

PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA MENSAL NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO: SAZONALIDADE E TENDÊNCIA

THE MONTHLY RAINFALL IN THE RIO DE JANEIRO STATE, BRAZIL: SEASONALITY AND TREND

Mirian Fernandes Carvalho ARAÚJO¹; Ednaldo Carvalho GUIMARÃES²;
Daniel Fonseca de CARVALHO³; Lúcio Borges de ARAÚJO⁴

1. Mestranda, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" – ESALQ, Universidade de São Paulo – USP. miretty2@yahoo.com.br;
2. Professor, Doutor, Faculdade de Matemática, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG, Brasil;
3. Professor, Doutor, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto de Tecnologia, Departamento de Engenharia, Soropédica, RJ, Brasil;
4. Doutorando, ESALQ - USP e Professor, Mestre, Bioestatística, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, SP, Brasil.

RESUMO: Este trabalho teve por objetivo realizar uma análise descritiva da precipitação mensal de estações pluviométricas do Estado do Rio de Janeiro, utilizando medidas de posição e de dispersão e análises gráficas, e verificar a presença das componentes de sazonalidade e de tendência nestes dados, por meio de um estudo sobre a aplicação de modelos de séries temporais. A estatística descritiva foi utilizada para caracterizar o comportamento geral das séries históricas de três estações selecionadas em função da melhor consistência dos dados. A metodologia de análise de variância em blocos casualizados e determinação de modelos de regressão linear múltipla, considerando anos e meses como variáveis preditoras, revelaram a presença de sazonalidade, o que permitiu inferir sobre a ocorrência de fenômenos naturais repetitivos ao longo do tempo e ausência de tendência dos dados. Aplicou-se a metodologia de regressão linear múltipla para a remoção da sazonalidade dessas séries temporais. Os dados originais foram subtraídos das estimativas feitas pelo modelo ajustado e procedeu-se novamente a análise de variância em blocos casualizados para os resíduos da regressão. Com base nos resultados obtidos, foi possível concluir que as precipitações pluviométricas mensais apresentam sazonalidade e não apresentam tendência, que a análise de regressão múltipla foi eficiente na remoção da sazonalidade, e que a precipitação pode ser estudada por meio de séries temporais.

PALAVRAS-CHAVE: Clima. Séries temporais. Estatística pluviométrica. Regressão múltipla.

INTRODUÇÃO

A utilização de modelos matemáticos e técnicas estatísticas aliadas às ferramentas computacionais possibilitam um melhor entendimento de muitos fenômenos que ocorrem na natureza. O regime pluviométrico é um desses fenômenos, cuja caracterização adequada pode influenciar no sucesso ou fracasso de um empreendimento em uma região.

A avaliação de um determinado processo no tempo pode ser uma ferramenta para entender o fenômeno e seu comportamento temporal. A abordagem sistemática pela qual se responde à questão de dados correlacionados no tempo é chamada de análise de séries temporais. O estudo do comportamento das variáveis climáticas de uma determinada região é uma preocupação constante dos pesquisadores da área de climatologia e meteorologia. Trabalhos como os de Cardim (2001), Cardoso et al. (1998), Curi (1984), Lombardi Neto e Brugowich (1994), Silva et al. (2003a) e Veronese e Guimarães (2002), entre outros, enfatizam a necessidade de se conhecer o comportamento dessas variáveis para possíveis previsões climáticas.

O estudo de séries temporais tem se mostrado de grande utilidade em várias áreas. Aplicado às variáveis climáticas, o estudo das séries permite fazer análise dos dados, destacando causas e/ou efeitos de possíveis irregularidades.

A técnica de séries temporais relaciona os valores correntes de uma variável com seus valores passados, eventualmente, com valores passados de outras variáveis e valores de erros aleatórios passados e presentes (STEVENSON, 1981). O pressuposto básico da análise de séries temporais é a de que os fatores que influenciaram o comportamento da série no passado continuarão a fazê-lo no futuro. A análise de séries temporais tem grande aplicabilidade em dados econômicos, conforme mostram Kassouf (1988), Morettin e Tolo (1987) e Pino e Rocha (1994) dentre outros.

Trabalhando com precipitação pluviométrica, Ferraz (1999) e Silva et al. (2003b) verificaram a presença de sazonalidade nas séries analisadas. Em relação a dados climáticos, trabalhos desenvolvidos por Ferraz (1999), Gonçalves (1983) e Lúcio et al. (1998) mostraram a aplicação da metodologia de análise de séries temporais nesse tipo de variável.

Alguns procedimentos de análise estatística requerem que as variáveis apresentem momentos de ordem k^1 constantes como, por exemplo, na análise de autocorrelação a variável deve ser estacionária de ordem 2, ou seja, deve apresentar momento de ordem 2 constante. A decomposição da série nas componentes de tendência e sazonalidade é um procedimento para transformar uma série não estacionária em série estacionária e tal metodologia é descrita por Ferraz (1999) e Stevenson (1981).

Este trabalho teve como objetivos realizar a análise descritiva da precipitação pluviométrica no Estado do Rio de Janeiro, utilizando medidas de posição e de dispersão, análises gráficas e procedimentos de séries temporais para verificar a presença das componentes sazonalidade e tendência em dados de precipitação pluviométrica.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizadas 83 estações pluviométricas distribuídas no Estado do Rio de Janeiro, cujos dados experimentais foram obtidos HIDROWEB/ANA (Sistema de Informações Hidrológicas/Agência Nacional de Águas), na rede meteorológica do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), na LIGTH (Concessionária de Energia Elétrica) e na SERLA (Fundação Superintendência Estadual de Rios e Lagoas). Os valores de precipitação total mensal foram avaliados ao longo dos 12 meses do ano, no período de 1944 a 1999. Do número total de estações, foram selecionadas três por apresentarem as séries mais consistentes, ou seja, que apresentavam o menor número de falhas de registros.

Estas séries correspondem a uma estação no município de Conceição de Macabu (2241003) e duas estações no município de Nova Friburgo (2242003 e 2242004), cujas localizações geográficas são respectivamente: 22,0775° S, 41,7089° W; 22,4047° S, 42,3392° W e 22,3636° S, 42,3808° W.

A análise descritiva foi feita por meio de gráficos e do cálculo de medidas de posição e de dispersão. A verificação da presença das componentes de sazonalidade e de tendência foi feita por meio da análise de variância em delineamento em blocos casualizados, considerando-se os meses como blocos e os anos como tratamentos. Deve-se ressaltar que no caso de variáveis climáticas, pode não haver independência entre os dados tornando a análise de variância um

procedimento restrito, conforme argumenta Ferraz (1999), sendo que as estimativas dos parâmetros de tendência e sazonalidade foram feitas pelo método de regressão linear múltipla.

Os dados foram organizados em planilhas eletrônicas onde foram utilizadas as suas funções estatísticas para o desenvolvimento dos gráficos, afim de proceder as análises de variâncias e também determinar o modelo de regressão linear múltipla para cada série estudada.

Foram analisadas as estimativas dos parâmetros do modelo de regressão múltipla por meio, através do teste t-Student. Os procedimentos detalhados utilizados neste tipo de análise são citados por Ferraz (1999).

As componentes de tendência e de sazonalidade dos dados também foram verificadas através da função de autocorrelação, que mostra os picos de ocorrência de frequências da variável ao longo do tempo. Caso esses picos se apresentem de forma periódica, verifica-se a sazonalidade. O periodograma (análise da densidade espectral) foi utilizado para determinar a periodicidade da sazonalidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As Figuras 1, 2, 3 apresentam o comportamento das respectivas séries das estações localizadas nos municípios de Conceição de Macabu-RJ e de Nova Friburgo-RJ.

As Figuras mostram o comportamento geral da precipitação mensal sugerindo, inicialmente, a presença da componente sazonal significativa com periodicidade anual, visualizada por meio dos picos de ocorrência ao longo do tempo e ausência do componente tendência, pois não ocorreu inclinação significativa quando a série é analisada como um todo. Resultados semelhantes foram verificados por Ferraz (1999) e Silva et al. (2003b), que argumentam que a presença de sazonalidade em séries climatológicas é um fato bastante comum.

A Tabela 1 mostra as médias, as variâncias, os desvios padrão e os coeficientes de variação, para os anos das séries estudadas, em cada estação climatológica. Os dados apresentado, referentes à estação 2241003, revelam grande variabilidade da precipitação ao longo do ano. Tal fato deve estar relacionado com a sazonalidade das precipitações. Com relação à média se verifica valores relativamente estáveis, com média de aproximadamente 100 mm por mês, ou seja, aproximadamente 1200 mm por ano. O coeficiente de variação acima de 50% em todos os casos mostra a variabilidade dos dados, indicando que esta

¹ O momento de ordem k de variável aleatório X é dado por:

$$\mu_k = E[X^k]$$

estação apresenta alguns meses com baixas precipitações e outros com alto índice pluviométrico.

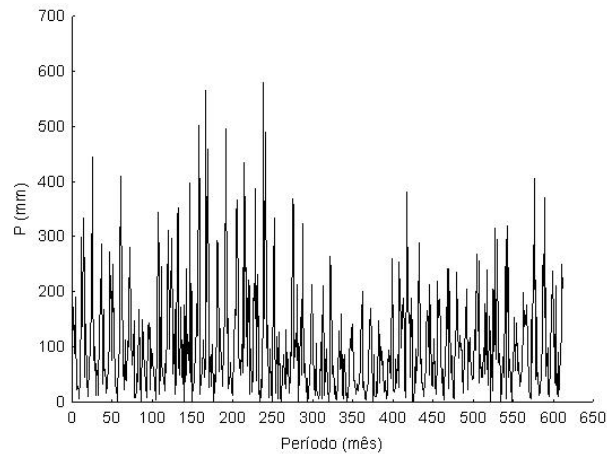


Figura 1. Representação gráfica das precipitações pluviométricas mensais, em milímetros, na estação 2241003, no período de 1944 a 1999.

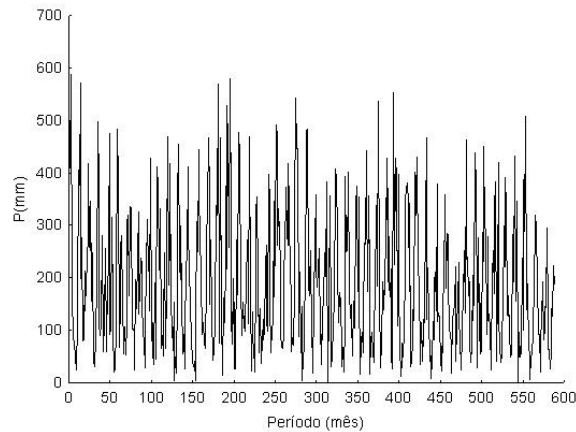


Figura 2. Representação gráfica das precipitações pluviométricas mensais, em milímetros, na estação 2242003, no período de 1951 a 1999.

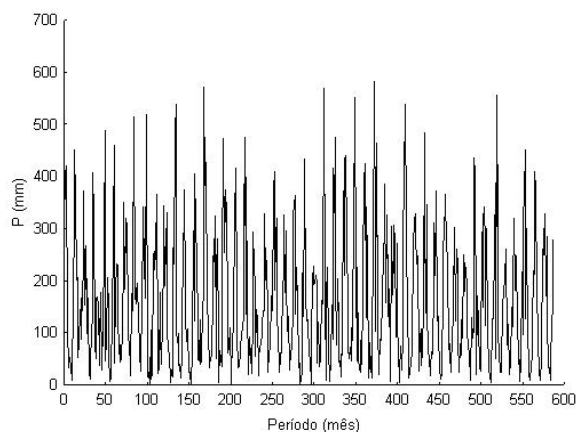


Figura 3. Representação gráfica das precipitações pluviométricas mensais, em milímetros, na estação 2242004, no período de 1951 a 1999.

Tabela 1. Médias, variâncias, desvios padrão e coeficientes de variação da precipitação nas estações 2241003, 2242003 e 2242004, no período de 1944 a 1999.

Estação	2241003				2242003				2242004			
	M	Var	D. P.	C.V.	M	Var	D. P.	C.V.	M	Var	D. P.	C.V.
1944	110,23	8217,13	90,65	82,20	-	-	-	-	-	-	-	-
1948	115,73	7995,40	89,42	77,30	-	-	-	-	-	-	-	-
1949	135,64	16215,16	127,34	93,90	-	-	-	-	-	-	-	-
1950	110,44	9254,30	96,20	87,10	-	-	-	-	-	-	-	-
1951	96,24	7035,88	83,88	87,20	214,92	35481,89	188,37	87,60	169,60	28716,05	169,46	99,90
1952	137,63	12335,82	111,07	80,70	255,00	20638,45	143,66	56,30	209,82	15993,27	126,47	60,30
1953	77,52	3083,80	55,53	71,60	214,12	20399,31	142,83	66,70	159,42	15055,05	122,70	77,00
1954	76,72	2923,07	54,07	70,50	158,52	7651,22	87,47	55,20	118,94	5657,07	75,21	63,20
1955	98,18	10096,70	100,48	102,40	200,43	28281,34	168,17	83,90	164,36	27980,84	167,28	101,80
1956	106,22	9049,63	95,13	89,60	160,88	10513,51	102,54	63,70	145,97	10086,93	100,43	68,80
1957	159,85	12963,67	113,86	71,20	195,29	11194,21	105,80	54,20	191,85	18829,63	137,22	71,50
1958	99,30	5163,02	71,85	72,40	164,83	6585,41	81,15	49,20	154,17	6814,57	82,55	53,50
1959	112,83	12559,95	112,07	99,30	182,55	21013,83	144,96	79,40	130,43	24229,59	155,66	119,30
1960	176,98	33894,63	184,11	104,00	192,72	15823,58	125,79	65,30	163,92	15094,39	122,86	75,00
1961	95,92	14946,50	122,26	127,50	162,44	16796,94	129,60	79,80	134,97	13304,09	115,34	85,50
1962	164,25	18262,87	135,14	82,30	206,76	17950,34	133,98	64,80	183,62	33347,22	182,61	99,50
1963	79,90	3314,10	57,57	72,10	134,35	11001,76	104,89	78,10	89,60	7383,35	85,93	95,90
1964	185,33	21213,73	145,65	78,60	210,11	15671,62	125,19	59,60	188,67	27591,19	166,11	88,00
1965	125,68	5801,62	76,17	60,60	220,16	20182,19	142,06	64,50	172,40	17152,94	130,97	76,00
1966	148,45	31511,83	177,52	119,60	253,31	36786,48	191,80	75,70	170,50	21011,47	144,95	85,00
1967	138,23	22600,41	150,33	108,80	231,34	29781,06	172,57	74,60	168,71	19565,74	139,88	82,90
1968	-	-	-	-	198,78	16786,55	129,56	65,20	153,78	15433,75	124,23	80,80
1969	58,87	2559,64	50,59	85,90	187,35	20595,93	143,51	76,60	175,29	21437,00	146,41	83,50
1970	-	-	-	-	128,22	4628,31	68,03	53,10	102,87	2425,98	49,25	47,90
1971	114,91	14372,57	119,89	104,30	251,86	23768,04	154,17	61,20	192,58	15384,67	124,04	64,40
1972	119,29	8521,23	92,31	77,40	212,41	11314,36	106,37	50,10	162,03	11610,26	107,75	66,50
1973	68,73	3295,01	57,40	83,50	256,41	24554,39	156,70	61,10	162,08	11759,19	108,44	66,90
1974	45,13	2081,00	45,62	101,10	180,23	23027,91	151,75	84,20	147,59	17031,56	130,51	88,40
1975	88,43	8740,80	93,49	105,70	202,25	16827,50	129,72	64,10	149,60	12501,72	111,81	74,70
1976	54,68	2191,34	46,81	85,60	182,77	8174,62	90,41	49,50	165,39	20127,02	141,87	85,80
1977	46,38	1604,57	40,06	86,40	180,31	20841,96	144,37	80,10	140,46	17232,02	131,27	93,50
1978	57,68	1962,79	44,30	76,80	156,87	12665,34	112,54	71,70	159,72	20072,55	141,68	88,70
1979	72,18	4994,48	70,67	97,90	215,91	14579,83	120,75	55,90	199,28	23413,51	153,02	76,80
1980	57,75	2761,80	52,55	91,00	203,14	18879,04	137,40	67,60	170,47	26939,33	164,13	96,30
1981	50,98	931,82	30,53	59,90	166,50	16041,41	126,66	76,10	186,53	33751,35	183,72	
1982	88,31	7207,55	84,90	96,10	189,20	18623,84	136,47	72,10	166,03	16368,80	127,94	77,10
1983	163,03	11009,19	104,93	64,40	257,17	24997,39	158,11	61,50	203,03	13324,20	115,43	56,90
1984	82,06	3875,14	62,25	75,90	165,89	19730,12	140,46	84,70	143,26	16308,16	127,70	89,10
1985	93,28	6610,86	81,31	87,20	228,05	20510,38	143,21	62,80	176,16	26747,52	163,55	92,80
1986	85,91	5141,13	71,70	83,50	173,56	17352,82	131,73	75,90	175,97	20290,16	142,44	80,90
1987	100,78	4784,64	69,17	68,60	139,56	15354,18	123,91	88,80	146,27	14696,85	121,23	82,90
1988	101,59	6644,07	81,51	80,20	167,23	14985,35	122,42	73,20	151,31	14072,66	118,63	78,40
1989	104,09	2194,10	46,84	45,00	155,43	6593,01	81,20	52,20	168,04	13128,85	114,58	68,20
1990	77,25	1518,21	38,96	50,40	126,32	4553,31	67,48	53,40	139,22	6011,77	77,54	55,70
1991	111,85	6593,63	81,20	72,60	201,95	17682,32	132,98	65,80	138,83	14011,34	118,37	85,30
1992	122,40	8806,97	93,85	76,70	202,41	18735,58	136,88	67,60	167,38	18922,72	137,56	82,20
1993	89,50	6506,59	80,66	90,10	168,83	10113,30	100,57	59,60	126,89	10410,63	102,03	80,40
1994	109,68	11242,85	106,03	96,70	172,14	17594,61	132,65	77,10	171,70	27985,81	167,29	97,40
1995	87,15	2921,80	54,05	62,00	203,95	16658,45	129,07	63,30	132,02	8689,19	93,22	70,60
1996	112,13	7673,43	87,60	78,10	167,43	15477,75	124,41	74,30	160,07	13943,84	118,08	73,80
1997	117,39	15435,53	124,24	105,80	143,48	18805,34	137,13	95,60	140,83	17533,94	132,42	94,00
1998	123,38	10137,83	100,69	81,60	148,50	8298,62	91,10	61,30	174,73	18588,74	136,34	78,00
1999	99,70	7571,38	87,01	87,30	132,99	5829,09	76,35	57,40	153,74	12989,54	113,97	74,10

M: média; Var: variância; D.P.: Desvio Padrão; C.V.: Coeficiente de Variação

As estatísticas descritivas referentes à estação climatológica 2242003 revela que a média de precipitação é relativamente superior à estação climatológica 2241004. Entretanto, também neste caso, a variabilidade dos dados é alta, com coeficiente de variação predominantemente superior a 50%. Para Morettin e Tolo (1987), as altas variabilidades dos atributos podem estar associadas com variações sazonais e, portanto, comprometem as conclusões estatísticas de trabalhos que visam a comparação de médias.

Já os comportamentos gerais dos dados observados na estação climatológica 2242004 são

semelhantes aos da estação climatológica 2242003, em virtude da proximidade das duas estações.

A Tabela 2 mostra as médias, variâncias, desvios padrão e coeficientes de variação para as três estações climatológicas pesquisadas, para cada mês ao longo das séries avaliadas. Observa-se claramente duas estações climáticas: uma chuvosa, no período de outubro a abril, e outra seca, no período de maio a setembro. Verifica-se também que, mesmo para um determinado mês, existe grande variabilidade de precipitação de ano para ano, revelado pelo desvio padrão e coeficiente de variação.

Tabela 2. Médias, variâncias, desvios padrões e coeficientes de variação da precipitação mensal nas Estações 2241003, 2242003 e 2242004 do Estado do Rio de Janeiro.

Estação	2241003				2242003				2242004			
	M	VAR	D.P.	CV	M	VAR	D.P.	CV	M	VAR	D.P.	CV
Jan	169,30	15587,03	124,85	73,70	305,52	17873,63	133,69	43,80	308,68	16337,42	127,82	41,40
Fev	125,47	11790,57	108,58	86,50	231,72	16734,89	129,36	55,80	218,42	14665,37	121,10	55,40
Mar	129,80	7766,83	88,13	67,90	275,53	17164,55	131,01	47,60	236,76	13990,24	118,28	50,00
Abr	88,88	3117,78	55,84	62,80	199,20	7489,15	86,54	43,40	153,41	4300,23	65,58	42,70
Mai	68,87	2938,54	54,21	78,70	117,45	4300,66	65,58	55,80	74,02	1613,72	40,17	54,30
Jun	37,64	1049,17	32,39	86,10	72,99	1447,70	38,05	52,10	46,58	895,29	29,92	64,20
Jul	41,56	1378,15	37,12	89,30	76,49	2498,64	49,99	65,30	49,77	1446,68	38,04	76,40
Ago	30,10	690,15	26,27	87,30	79,97	4512,93	67,18	84,00	48,54	1510,36	38,86	80,10
Set	67,61	3376,80	58,11	85,90	129,72	8081,78	89,90	69,30	87,42	4716,47	68,68	78,60
Out	110,32	6253,79	79,08	71,70	168,71	5295,30	72,77	43,10	124,21	2336,29	48,34	38,90
Nov	175,58	14446,26	120,19	68,50	283,81	12792,40	113,10	39,90	242,97	7779,93	88,20	36,30
Dez	191,52	8000,55	89,45	46,70	318,04	9092,24	95,35	30,00	324,33	10961,15	104,70	32,30

M: média; Var: variância; D.P.: Desvio Padrão; C.V.: Coeficiente de Variação

Nas Figuras 4, 5 e 6 são apresentados os histogramas para as séries estudadas, em cada estação pluviométrica. Verifica-se a ocorrência de assimetria acentuada à direita nos valores de precipitação, revelando que análises que consideram

distribuição de probabilidade normal, como, por exemplo, Teste de Hipóteses para comparação entre médias (Testes Paramétricos), não devem ser aplicadas neste caso.

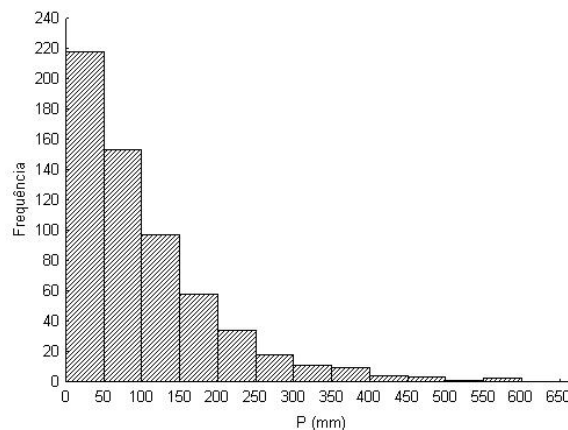


Figura 4. Histograma para a série de precipitações pluviométricas mensais, em milímetros, na estação 2241003, no período de 1944 a 1999.

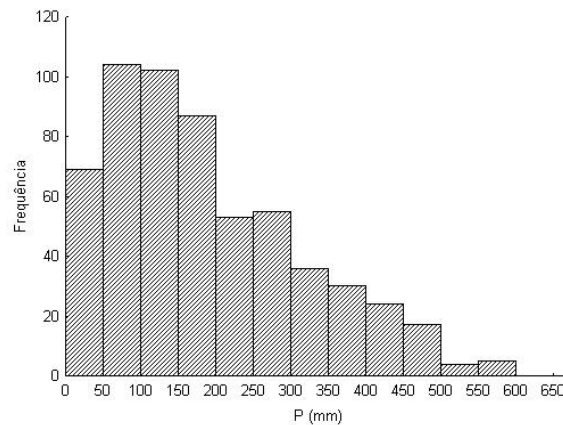


Figura 5. Histograma para a série de precipitações pluviométricas mensais, em milímetros, na estação 2242003, no período de 1951 a 1999.

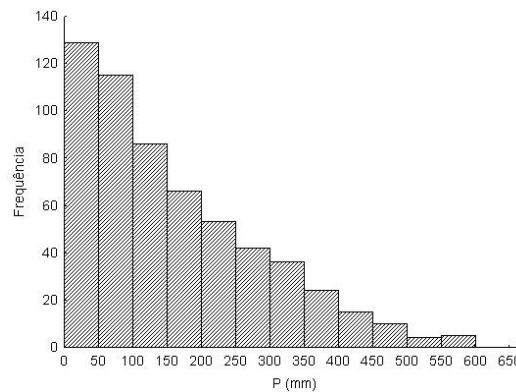


Figura 6. Histograma para a série de precipitações pluviométricas mensais, em milímetros, na estação 2242004, no período de 1951 a 1999.

Tal simetria justifica também os valores de coeficientes de variação relativamente altos, apresentados nas Tabelas 1 e 2. As maiores frequências de precipitação, para todos os casos, ocorrem até no valor de 100 mm por mês. Fazendo uma associação com as médias aritméticas apresentadas na Tabela 1, pode-se dizer que estas não representam de forma adequada às precipitações mensais e que talvez a média geométrica, devido ao comportamento assimétrico da distribuição, seja a medida de posição central mais indicada como representante das séries de precipitações pluviométricas mensais.

Nas Tabelas 3, 4 e 5, tem-se a análise da variância (experimentos em blocos casualizados) para as séries de precipitações. Nas Tabelas 3 e 4 verifica-se que o efeito dos anos (tendência) foi

significativo. Isto pode ter ocorrido em função do grande número de graus de liberdade (GL) para a fonte de variação anos e erros, fazendo com que valores da estatística F relativamente baixos (2,30 e 1,74) apresentassem significância. Na análise gráfica (Figuras 1 e 2) não foi possível identificar a tendência nos dados de nenhuma série estudada. Por outro lado, na Tabela 5 é possível verificar que o efeito de anos (tendência) foi não significativo, o que está de acordo com a Figura 3 e com os resultados obtidos por Ferraz (1999) e Silva et al. (2003b).

Por estas mesmas tabelas observa-se que o efeito dos meses (sazonalidade) foi altamente significativo em todos os casos, revelando, claramente, a presença da componente sazonal.

Tabela 3. ANAVA para a série de precipitações pluviométricas mensais (Estação 2241003), em milímetros d'água, no Estado do Rio de Janeiro, no período de 1944 a 1999.

<i>FV</i>	<i>GL</i>	<i>SQ</i>	<i>QM</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>
Anos	50	660680,87	13213,62	2,30	0.00
Meses	11	1772542,77	161140,25	28,05	0.00
Erro	550	3159100,05	5743,82		
Total	611	5592323,69			

Tabela 4. ANAVA para a série de precipitações pluviiais mensais (Estação 2242003), em milímetros d'água, no Estado do Rio de Janeiro, no período de 1951 a 1999.

<i>FV</i>	<i>GL</i>	<i>SQ</i>	<i>QM</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>
Anos	48	704104,28	14668,84	1,74	0,00
Meses	11	4688149,46	426195,41	50,62	0,00
Erro	528	4445521,94	8419,55		
Total	587	9837775,68			

Tabela 5. ANAVA para a série de precipitações pluviiais mensais (Estação 2242004), em milímetros d'água, do Estado do Rio de Janeiro, no período de 1951 a 1999.

<i>FV</i>	<i>GL</i>	<i>SQ</i>	<i>QM</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>
Anos	48	335179,27	6982,90	1,04	0,39
Meses	11	5719166,61	519924,24	77,74	0,00
Erro	528	3531371,70	6688,20		
Total	587	9585717,58			

Nas Tabelas 6, 7 e 8 são apresentadas as análises de variâncias para os modelos de regressão linear múltipla, considerando a precipitação mensal como variável dependente e os anos e meses da série como variáveis independentes (preditoras). Os valores de P (significância) associados às estatísticas F mostram que, em todos os casos, o modelo de regressão múltipla pode descrever o comportamento da precipitação em função de variáveis temporais representadas pelos meses e/ou anos. Considerando a significância das referidas análises de variâncias, foi aplicado o teste t- Student (Tabela 9) para verificar a significância individual dos coeficientes da regressão visando propor um modelo de previsão

para a precipitação baseado em modelos de regressão.

Os coeficientes do modelo de regressão múltipla relativos aos meses foram, em sua maioria, significativos, rejeitando-se, desta forma, a hipótese $H_1: \text{Jan.} = \text{Fev.} = \dots = \text{Dez.} = 0$, ou seja, aceitando-se a existência da sazonalidade determinística nas séries de precipitações pluviiais mensais. Por outro lado, os coeficientes para os anos foram não significativos, indicando a não existência de tendência na série, conforme foi discutido nas Tabelas 3, 4 e 5. Estes resultados estão de acordo com Ferraz (1999) e Silva et al. (2003b).

Tabela 6. ANAVA para o modelo de regressão ajustado para a série de precipitações pluviiais mensais (Estação 2241003), no período de 1944 a 1999.

<i>FV</i>	<i>gl</i>	<i>SQ</i>	<i>QM</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>
Regressão	13	2E+06	138496,52	21,88	0,00
Resíduo	598	4E+06	6329,17		
Total	611	6E+06			

Tabela 7. ANAVA para o modelo de regressão ajustado para a série de precipitações pluviiais mensais (Estação 2242003), no período de 1951 a 1999.

<i>FV</i>	<i>gl</i>	<i>SQ</i>	<i>QM</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>
Regressão	13	5E+06	366289,28	41,42	0,00
Resíduo	574	5E+06	8843,19		
Total	587	1E+07			

Tabela 8. ANAVA para o modelo de regressão ajustado para a série de precipitações pluviiais mensais (Estação 2242004), no período de 1951 a 1999.

<i>FV</i>	<i>gl</i>	<i>SQ</i>	<i>QM</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>
Regressão	13	6E+06	440020,56	65,34	0,00
Resíduo	574	4E+06	6734,25		
Total	587	1E+07			

Tabela 9. Coeficientes, Erro Padrão, Estatística t e respectivas probabilidades obtidas para o modelo de regressão para a série de precipitações pluviárias mensais nas Estações 2241003, 2242003 e 2242004, em milímetros d'água, no período de 1944 a 1999.

Estação	2241003				2242003				2242004			
	Coef.	E. P.	Est. t	valor-P	Coef.	E. P.	Est. t	valor-P	Coef.	E. P.	Est. t	valor-P
Interseção	1037,86	406,94	2,55	0,01	1882,91	543,12	3,47	0,00	511,08	473,95	1,08	0,28
Ano	-0,45	0,21	-1,18	0,33	-0,79	0,27	-1,88	0,11	-0,10	0,24	-0,40	0,69
Jan	12,60	37,29	0,34	0,74	-15,60	48,90	-0,32	0,75	-13,58	42,68	-0,32	0,75
Fev	-31,24	37,29	-0,84	0,40	-89,40	48,90	-1,83	0,07	-103,84	42,68	-2,43	0,02
Mar	-26,91	37,29	-0,72	0,47	-45,59	48,90	-0,93	0,35	-85,50	42,68	-2,00	0,05
Abr	-67,83	37,29	-1,82	0,07	-121,92	48,90	-2,49	0,01	-168,85	42,68	-3,96	0,00
Mai	-87,84	37,29	-2,36	0,02	-203,67	48,90	-4,16	0,00	-248,24	42,68	-5,82	0,00
Jun	-117,67	37,29	-3,16	0,00	-248,13	48,90	-5,07	0,00	-275,68	42,68	-6,46	0,00
Jul	-115,15	37,29	-3,09	0,00	-244,63	48,90	-5,00	0,00	-272,48	42,68	-6,38	0,00
Ago	-126,61	37,29	-3,40	0,00	-241,15	48,90	-4,93	0,00	-273,72	42,68	-6,41	0,00
Set	-89,09	37,29	-2,39	0,02	-191,40	48,90	-3,91	0,00	-234,84	42,68	-5,50	0,00
Out	-46,39	37,29	-1,24	0,21	-152,41	48,90	-3,12	0,00	-198,05	42,68	-4,64	0,00
Nov	18,88	37,29	0,51	0,61	-37,31	48,90	-0,76	0,45	-79,29	42,68	-1,86	0,06
Dez	-38,60	37,47	-1,03	0,30	3,36	49,07	0,07	0,95	-2,25	42,82	-0,05	0,96

Coef.: Estimativa do coeficiente da variável; E.P.: Erro padrão da estimativa da variável; Est.t: Estatística t-Student

Na análise das funções de autocorrelação das séries de precipitações (Figuras 7, 8 e 9), percebe-se, facilmente, que existem picos nos “lags” múltiplos de 12, o que é indicativo de séries com sazonalidade a cada doze meses. A função autocorrelação indica que existe uma dependência temporal dos valores de precipitação, podendo,

portanto, a metodologia de previsões de séries temporais e o ajuste de modelos do tipo ARMA (modelos autoregressivos) ou ARIMA (modelos autoregressivos integrados de médias móveis), serem aplicados na estimação de dados perdidos de precipitação ou mesmo para a estimação de valores futuros.

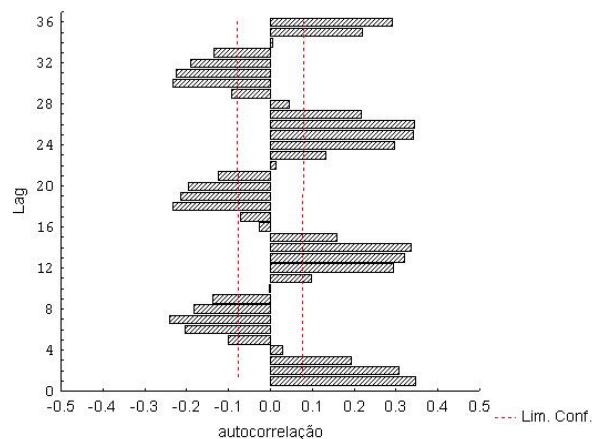


Figura 7. Função autocorrelação para a série de precipitações pluviárias mensais referente à Estação 2241003), no período de 1944 a 1999.

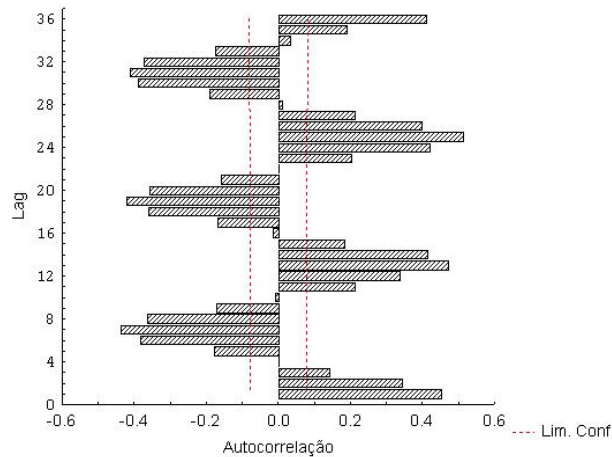


Figura 8. Função autocorrelação para a série de precipitações pluviométricas mensais referente à Estação 2242003, no período de 1951 a 1999.

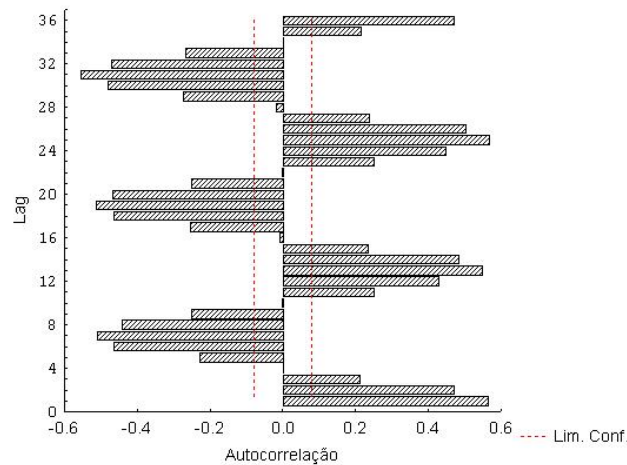


Figura 9. Função autocorrelação para a série de precipitações pluviométricas mensais referente à Estação 2242004, no período de 1951 a 1999.

Nos periodogramas das séries de precipitações (Figuras 10, 11 e 12) é possível notar a existência de apenas um período que é de 12 meses, sendo os demais períodos observados não-significativos. Portanto, as séries apresentam um período de ordem 12, que é igual ao componente

sazonal identificado anteriormente. Pequenos picos que ocorreram nas Figuras 10 e 11 podem estar associados a erros de medição e/ou de anotação, pois as séries possuem dados relativamente antigos (desde 1944).

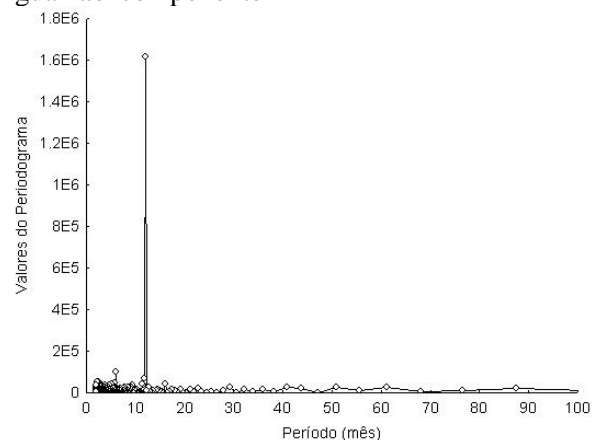


Figura 10. Periodograma para a série de precipitações pluviométricas mensais, em milímetros, no Estado do Rio de Janeiro (Estação 2241003), no período de 1944 a 1999.

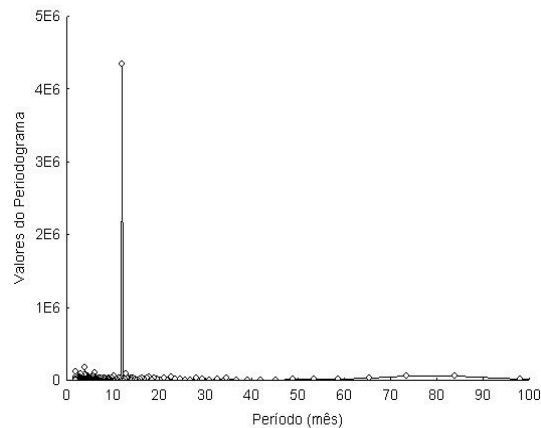


Figura 11. Periodograma para a série de precipitações pluviométricas mensais, em milímetros, no Estado do Rio de Janeiro (Estação 2242003), no período de 1951 a 1999.

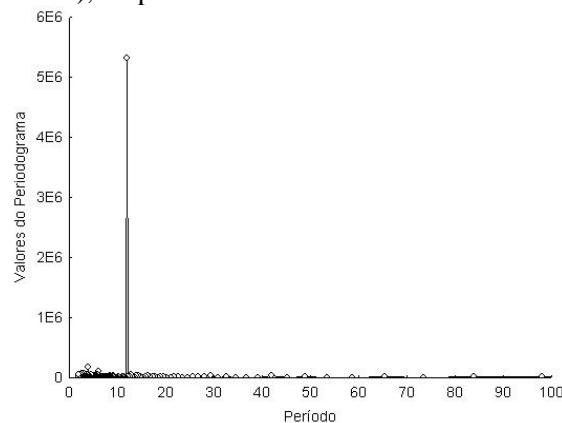


Figura 12. Periodograma para a série de precipitações pluviométricas mensais, em milímetros, no Estado do Rio de Janeiro (Estação 2242004), no período de 1951 a 1999.

CONCLUSÕES

As precipitações pluviométricas mensais nas estações de Conceição de Macabu e de Nova Friburgo apresentam sazonalidade e não apresentam tendência.

As metodologias de análise de variância e análise de regressão múltipla são eficientes para verificar a presença das componentes de sazonalidade e de tendência.

A variável precipitação pluviométrica mensal pode ser estudada por meio da metodologia de séries temporais.

A autocorrelação temporal e a presença da componente sazonal sugerem que metodologias estatísticas que tenham como pressuposição à independência entre observações sejam utilizadas com restrições para a avaliação do comportamento temporal da precipitação.

AGRADECIMENTOS

Ao PIBIC/CNPq pelo apoio financeiro concedido a esta pesquisa (projeto A-007/2003), realizada durante o curso de graduação em Matemática na Universidade Federal de Uberlândia.

ABSTRACT: The objective of this work was to carry a descriptive analysis in the monthly precipitation of rainfall stations from Rio de Janeiro State, Brazil, using data of position and dispersion and graphical analyses, and to verify the presence of seasonality and trend in these data, with a study about the application of models of time series. The descriptive statistics was to characterize the general behavior of the series in three stations selected which present consistent historical series. The methodology of analysis of variance in randomized blocks and the determination of models of multiple linear regression, considering years and months as predictors variables, disclosed the presence of seasonality, what allowed to infer on the occurrence of repetitive natural phenomena throughout the time and absence of trend in the data. It was applied the methodology of multiple linear regression to removal the seasonality of these time series. The original data had been deducted from the estimates made by the adjusted model and the analysis of variance in randomized blocks for the residues of regression was preceded again. With the results obtained it was possible to conclude

that the monthly rainfall present seasonality and they don't present trend, the analysis of multiple regression was efficient in the removal of the seasonality, and the rainfall can be studied by means of time series.

KEYWORDS: Climate. Time series. Rainfall statistics. Multiple regression.

REFERÊNCIAS

CARDIM, M. **Mapeamento do comportamento multivariado das principais variáveis climáticas de interesse agrícola do estado de São Paulo**. 2001. 124f. Tese (Doutorado em Agronomia)-Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Botucatu, 2001.

CARDOSO, C. O.; ULMANN, M. N.; BERTOL, I. Análise de chuvas intensas a partir da desagregação das chuvas diárias de Lages e de Campos Novos (SC). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 22, p. 131- 40, 1998.

CURI, P. R. Análise de agrupamento complementada com ordenação pelos componentes principais e análise de variância multivariada. Um exemplo biológico. **Ciência e Cultura**, Campinas, v. 37, n. 6, p. 879-888, 1984.

FERRAZ, M. I. F. **Uso de modelos de séries temporais na previsão da série de precipitações pluviiais mensais no município de Lavras – MG**. 1999, 97 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1999.

GONÇALVES, E. B. **Comparação de modelos para previsão de séries temporais - séries de precipitações pluviiais mensais no município de Pindorama - SP**. 1983, 162 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1983.

KASSOUF, A. L. **Previsão de preços na pecuária de corte do estado de São Paulo**. 1988, 102f. Dissertação (Mestrado em Economia Rural)-Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1988.

LOMBARDI NETO, F.; BRUGOWICH, M. I. Manual técnico de manejo e conservação de solo e água. Potencialidades agrícolas das terras do estado de São Paulo. **CATI**, Campinas, v. 2, n. 39, 168 p, 1994.

LÚCIO, P. S.; TOSCANO, E. M. M.; ABREU, M. L. **Técnicas de análise multivariada aplicadas a séries temporais. Estudo de caso: climatologia de Belo Horizonte – MG**. Belo Horizonte: UFMG, 1998, 31 p. (Relatório Técnico).

MORETTIN, P. A.; TOLOI, C. M. **Previsão de séries temporais**. 2. ed. São Paulo: Atual, 1987. 438 p.

PINO, F. A.; ROCHA, M. B. Transmissão de preço de soja no Brasil. **Revista de Economia e Sociedade Rural**, Brasília, v. 32, n. 4, p. 345 -361, 1994.

SILVA, J. W.; GUIMARÃES, E. C.; TAVARES, M. Variabilidade temporal da precipitação mensal e anual na estação climatológica de Uberaba-MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 3, p. 665-674, 2003a.

SILVA, M. I. S.; GUIMARÃES, E. C.; TAVARES, M. Análise da precipitação pluviométrica mensal de Uberlândia - MG, usando ferramentas de séries temporais. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA (RBRAS), 48; SIMPÓSIO DE ESTATÍSTICA APLICADA A EXPERIMENTAÇÃO AGRONÔMICA (SEAGRO), 10. 2003b, Lavras.. **Anais...** Lavras: UFLA, p. 713-718.

STEVENSON, W. J. **Estatística aplicada à administração**. São Paulo: Harbra, 1981. 516p

VERONESE, D. O.; GUIMARÃES, E. C. Análise geoestatística da temperatura média de Uberaba - MG, nas quatro estações do ano. **Ciência e Engenharia**, Uberlândia, v. 11, n. 2, p. 21-26, 2002.