

## CARACTERIZAÇÃO DE SECAS NO ESTADO DE SÃO PAULO

Rosa Maria Nascimento dos **SANTOS**<sup>1</sup> e Antonio Roberto **PEREIRA**<sup>2</sup>,  
José Francisco de **OLIVEIRA JÚNIOR**<sup>1</sup> & Alexandra Amaro de **LIMA**<sup>3</sup>

### 1. INTRODUÇÃO

A Organização Meteorológica Mundial (OMM) define seca como "deficiência contínua e extensa na precipitação" (Farago et al., 1989), ou seja, as secas estão relacionadas com deficiências de chuvas em períodos extensos, durante uma ou mais estações do ano. A maioria dos estudos de caracterização de secas está baseada na demanda e suprimento de água do solo, por meio de métodos climatológicos de cálculo do balanço hídrico.

Na tentativa de criar um sistema eficaz de monitoramento de secas, Palmer (1965) definiu período seco como, um intervalo de tempo - geralmente da ordem de meses ou anos de duração - durante o qual o suprimento de água é menor que o climaticamente esperado, ou apropriado; e, a partir dessa definição, desenvolveu um Índice de Severidade de Seca - o PDSI, que se baseia nos princípios do balanço entre o suprimento e a demanda hídrica, de séries de dados mensais de temperatura média do ar e chuva, para identificar períodos de seca, sua duração e intensidade.

Desde então, o PDSI, é utilizado pelos pesquisadores para solucionar dois dos principais problemas para aqueles que desenvolvem trabalhos com monitoramento de secas: a intensidade e o período de duração (início e fim de um período) (Scian & Donnari, 1997; Assis, 1997)

### 2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados totais mensais de chuva e temperatura do ar (máxima, mínima e média), de nove postos de observação, distribuídos na região oeste do Estado de São Paulo, entre 50° e 53°W e, 20° e 23°S.

Calculou-se o balanço hídrico (Thorntwaite & Mather, 1955), para a série de dados de cada posto de observação, com uma CAD de 100 mm e, a partir daí, obtidas a Evapotranspiração Potencial (ET<sub>p</sub>, mm) e a Evapotranspiração Real (ET<sub>r</sub>, mm), usadas no cálculo das variáveis do PDSI: Recarga Potencial, RP; Recarga (ou reposição) Real de água no solo, R; Perda Potencial de água do solo, L; Perda Real de água do solo, B; Escoamento Potencial, ROP e; Escoamento Real, RO. O desvio da chuva é dado pela equação,  $d = P - \hat{P}$ , em que P (mm) é a chuva observada no período e,  $\hat{P}$  (mm) a chuva climaticamente apropriada para as condições existentes. O índice de anomalia de umidade (z, pol) é dado pela equação,

$$z = \frac{\bar{K} \cdot d}{25} \quad (1)$$

em que  $\bar{K}$  é o Fator de Ajuste Climático médio mensal. O PDSI (X<sub>i</sub>) é dado pela equação:

$$X_i = \frac{z_i}{5,737} + 0,56 X_{i-1} \quad (2)$$

Considerou-se que uma seca estaria estabelecida, ou definitivamente iniciada, sempre que  $X \leq -1,00$ ; e estaria encerrado quando  $z \geq z_e$ . Sendo  $z_e$  a umidade necessária para reduzir a severidade de uma seca até o valor de -0,50, em um dado mês ( $z_e = -2,869 - 3,213 \cdot X_{i-1}$ ).

Os eventos encontrados classificados de acordo com a tabela (Quadro 1) elaborada por Palmer (1965).

Quadro 1 - Classificação de Palmer para períodos secos

X <sub>i</sub>	Classe
0,49 a -0,49	aproximadamente normal - n
-0,50 a -0,99	seca incipiente - si
-1,00 a -1,99	seca suave - ss
-2,00 a -2,99	seca moderada - sm
-3,00 a -3,99	seca severa - ssa
$\leq -4,00$	seca extrema - se

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 mostra, para toda a região, e dentro do período analisado, a freqüência de meses com seca, ou seja, meses que apresentaram valores de X<sub>i</sub> < -1,00. Os meses mais secos foram agosto e setembro, com uma freqüência relativa média de 26% e 22% dos eventos, respectivamente. Os menos secos foram novembro e dezembro, com 5% e 4% dos eventos. Adamantina foi a localidade com a maior freqüência de meses com seca, com um total de 46% dos meses secos, enquanto que Salto Grande apresentou apenas 4% dos meses com seca.

Tabela 1 – Freqüência relativa (%) de meses com seca de qualquer intensidade (X<sub>i</sub> < -1,00)

LOCALIDADE	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	MÉDIA
Auriflamma	19	35	23	15	23	19	12	8	15	8	4	8	16
Mejor Prado	11	22	26	26	19	11	4	7	15	7	4	7	13
Água Limpa	15	26	26	19	19	11	7	0	7	0	0	7	11
Alfredo Marcondes	17	3	3	14	14	8	11	42	28	8	6	0	13
Adamantina	24	54	54	73	51	30	41	65	41	19	5	5	39
Pontal	24	38	19	14	10	5	5	0	0	0	0	0	10
Presidente Prudente	8	3	6	8	17	6	3	25	25	8	8	3	10
Salto Grande	8	8	4	0	0	0	0	0	4	0	8	4	4
Votuporanga	8	0	0	0	4	33	83	92	67	13	8	0	26
MÉDIA	15	21	18	19	17	14	18	28	22	7	5	4	16

Esses resultados concordam com os obtidos para a deficiência hídrica - DEF (Tabela 2). A maior freqüência de DEF ocorreu nos meses de julho, agosto e setembro, com uma média de 78%, 83% e 67% dos eventos, respectivamente. Dezembro, janeiro e fevereiro, com 26%, 27% e 38%, apresentaram as menores freqüências.

A freqüência de meses com DEF é maior que a quantidade de meses com X<sub>i</sub> < -1,00. Isso porque o método considera como mês seco aquele em que a  $\hat{P}$  é maior que P; portanto, um mês que apresente DEF não significa, necessariamente, que haja uma seca estabelecida. Tal fato é decorrente do caráter acumulativo do PDSI (Heddinghaus & Sabol, 1991).

A Figura 1 ilustra a variação mensal e anual do PDSI (X<sub>i</sub>), na região. As secas suaves e/ou moderadas estiveram concentradas entre os meses de abril e setembro, ocorrendo com maior freqüência em agosto, normalmente mais seco. No entanto, as secas severas e/ou extremas concentraram-se em janeiro e fevereiro, no auge da estação chuvosa na região, conforme verificado por vários autores (Monteiro, 1973; Sant'Anna Neto, 1996).

Verificou-se a maior freqüência de secas, tanto ocorreu em Adamantina. Períodos com 5 meses contínuos de seca ocorreram mais freqüentemente, totalizando 17 eventos.

<sup>1</sup> Meteorologista, Doutoranda em Meteorologia – INPE/CPTEC/LMO – Av. dos Astronautas, 1758 Cx Postal 515 CEP 12201-970, São José dos Campos – SP. E-mails: rosa@cptec.inpe.br ou rosa\_sto@yahoo.com.

<sup>2</sup> Professor Associado - Dep. de Fis. e Meteorologia, ESALQ/USP

<sup>3</sup> Meteorologista, Mestranda em Meteorologia – INPE/CPTEC/LMO

Tabela 2 – Frequência relativa (%) de meses com Deficiência Hídrica (DEF)

LOCALIDADE	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Sep	Out	Nov	Dez	MÉDIA
Auriflama	23	27	31	82	50	81	92	68	73	64	28	19	53
Major Prado	11	28	44	63	59	81	85	98	78	59	30	19	54
Água Limpa	19	30	41	70	59	78	85	89	70	63	67	26	58
Atirado Marcondes	36	28	81	75	50	67	75	81	72	53	57	36	58
Adamantina	27	33	51	78	59	65	76	82	76	51	49	27	57
Pontal	49	67	52	48	29	43	52	43	52	48	33	49	49
Presidente Prudente	31	44	53	72	39	61	69	75	64	44	53	36	53
Salto Grande	29	38	42	50	38	42	63	75	54	46	54	33	47
Voluporanga	17	50	33	58	63	81	96	92	75	71	50	8	58
MÉDIA	27	38	45	64	49	67	78	83	67	56	48	26	54

Períodos mais longos foram menos frequentes. Em geral, pode-se afirmar que a região oeste do Estado de São Paulo é submetida a períodos de seca que, dependendo da duração, podem ocorrer a cada 1 e 6 anos (Figura 2). A seca de maior intensidade ocorreu em Major Prado (Araçatuba/SP), com índice  $X_i = -28,26$  e, a mais longa ocorreu em Adamantina, com 11 meses de duração. A Figura 3 mostra a variação média anual do PDSI na área estudada. A maior parte da série de anos apresentou PDSI positivo, ou próximo de zero. Os valores médios máximos negativos de  $X_i$  ocorreram durante os anos de 1964, 1979, 1992, e 1996. De fato, durante estes anos, foram identificadas secas em quase todas as localidades.

#### 4. CONCLUSÕES

O método foi coerente ao identificar os períodos de seca ocorridos (69 eventos em toda a área). As secas duraram em média de 5 a 6 meses, com período de retorno entre 1 e 6 anos. A maioria dos eventos foi classificada como suave, ou moderado. Eventos de maior intensidade ocorreram com maior frequência, entre janeiro e abril. O maior valor negativo de  $X_i$  ocorreu em Major Prado, em janeiro de 96 (-28,26). As secas na região tenderam a iniciar entre janeiro e abril, e a terminar entre agosto e novembro. Os anos que apresentaram a maior incidência de secas severas e extremas foram 1979, 1992 e 1996, com períodos de seca identificados em quase todas as estações.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSIS, F. N.; MARTINS, S. R.; MENDEZ, M. E. G. Índice de severidade da seca de Palmer no Rio Grande do Sul. In: X Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, Piracicaba, 1997. Anais. Piracicaba: SBA, 1997. p.383-85.
- FARAGO, T.; KOZMA, E.; NEMES, C. Drought indices in meteorology. *Idojaras*, v. 93, 9-17 p. 1989.
- HEDDINGHAUS, T. R.; SABOL, P. A review of the Palmer Drought Severity Index and where do we go from here? In: Proc. 7<sup>th</sup> CONF. ON APPLIED CLIMATOLOGY - AMERICAN METEOROLOGICAL SOCIETY, Sep. 10-13, p.242-246, 1991.
- MONTEIRO, C. A. DE F. *A dinâmica climática e as chuvas do Estado de São Paulo*. Estudo em forma de atlas. São Paulo: USP/IGEO. 1973. 129p.
- PALMER, W. C. *Meteorological Drought*. Research Paper, n.45, U. S. Department of Commerce Weather Bureau, Washington, D. C. 1965. 58p.

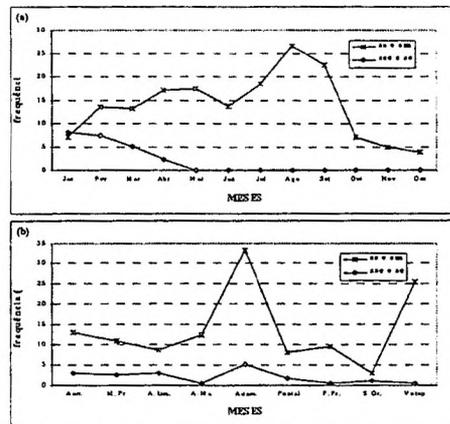


Figura 1 – (a) Frequência média mensal de secas suave (ss) e moderada (sm), severa (sse) e extrema (se); (b) Frequência média anual de meses com seca suave (ss), moderada (sm), severa (sse) e extrema (se), na região estudada

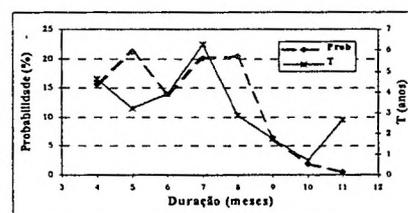


Figura 2 – Probabilidade (%) e período de retorno T (anos), das secas na região

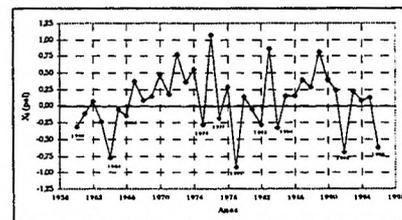


Figura 3 – Variação média anual do PDSI na região Oeste do Estado de São Paulo

- SANT'ANNA NETO, J. L. Variabilidade e tendência das chuvas no Oeste Paulista. *Boletim Climatológico*, v.1, n.1, p.44-56, 1996.
- SCIAR, B.; DONNARI, M. Aplicacion del indice Z de Palmer para la Comparacion de sequias en las regiones trigueras II, IV y V sur de Argentina. In: 7<sup>a</sup> REUNION ARGENTINA Y 1<sup>a</sup> LATINO-AMERICANA DE AGROMETEOROLOGÍA, Buenos Aires, 1997. *Actas*. Buenos Aires: Facultad de Agronomía - UBA, 1997.
- THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. *The water balance*. Publications in Climatology. New Jersey: Drexel Institute of Technology, 104p. 1955.