 67,4). Estes 8 valores foram analisados demoradamente junto as fontes que os originaram e verificando-se suas autenticidades, foram mantidos no estudo.

Por meio da análise harmônica, a equação ajustada aos valores médios da umidade relativa mensal foi:

$$\hat{y}_i = 80,43 - 4,057 \cos(0,5236t) + 1,6976 \text{sen}(0,523t) \quad t = 0,1,2,3,\dots,11.$$

com um coeficiente de determinação (r^2) de 0,96, indicando um ajuste muito bom do modelo aos dados observados. Com o auxílio dessa equação verifica-se que a umidade relativa máxima mensal estimada (= 84,74), ocorreu no dia 25 de junho e a mínima mensal estimada (= 76,94) em 24 de dezembro.

Observa-se na Figura 3 a umidade relativa varia ao longo do ano de forma crescente a partir de janeiro até atingir o máximo no final de junho e, daí,

Tabela 1. Estimativas das medidas de posição, dispersão, assimetria e curtose, quartís inferior e superior, intervalo de confiança da média a 5%, da umidade relativa mensal para os meses do ano, em Pelotas, RS, no período de 1961/2000.

Estatística	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Valor Min.	69,90	68,70	75,50	75,40	77,80	77,70	79,40	76,50	74,90	74,30	67,60	66,10
Valor Max.	83,00	84,40	83,80	87,60	88,30	92,20	90,20	87,90	89,00	84,80	83,10	79,90
Total	3066,00	3151,90	3202,90	3274,10	3342,00	3358,50	3410,10	3338,20	3277,00	3170,00	3046,40	3006,10
Media	76,65	78,80	80,07	81,85	83,55	83,96	85,25	83,46	81,93	79,25	76,16	75,15
D. padrao	3,36	4,06	2,25	3,29	2,79	3,49	2,67	2,63	3,06	3,20	3,37	3,32
Coef. var. %	4,39	5,15	2,81	4,02	3,33	4,15	3,13	3,15	3,74	4,05	4,42	4,41
Coef. assim.	-0,19	-0,81	0,06	-0,15	-0,45	0,12	-0,26	-0,55	0,14	0,10	-0,26	-1,10
Coef. Curt.	2,43	3,37	2,11	1,99	2,33	2,43	2,37	2,96	2,80	1,77	3,13	4,03
Mediana	76,80	78,85	79,90	81,45	84,00	83,85	85,80	83,80	82,05	79,20	76,20	75,80
Quartil inf.	74,45	76,95	78,55	79,35	81,75	81,75	83,30	81,75	79,80	76,15	74,05	74,10
Quartil sup.	79,05	82,00	81,80	84,55	86,15	87,00	87,35	85,20	84,20	82,00	78,30	77,15
Ic 5% L. S.	77,73	80,09	80,79	82,90	84,44	85,08	86,11	84,30	82,90	80,27	77,24	76,21
Ic 5% L. I.	75,57	77,50	79,35	80,80	82,66	82,85	84,40	82,61	80,95	78,23	75,08	74,09

Tabela 2. Valores para o teste de normalidade de Fisher da umidade relativa mensal para os meses do ano, em Pelotas, RS, no período de 1961/2000.

	G_1	SG_1	G_2	SG_2	Z_1	Z_2
Janeiro	-0,246	0,374	-0,318	0,733	-0,657	-0,434
Fevereiro	-0,791	0,374	1,054	0,733	-2,115	1,438
Março	-0,028	0,374	-0,774	0,733	-0,076	-1,055
Abril	-0,061	0,374	-0,892	0,733	-0,164	-1,216
Mai	-0,541	0,374	-0,438	0,733	-1,445	-0,597
Junho	0,183	0,374	-0,392	0,733	0,489	-0,534
Julho	-0,352	0,374	-0,430	0,733	-0,941	0,587
Agosto	-0,577	0,374	0,128	0,733	-1,541	0,175
Setembro	-0,186	0,374	0,255	0,733	-0,496	0,348
Outubro	0,137	0,374	-1,161	0,733	0,366	-1,584
Novembro	-0,234	0,374	0,434	0,733	-0,625	0,592
Dezembro	-1,240	0,374	1,695	0,733	-3,312	2,313

Valores significativos: Z menor que $-1,96$ ou Z maior que $1,96$.

decrecendo até dezembro, alcançando o mínimo no final do mês. Em todos os meses do ano a umidade relativa é bastante alta ($\geq 75\%$), caracterizando a região como bastante úmida.

Conclusões

- As análises estatísticas permitem concluir que a umidade relativa apresenta-se mais alta nos meses de outono-inverno, atingindo o máximo no final de junho e o mínimo no final de dezembro. Em todos os meses do ano a umidade relativa mensal é alta ($\geq 75\%$), por isso, a região é considerada bastante úmida.
- As médias mensais da umidade relativa seguem aproximadamente a distribuição normal, exceto para os meses de fevereiro e dezembro.

- Tendo em vista o comportamento da umidade relativa mensal deve-se tomar precauções especiais na operação de sistemas de aeração de grãos e sementes armazenadas, na climatização de ambientes para criação de plantas e animais e na manutenção do conforto ambiental.

Referências bibliográficas

- DONN, W.L. **Meteorologia**. Barcelona: Editorial Reverté, 1978. 619 p.
- FISHER, R.A. **Statistical methods for research workers**. 8. ed., London: Oliver and Boyd, 1941. 35 p.
- LASSERAN, R.A. **Aeração de grãos**. Viçosa: Centro Nacional de Treinamento em Armazenagem, 1981. 131 p.
- MOTA, F.S. **Meteorologia Agrícola**. 5. ed., São Paulo: Nobel, 1981. 376 p.
- MÜLLER, P.B. **Bioclimatologia - Aplicada aos animais domésticos**, 3. ed., Porto Alegre: Sulina, 1989. 262 p.
- POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. Brasília: AGIPLAN, 1977. 289 p.
- PUZZI, D. **Abastecimento e armazenagem de grãos**. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1986. 603 p.
- SUZUKI, E. **Statistical Meteorology**. Tokyo: Chijinshokan, 1968. 314 p.

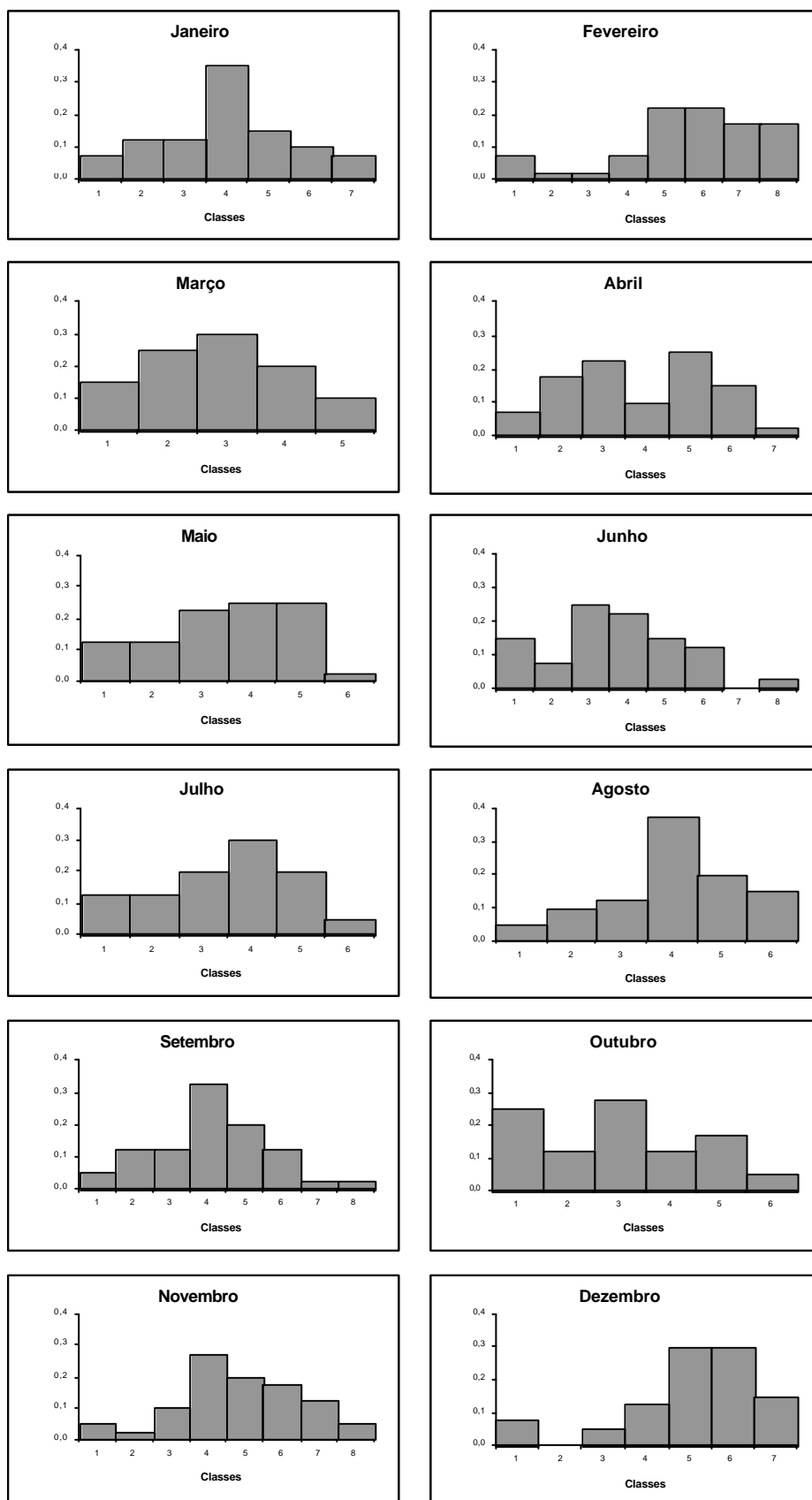


Figura 1: Histogramas das distribuições de freqüência relativa da umidade relativa mensal, para os meses do ano, em Pelotas, RS, no período de 1961/2000

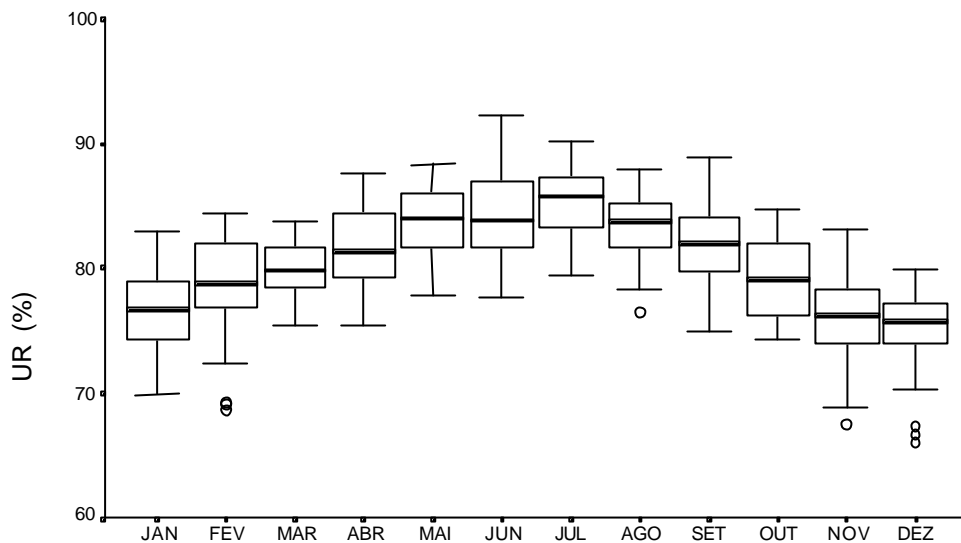


Figura 2 Gráfico de caixa da umidade relativa mensal (UR) em Pelotas, RS, no período de 1961/2000 (o = dados discrepantes).

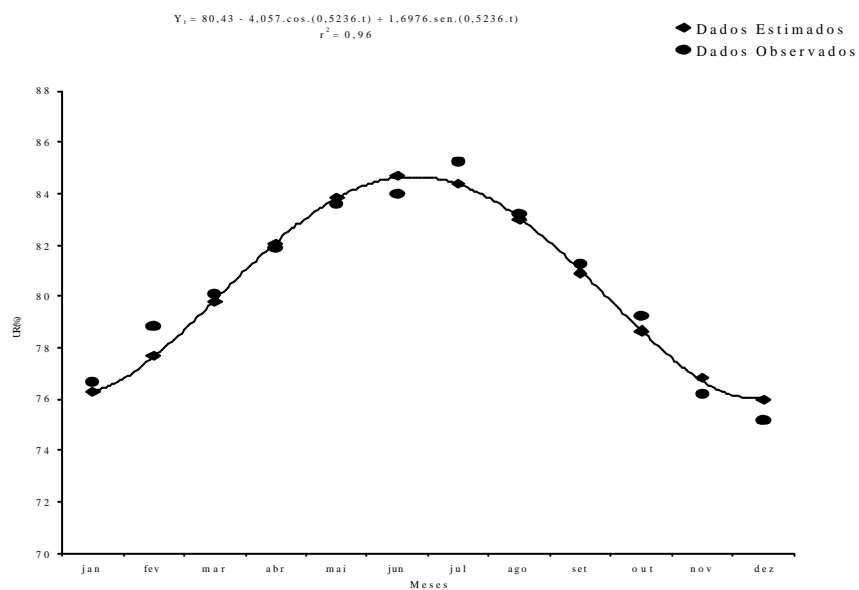


Figura 3 Equação de regressão periódica ajustada aos valores médios da umidade relativa, em Pelotas, RS, no período de 1961/2000.

