

Regiões homogêneas e tamanho de amostra para atributos do clima no Estado de São Paulo, Brasil

Homogeneous regions and sample size for attributes of the climate in São Paulo State, Brazil

Thomas Newton Martin^I Durval Dourado Neto^{II} Lindolfo Storck^{III} Peter Burauel^{IV}
Eduardo Alvarez Santos^V

RESUMO

Os objetivos deste trabalho foram demarcar regiões homogêneas e estimar o número de anos de avaliações para as variáveis insolação, radiação solar global e radiação fotossinteticamente ativa para o Estado de São Paulo. Utilizaram-se dados da média mensal de insolação, radiação solar e radiação fotossinteticamente ativa de 18 locais do Estado de São Paulo. A homogeneidade das variâncias entre os meses do ano para os 18 locais (variabilidade temporal) e a homogeneidade das variâncias entre os locais em cada mês (variabilidade espacial) foram testadas pelo teste de homogeneidade de Bartlett. Estimouse o tamanho de amostra para cada local durante o ano. Como resultados há variabilidade temporal e espacial para as estimativas de insolação, radiação solar e radiação fotossinteticamente ativa para os 18 municípios avaliados. Além disso, a variabilidade do tamanho de amostra para a insolação, radiação solar e radiação fotossinteticamente ativa depende do local e da época do ano no Estado de São Paulo.

Palavras-chave: variabilidade temporal e espacial, análise de agrupamento, planejamento regional.

ABSTRACT

The purpose of this study was to separate homogeneous regions and to estimate the numbers of years necessary to evaluate the variables: sunshine, global solar radiation and photossynthetically active radiation in Sao Paulo State. Monthly data of sunshine, solar radiation and photossynthetically active radiation for 18 places in Sao Paulo

State were used in the analysis. The homogeneity of the variances among the months for the 18 places (seasonal variability) and the homogeneity of variances among places in each month (spatial variability) were tested by the test of homogeneity of Bartlett. In addition, the sample size for each place was calculated during the year. The results show the existence of seasonal and spatial variability in the estimates of sunshine, solar radiation and photossynthetically active radiation for the 18 cities evaluated in Sao Paulo State. Moreover, the variability of the sample size for sunshine, solar radiation and photossynthetically active radiation depend on the site and season of the year in Sao Paulo State.

Key words: time and space variability, cluster analysis, regional planning.

INTRODUÇÃO

Estudos climáticos de áreas geográficas extensas devem ser incentivados, pois, além de nortear a pesquisa, eles melhoram a utilização de recursos financeiros, materiais e de pessoal. Por meio da série histórica dos atributos do clima de uma determinada região, é possível inferir sobre as características do local, pois medidas de tendência central (média, mediana e moda), medidas de variabilidade dos dados (amplitude, desvio padrão, variância e coeficiente de variação), medidas de

^IUniversidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Estrada para Boa Esperança, km 4, 85660-000, CP 157, Dois Vizinhos, PR, Brasil. E-mail: martin@esalq.usp.br. Autor para correspondência.

^{II}Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo (ESALQ/USP), São Paulo, SP, Brasil.

^{III}Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, RS, Brasil.

^{IV}Forschungszentrum Jülich GmbH, ICG-IV, 52425 Jülich, Germany, E-mail: p.burauel@fz-juelich.de.

^VEscola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade Estadual de São Paulo (UNESP), São Paulo, SP, Brasil.

assimetria e curtose descrevem o comportamento passado e podem ser usadas para previsões do clima. Muitas vezes, esses parâmetros populacionais estão corretos, mas são insuficientes para uma completa descrição e realização de inferências ou até realização de simulações para previsão de situações futuras.

Em muitas situações, existem dificuldades de obterem-se as séries históricas de atributos do clima para uma determinada região. As dificuldades são causadas por vários fatores, como a falta de material para mensuração e/ou conservação dos dados ou até mesmo as burocracias que retêm os dados. A utilização de séries históricas reduzidas implica em maior probabilidade de inferências tendenciosas, alterando a interpretação do comportamento de uma determinada região (GENNEVILLE & BOOCK, 1983). A superação desse obstáculo pode ser realizada através da simulação estocástica de valores. Nesse sentido, a determinação de locais com comportamentos similares foi realizada por DINIZ et al. (2003) e LYRA et al. (2006). A classificação de determinados elementos (locais) em grupos pode ser entendida como um processo para localizar entidades de classes inicialmente indefinidas, de modo que indivíduos da mesma classe sejam similares entre si em algum sentido definido pelas variáveis consideradas (EVERITT & DUNN, 1991). A análise de agrupamento classifica os indivíduos de forma hierárquica (produção de seqüências de partição cada vez mais vastas) e não-hierárquica (número de classes é fixado *a priori*).

Estudos sobre a determinação de regiões homogêneas foram realizados por YU & CHANG (2001) e RAMOS (2001). Metodologia similar foi utilizada para definir regiões homogêneas em função da distribuição de probabilidades da precipitação pluvial no Estado de Táchira (Venezuela) (LYRA et al., 2006). No Brasil, DINIZ et al. (2003) identificaram regiões homogêneas de temperaturas (máxima e mínima) para o Estado do Rio Grande do Sul (Brasil). Com relação a séries históricas, a World Meteorological Organization (WMO) preconiza que o número mínimo de anos de dados climáticos para a análise é de 30 anos e recomenda a utilização do *run test* (para indicar a aleatoriedade). Para a análise da homogeneidade dos dados, muito embora alguns autores como FRIZZONE et al (1985) e VERNICH & ZUANNI (1996) afirmem que tais observações podem ser desconsideradas para algumas variáveis, utilizar-se-ia a série de dados disponíveis.

A determinação do tamanho de amostra para o número de anos necessários para caracterizar as variáveis insolação, radiação solar e radiação fotossinteticamente ativa deve ser realizada a partir do

estabelecimento de um erro máximo aceitável, com um determinado grau de confiança. No entanto, não existem valores que podem ser definidos como erros máximos toleráveis das estimativas dos atributos do clima. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foram demarcar regiões homogêneas e obter de estimativas do número de anos de avaliação para as variáveis insolação, radiação solar global e radiação fotossinteticamente ativa para o Estado de São Paulo.

MATERIAL E MÉTODOS

O dado utilizado neste trabalho foi a média diária de insolação. Os dados foram obtidos no Departamento de Ciências Exatas – (ESALQ) e no Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), e estão resumidos na tabela 1. Com estes dados, obteve-se a estimativa da radiação solar global diária (Q_g , MJ.m².d⁻¹), que é função da radiação extraterrena (Q_o), da absorção e difusão atmosféricas, e da insolação, e pode ser calculada por:

$$Q_g = Q_o * \left[0,29 \cdot \cos \Phi + 0,52 \cdot \frac{n}{N} \right]$$

Em que, n é a insolação e N é o comprimento do dia, no dia Juliano j (PEREIRA et al., 2002). A radiação fotossinteticamente ativa (q , MJ.m².d⁻¹)^a foi estimada através da equação apresentada por ASSUNÇÃO (1994):

$$q = \frac{Q_g}{N60} \left(0,5 - 0,1 \cdot \frac{n}{N} \right)$$

A partir da série temporal diária dos 18 locais, calculou-se a média mensal para todos os meses do ano, obtendo-se 216 séries temporais (18 locais x 12 meses) para cada variável, totalizando assim 648 séries temporais, com o número de anos variável em cada estação. Estimaram-se as variâncias entre os anos para cada um dos 18 locais e 12 meses. Nestas variâncias foi aplicado o teste de BARTLETT (STEEL et al., 1997) a 5% de probabilidade de erro entre os meses do ano (variabilidade temporal, 12 variâncias) em cada um dos 18 locais (18 testes) e também entre os locais (18 variâncias – variabilidade espacial) dentro de cada um dos 12 meses do ano.

O tamanho de amostra (número de anos) de cada uma das 648 séries temporais (insolação, radiação solar global e radiação fotossinteticamente ativa) foi determinada para cada uma das 18 estações. Primeiramente, determinou-se a intensidade de amostragem (n_0), considerando uma semi-amplitude do intervalo de confiança (D) igual 0,15h, 180cal.cm².min⁻¹, 22cal.cm².min⁻¹ para as variáveis insolação, radiação solar global e radiação fotossinteticamente ativa, respectivamente, com uma confiança de 95%, isto é:

Tabela 1 - Relação dos locais de coleta de dados, latitude (Lat, dec), longitude (Lon, dec), altitude (Alt, m), ano inicial e final de observação da insolação, radiação solar global e radiação fotossinteticamente ativa e fonte dos dados para o Estado de São Paulo.

	Locais	Lat	Lon	Alt	Ano		Fonte*
					Inicial	Final	
1	Campinas	-22,9000	-47,0008	674	1960	2004	IAC
2	Capão Bonito	-24,0033	-48,3666	702	1991	2002	IAC
3	Cravinhos	-21,1100	-47,4800	621	1997	2002	IAC
4	Gália	-22,3000	-49,5500	522	1977	2002	IAC
5	Itararé	-24,2500	-49,2500	1150	1977	2000	IAC
6	Jaú	-22,2833	-48,5666	580	1955	2002	IAC
7	Jundiá	-23,2000	-46,8833	715	1993	1999	IAC
8	Limeira	-22,5333	-47,4500	639	1980	2004	IAC
9	Mococa	-21,4666	-47,0016	665	1959	2000	IAC
10	Monte Alegre do Sul	-22,6833	-46,7166	777	1981	2000	IAC
11	Pariquera-Açú	-24,7166	-47,8833	25	1980	2000	IAC
12	Pindamonhangaba	-22,9166	-45,4500	560	1982	2000	IAC
13	Pindorama	-21,2166	-48,9333	562	1965	2000	IAC
14	Piracicaba	-22,2166	-48,9333	546	1926	2005	ESALQ
15	Ribeirão Preto	-21,1833	-47,8000	621	1965	2000	IAC
16	Tatuí	-23,3333	-47,8666	600	1992	2000	IAC
17	Tietê	-23,0116	-47,7166	538	1991	2000	IAC
18	Ubatuba	-23,4500	-45,0066	8	1991	2003	IAC

*IAC (Instituto Agrônomo de Campinas); ESALQ (Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz").

$$n_0 = \frac{t_{\alpha/2}^2 S^2}{D^2}$$

Em que, $t_{\alpha/2}^2$ é o valor tabelado da distribuição t a 5% (bilateral) de probabilidade de erro e S^2 é a variância. Quando o tamanho de amostra calculado for superior a 5% da população amostrada, faz-se necessário calcular o tamanho da amostra para a população infinita (n), ou seja:

$$n = n_0 / (1 + (n_0 - 1) / N)$$

Em que N refere-se ao número de anos. Quando n_0 for menor que 5% de N , $n = n_0$. Utilizou-se a análise de agrupamento (Cluster Analysis) para identificação das regiões homogêneas e meses homogêneos quanto à insolação, à radiação solar global e à radiação fotossinteticamente ativa. Utilizou-se o método hierárquico aglomerativo de WARD (1963), em que a medida de dissimilaridade foi a distância euclidiana (EVERITT & DUNN, 1991), podendo ser obtida pela seguinte equação:

$$d_e = \left[\sum_{j=1}^n (P_{p,j} - P_{k,j})^2 \right]^{0,5}$$

Em que d_e é a distância euclidiana; P_{pj} e P_{kj} são as variáveis quantitativas j dos anos ou locais p e k , respectivamente. Pela utilização do método de Ward,

existe a minimização da soma de quadrados de desvios, minimizando a dissimilaridade, de modo a formar grupos. Os dados de insolação, radiação solar global e radiação fotossinteticamente ativa foram organizados em matrizes $P_{n \times p}$, em que o elemento P_{ij} representava o valor da i -ésima variável (localidade), e do i -ésimo indivíduo (mês). Então, cada vetor coluna representava um mês, enquanto, que cada vetor linha representava uma localidade. O agrupamento também foi aplicado de forma inversa, de modo a determinar, dentro de cada um dos períodos, as regiões homogêneas de localidades com similaridade da insolação, radiação solar global e radiação fotossinteticamente ativa.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A hipótese da homogeneidade das variâncias da insolação não é rejeitada para as cidades de Capão Bonito, Cravinhos, Itararé, Limeira, Pariquera-Açú, Pindamonhangaba e Tietê (Tabela 2). Em relação à radiação solar global (Tabela 2) e à radiação fotossinteticamente ativa (Tabela 3), as variâncias também não são homogêneas para alguns locais. Estes resultados indicam que, para localidades em que as variâncias entre os meses do ano são homogêneas, pode-se adotar um mesmo tamanho de amostra (número de anos). Em contrapartida, nos outros locais em que

Tabela 2 - Valores calculados dos testes de homogeneidade de Bartlett para as variâncias entre os meses (χ^2_{Cal}) da insolação e radiação solar global média mensal e tamanho de amostra (número de anos) nos meses do ano, máximo (Max), mínimo (Min) e médio (Méd) para estações localizadas nos municípios do Estado de São Paulo.

Locais	χ^2_{Cal}	Meses do ano												Max	Min	Med
		jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez			
		-----Insolação-----														
Campinas	44,29*	40	43	38	37	43	44	43	42	41	36	38	42	44	36	41
Capão Bonito	7,87ns															11
Cravinhos	10,91ns															5
Gália	33,88*	22	22	23	21	23	20	22	24	25	24	21	22	25	20	22
Itararé	9,96ns															22
Jaú	27,37*	38	44	33	39	39	40	32	38	39	36	42	43	44	32	39
Jundiá	20,47*	7	7	7	6	5	6	6	5	5	5	7	7	7	5	6
Limeira	3,45ns															24
Mococa	50,03*	37	40	39	29	35	29	25	34	37	36	35	39	40	25	35
Monte Alegre do Sul	29,43*	18	18	16	15	19	18	13	17	19	19	16	20	20	13	17
Pariquera-Açu	17,13ns															19
Pindamonhangaba	15,29ns															14
Pindorama	29,67*	35	36	34	30	34	35	32	34	35	35	35	35	36	30	34
Piracicaba	41,91*	70	69	62	43	59	59	53	55	63	63	67	70	70	43	61
Ribeirão Preto	34,99*	31	32	28	27	28	25	19	30	31	27	29	33	33	19	28
Tatuí	24,38*	8	8	8	8	7	8	8	9	9	8	8	9	9	7	8
Tiete	11,54ns															5
Ubatuba	22,98*	11	11	11	9	6	8	11	11	11	12	11	11	12	6	10
Max		70	69	62	43	59	59	53	55	63	63	67	70	70		
Min		4	5	5	5	5	4	4	5	5	5	4	4		4	
Med		23	24	22	20	22	21	20	22	23	23	23	24			22
		-----Radiação solar global-----														
Campinas	28,20*	42	44	39	36	42	42	42	42	41	38	41	43	44	36	41
Capão Bonito	17,00ns															11
Cravinhos	17,71ns															5
Gália	61,88*	23	22	23	24	22	17	20	24	25	24	21	22	25	17	22
Itararé	12,80ns															22
Jaú	41,81*	45	44	34	41	40	41	33	39	40	35	40	45	45	33	40
Jundiá	17,41ns															6
Limeira	9,46ns															24
Mococa	83,01*	39	40	39	28	29	19	38	40	41	38	38	40	41	19	36
Monte Alegre do Sul	39,71*	18	19	17	15	19	16	10	16	19	19	17	20	20	10	17
Pariquera-Açu	27,16*	20	20	18	18	18	17	19	17	19	19	19	18	20	17	18
Pindamonhangaba	30,22*	17	18	17	16	15	7	8	8	10	18	18	19	19	7	14
Pindorama	67,19*	35	36	34	29	33	33	28	33	35	36	35	36	36	28	34
Piracicaba	132,24*	73	72	64	39	46	41	37	48	64	67	71	73	73	37	58
Ribeirão Preto	76,23*	32	32	29	26	24	18	12	29	31	29	31	33	33	12	27
Tatuí	29,25*	8	8	8	8	7	7	7	9	9	8	8	9		7	8
Tiete	16,51ns															5
Ubatuba	39,95*	11	11	11	9	4	5	10	11	11	12	12	11	12	4	10
Max		73	72	64	41	46	42	42	48	64	67	71	73	73		
Min		5	5	5	5	4	3	3	5	5	5	4	4		3	
Méd		24	24	23	20	21	18	19	22	23	23	23	24			22

*Significativo em nível de 5% de probabilidade de erro; ns não significativo.

Tabela 3 - Valor calculado do teste de homogeneidade de Bartlett para as variâncias entre os meses (χ^2_{Cal}) da radiação fotossinteticamente ativa média mensal e tamanho de amostra (número de anos) nos meses do ano, máximo (Max), mínimo (Min) e média (Méd) para estações localizadas nos municípios do Estado de São Paulo.

Locais	χ^2_{Cal}	Meses do ano												Max	Min	Méd
		jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez			
Campinas	32,45*	42	44	39	34	41	42	42	42	41	38	40	43	44	34	41
Capão Bonito	17,14ns															11
Cravinhos	20,59*	5	5	5	5	5	2	3	5	5	5	5	5	5	2	5
Gália	66,94*	23	22	23	24	22	17	19	24	25	24	21	22	25	17	22
Itararé	11,86ns															22
Jaú	53,72*	45	44	34	39	39	40	32	38	41	35	40	45	45	32	39
Jundiáí	18,00ns															6
Limeira	9,32ns															24
Mococa	93,64*	39	40	39	26	28	17	39	40	41	38	38	40	41	17	35
Monte Alegre do Sul	40,08*	18	19	17	14	18	16	11	16	19	19	17	20	20	11	17
Pariqüera-Açu	26,74*	20	20	18	18	18	18	19	18	19	19	19	18	20	18	19
Pindamonhangaba	33,31*	17	18	17	16	15	7	8	8	10	18	18	19	19	7	14
Pindorama	75,22*	35	36	34	28	32	33	27	32	35	36	35	36	36	27	33
Piracicaba	149,91*	73	72	64	38	44	39	33	46	65	67	71	73	73	33	57
Ribeirão Preto	83,91*	32	32	29	25	23	17	11	28	31	29	31	33	33	11	27
Tatuí	30,72*	8	8	8	8	7	7	7	9	9	9	8	9	9	7	8
Tietê	15,90ns															5
Ubatuba	19,02ns															10
Max		73	72	64	39	44	42	42	46	65	67	71	73	73		
Min		4	5	5	5	5	2	3	5	5	5	4	4		2	
Méd		24	24	23	20	20	18	18	21	23	23	23	24			22

*Significativo em nível de 5% de probabilidade de erro; ns não significativo.

se rejeitou a hipótese da homogeneidade das variâncias ao longo do ano, há a indicação da existência de variabilidade temporal do tamanho de amostra.

Observando as variâncias da insolação dos 18 locais (Tabela 4), verifica-se que somente para o mês de fevereiro o teste de homogeneidade de Bartlett não foi significativo, o que indica que o tamanho de amostra neste caso pode ser o mesmo nos 18 locais. No entanto, para os outros 11 meses do ano, obtiveram-se variâncias heterogêneas, indicando que há variabilidade espacial quanto ao tamanho de amostra dos locais avaliados.

No caso da estimação do melhor tamanho de amostra (Tabela 2), deve-se utilizar o maior valor dentre os locais durante o ano. Porém, ao considerar isso, o número de anos que representaria qualquer local e época do ano seria 70. Como nem todos os locais possuem esse número de anos avaliados, deve-se analisar individualmente cada um dos locais. No caso, nos locais de Capão Bonito, Cravinhos, Jundiáí, Limeira, Pariqüera-Açu, Pindamonhangaba, Tatuí, Tietê e Ubatuba, o número de anos é muito próximo ao valor

máximo de anos da série histórica. Isso provavelmente indique que o tamanho amostral adequado esteja acima do número de anos avaliados.

Para a variável radiação solar global (Tabela 2), verifica-se que o teste de Bartlett não foi significativo para as localidades de Capão Bonito, Cravinhos, Itararé, Jundiáí, Limeira e Tietê. Para essas localidades, a variância não varia durante os meses do ano, significando que a intensidade de amostragem deve ser a mesma em todos os meses do ano. Essa hipótese é rejeitada para as outras cidades, indicando a existência de variabilidade temporal para os locais avaliados. A hipótese da variabilidade espacial (Tabela 4) é rejeitada para todos os meses do ano, indicando que existe um tamanho amostral (número de anos) diferente para cada um dos locais avaliados. O tamanho amostral, referente à radiação solar (Tabela 2), que representa qualquer um dos meses do ano, em qualquer local, deve ser aquele que represente a maior variância entre anos. Utilizando o valor máximo em todos os locais e meses avaliados, temos o tamanho de amostra igual a 73 anos.

Tabela 4 - Valores calculados do testes de homogeneidade de Bartlett para as variâncias entre locais (χ^2_{Cal}) das médias mensais da insolação, da radiação solar global e da radiação fotossinteticamente ativa e tamanhos de amostra (número de anos), para os meses do ano no Estado de São Paulo.

Meses	-----Insolação-----	-----Radiação solar global-----	Radiação fotossinteticamente ativa
	χ^2_{Cal}	χ^2_{Cal}	χ^2_{Cal}
janeiro	41,67*	54,60*	61,06*
fevereiro	27,27ns	32,69*	33,97*
março	48,24*	49,38*	50,10*
abril	76,84*	91,99*	106,09*
maio	67,36*	65,43*	64,69*
junho	109,12*	105,39*	111,22*
julho	127,12*	103,71*	113,74*
agosto	70,44*	66,29*	72,95*
setembro	37,17*	40,94*	42,09*
outubro	92,13*	101,12*	103,32*
novembro	52,98*	61,83*	65,29*
dezembro	35,50*	47,18*	47,57*

*Significativo em nível de 5% de probabilidade de erro; ns não significativo.

Para a radiação fotossinteticamente ativa (Tabela 3), verifica-se que a homogeneidade de variância entre os meses (variabilidade temporal) não foi rejeitada em Capão Bonito, Itararé, Jundiaí, Limeira, Tiete e Ubatuba. Isso indica que para essas localidades não existe variabilidade temporal, ou seja, todos os meses do ano possuem o mesmo tamanho de amostra. No caso dos outros doze locais, pode-se utilizar um tamanho de amostra diferente para cada mês avaliado, devido à não-homogeneidade de variâncias durante o ano. Para a radiação fotossinteticamente ativa, assim como para a radiação solar e a insolação, deve-se avaliar individualmente para indicar o tamanho de amostra. A diferença de magnitude das séries temporais altera a interpretação para cada uma das localidades, não permitindo uma avaliação geral. Nesse caso, isso se deve ao fato tamanho final de amostra ser igual à magnitude da série histórica. A amplitude do tamanho de amostra é bastante acentuada nas três variáveis, indicando grande heterogeneidade das variâncias, ou seja, grande variabilidade das condições ambientais para os locais avaliados. Com isso, ao utilizar-se 30 anos de forma generalizada, como recomenda a World Meteorological Organization (WMO), em nota técnica número 81 (THOM, 1966), não existe uma abrangência total dos dados de cada local e em cada época do ano, o que leva a estimativas com diferentes níveis de erros associados. Porém, autores como FRIZZONE et al. (1985) e VERNICH & ZUANNI (1996) afirmam que tais observações podem ser desconsideradas para algumas

variáveis, devendo ser utilizada a série de dados disponíveis.

Existe variabilidade espacial (entre locais) nos 12 meses do ano, exceto para o mês de fevereiro para a variável insolação (Tabela 4). De maneira geral, essa variabilidade pode ser atribuída às características peculiares de cada local. O critério para a definição dos grupos entre os locais e os meses do ano é variável, dependendo da amplitude dos dados (Figura 1a). De modo geral, optou-se pela formação de três grupos. Dessa forma, para a variável insolação, agruparam-se os meses de janeiro, dezembro e fevereiro como um grupo mais diferenciado dos demais meses do ano. O segundo grupo foi formado pelos meses de março, maio, junho, outubro, novembro e setembro. Como terceiro grupo, os meses de abril, julho e agosto foram os meses de transição. Dentre os municípios com as características mais próximas quanto à insolação, pode-se agrupar os locais Campinas, Pindorama, Jundiaí, Monte Alegre do Sul, Piracicaba, Tietê, Cravinhos, Jaú, Mococa e Ribeirão Preto. Esse primeiro grupo possui características mais próximas ao segundo grupo (Capão Bonito, Itararé, Gália, Pindamonhangaba e Tatuí). Contudo, o grupo mais diferenciado quanto às características de insolação é formado pelos locais: Limeira, Pariquera-Açú, e Ubatuba. A identificação de regiões homogêneas, para a variável precipitação pluvial, no Estado de Táchira (Venezuela), foi realizada por LYRA et al. (2006), que utilizaram também o método de agrupamento de Ward. Esses autores obtiveram, para as condições de estudo, a formação de três regiões

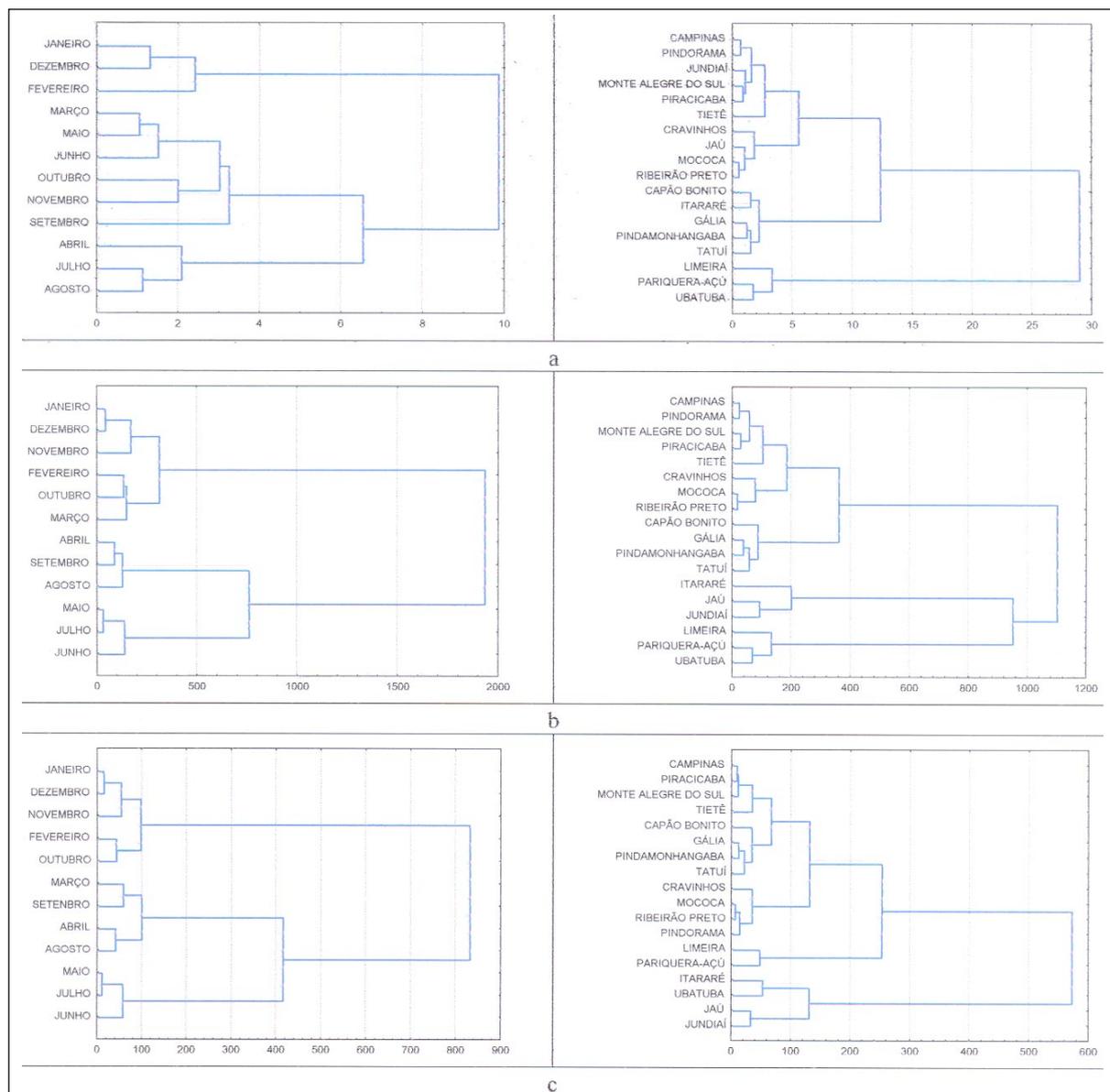


Figura 1 - Dendrogramas da dissimilaridade das médias mensais da insolação (a), da radiação solar global (b) e da radiação fotossinteticamente ativa (c) entre os meses do ano e as 18 localidades do Estado de São Paulo.

distintas quanto à intensidade de precipitação, que foram classificadas em região seca, de transição e úmida.

Para a radiação solar global (Figura 1b), verifica-se que o grupo mais distinto foi formado pelos meses de maio, junho e julho. O grupo de transição foi formado pelos meses de abril, setembro e agosto, sendo que esses meses precedem o início do período do inverno (abril) e o período de verão (setembro e agosto). Quanto à dissimilaridade dos locais avaliados, a formação de três grupos ocorre nos seguintes locais: Limeira, Pariquera-Açú e Ubatuba. Em contrapartida, o grupo com as características mais próximas entre si é

formado pelos locais: Campinas, Pindorama, Monte Alegre do Sul, Piracicaba, Tietê, Cravinhos, Mococa, Ribeirão Preto, Capão Bonito, Gália, Pindamonhangaba e Tatuí. A formação de grupos de dissimilaridade para a variável radiação fotossinteticamente ativa, ao longo do ano, não segue o mesmo agrupamento da variável radiação solar global, obtendo-se uma distância de ligação menor. Quanto aos locais em que estão agrupados nos mesmos grupos, há formação de três grupos, sendo que o grupo com as médias de radiação fotossinteticamente ativa mais diferente das outras cidades é formado pelos locais de Itararé, Ubatuba,

Jaú e Jundiá. O maior grupo é formado pelos locais: Campinas, Piracicaba, Monte Alegre do Sul, Tietê, Capão Bonito, Gália, Pindamonhangaba, Tatuí, Cravinhos, Mococa, Ribeirão Preto e Pindorama, sendo que esses locais possuem características bastante próximas entre si quanto à radiação fotossinteticamente ativa. Utilizando metodologia similar, DINIZ et al. (2003) identificaram as regiões homogêneas de temperatura máxima e mínima no Rio Grande do Sul (Brasil) e ressaltam que essas regiões homogêneas, uma vez determinadas, servirão de subsídios a estudos mais detalhados dos regimes térmicos do Estado, bem como de zoneamentos climáticos e agroclimáticos.

Os resultados gerados podem ser utilizados no auxílio da identificação da progressão de uma doença dentro do Estado de São Paulo, pois, ao se conhecer a similaridade espacial e temporal dos locais e sabendo-se onde a doença já está instalada, é possível aplicarem-se medidas que visem à proteção das culturas. Além disso, a partir das características do ano corrente, é possível compararem-se os resultados da base de anos da série histórica e assim melhorarem-se as indicações de época de plantio (temperaturas favoráveis ao desenvolvimento da cultura) e as aplicações de tratamentos culturais. No caso da utilização da técnica de simulação de dados, não é necessário analisarem-se ou obterem-se todos os dados de uma região ou época do ano considerada homogênea, o que melhorará o processo de tomada de decisão e com o mesmo grau de confiança.

CONCLUSÕES

Existe variabilidade temporal e espacial para as estimativas de insolação, radiação solar e radiação fotossinteticamente ativa para os 18 municípios avaliados no Estado de São Paulo. A variabilidade do tamanho de amostra para a insolação, a radiação solar e a radiação fotossinteticamente ativa depende do local e da época do ano no Estado de São Paulo.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de Doutorado Sanduíche no Exterior (Forschungszentrum Jülich GmbH, ICG-IV, Jülich, Deutschland). Ao Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) e ao Departamento de Ciências Exatas da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, São Paulo, pela disponibilização dos dados. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão de bolsa ao pesquisador Eduardo Alvarez Santos.

FONTES DE AQUISIÇÃO

^a1MJ equivale a 238662,345287 Calorias. Fonte: <http://www.ipem.sp.gov.br/> (2006).

REFERÊNCIAS

ASSUNÇÃO, H.F. **Relações entre radiação fotossinteticamente ativa e a radiação solar global em Piracicaba, SP.** 1994. 41f. Dissertação (Mestrado em Física do Ambiente Agrícola) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

DINIZ, G.B. et al. Identificação de regiões homogêneas de temperaturas máxima e mínima do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.11, n.2, p.303-312, 2003.

EVERITT, B.S.; DUNN, G. **Applied multivariate analysis.** London: Edward Arnold, 1991. 400p.

FRIZZONE, J.A. et al. Análise de distribuição das precipitações em períodos de 5 a 10 dias na região de Pereira Barreto, SP, utilizando a distribuição gama incompleta. **Irrigação e Tecnologia Moderna**, v.22, n.1, p.2-4, 1985.

GENEVILLE, M.S.; BOOCK, A. Modelo estocástico para simulação da precipitação pluviométrica diária de uma região. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.18, n.9, p.959-966, 1983.

INSTITUTO DE PESOS E MEDIDAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (IMPE). São Paulo. Capturado em 1 de mar. 2006. Online. Disponível na Internet: <http://www.ipem.sp.gov.br>.

LYRA, G.B. et al. Regiões homogêneas e funções de distribuição de probabilidade da precipitação pluvial no Estado de Táchira, Venezuela. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.2, p.205-215, 2006.

PEREIRA, A.R. et al. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas.** Guaíba: Agropecuária, 2002. 477p.

RAMOS, M.C. Divisive and hierarchical clustering techniques to analyse variability of rainfall distribution patterns in a Mediterranean region. **Atmospheric Research**, v.57, p.123-138, 2001.

STEEL, R.G.D. et al. **Principles and procedures of statistics: a biometrical approach.** 3.ed. New York: McGraw-Hill, 1997. 666p.

THOM, H.C.S. **Some methods of climatological analysis.** Roma: FAO, 1966. 50p. (Technical Notes. 81).

VERNICH, L.; ZUANNI, F. About the minimum number of years required to stabilize the solar irradiation statistical estimates. **Solar Energy**, v.57, n.6, p.445-447, 1996.

WARD, J.H. Hierarchical grouping to optimize an objective function. **Journal of American Statistical Association**, v.58, n.301, p.236-244, 1963.

YU, T.Y.; CHANG, L.F.W. Delineation of air-quality basins utilizing multivariate statistical methods in Taiwan. **Atmospheric Environment**, v.35, n.18, p.3155-3166, 2001.