ISSN: 1980-055X
Recebido em: 24/03/2010
Aceito para publicação em: 10/07/2010

ESTUDO DA VARIABILIDADE DA PRECIPITAÇÃO PLUVIAL EM MUNICÍPIOS DA REGIÃO SUL DOS CAMPOS GERAIS, PARANÁ, BRASIL

Maysa de Lima Leite[27]
Patrícia Alves Adacheski[28]
Jorim Sousa das Virgens Filho[29]

RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar as características da precipitação pluvial em Fernandes Pinheiro, Lapa e Ponta Grossa, municípios da região Sul dos Campos Gerais do Paraná e proximidades. Dentro deste contexto, analisou-se a variabilidade da precipitação interanual, sazonal e os anos mais significativos dentro do período de estudo, além de avaliar suas intensidades e períodos de retorno. A chuva mostrou-se bem distribuída durante todo o ano nos três municípios, sendo janeiro o mês mais chuvoso, tanto em totais de precipitação como em número de dias com chuva, e agosto, o mês menos chuvoso. A classe de chuvisco foi a mais frequente em Fernandes Pinheiro e na Lapa, enquanto em Ponta Grossa, a classe mais frequente foi a de chuva fraca. O período de retorno para chuvas com total diário igual ou superior a 2,5 mm foi inferior a 2 anos com elevadas probabilidades de ocorrência para as três localidades enquanto para totais diários de 50 mm ou mais, o período de retorno variou entre 17 e 125 anos, dependendo do mês e da localidade.

Palavras-chave: distribuição de dados de chuva, intensidade de precipitação, período de retorno, estatística climatológica.

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the characteristics of rainfall in Fernandes Pinheiro, Lapa, Ponta Grossa, municipal districts in the southern region of Campos Gerais, Paraná , Brazil, and nearby. Within this context, it was analyzed the interannual and seasonal variability of the precipitation, the most significant years inside the series, besides evaluating their intensities and return periods. The precipitation was well distributed during the whole year in the three

[27]Doutor em Agronomia, Professor Adjunto, Depto de Biologia Geral – UEPG - Ponta Grossa-PR.
[28] Acadêmica do curso de Geografia – UEPG - Ponta Grossa-PR.
[29] Doutor em Agronomia, Professor Associado, Depto de Matemática e Estatística – UEPG - Ponta Grossa-PR.

municipal districts, being January the rainiest month, so much in precipitation totals as in number of days with rain, and August, the less rainy month. The sprinkle class was the most frequent in Fernandes Pinheiro and Lapa, while in Ponta Grossa, the most frequent class was the one of weak rain. The return period for rains with daily totals of 2.5 mm or more, was less than 2 years with a high probability of occurrence for the three locations , while for daily totals of 50 mm or more, the return period varied between 17 and 125 years, depending on the month and of the place.

Key-words: distribution of rainfall data, precipitation intensity, return period, climatological statistics.

INTRODUÇÃO

A precipitação pluvial é de grande importância na caracterização do clima de uma região, pois as peculiaridades do regime de chuva influenciam as variações observadas na temperatura e na umidade do ar, na nebulosidade e na quantidade de radiação incidente à superfície (MORAES *et al.*, 2005). O excesso ou escassez da chuva podem interferir profundamente em atividades econômicas e na vida do cidadão comum. Casos como o racionamento de energia em 2001 no Brasil e as frequentes enchentes em zonas urbanas mostram a importância da pluviosidade e de seu estudo mais sistemático e detalhado (SALGADO *et al.*, 2007).

A análise espaço-temporal da precipitação tem grande aplicabilidade na construção civil, dimensionamento de reservatórios de água, planejamento de atividades turísticas e esportivas e principalmente na agricultura, em que o estudo dessa variável torna-se relevante no planejamento das atividades agrícolas, permitindo previsões e decisões mais confiáveis e interferindo nas alternâncias de rendimento das culturas (SILVA; GUIMARÃES; TAVARES, 2003). Para a prática da agricultura familiar, que depende basicamente do regime de precipitação, é interessante conhecer não apenas a quantidade do total de chuva, mas também a sua frequência, variabilidade e probabilidades de ocorrência para planejar as atividades agrícolas (MORAES *et al.*, 2005).

Como a chuva é aleatória, a quantidade, a distribuição e as formas de ocorrência podem variar muito, tornando-se necessário e importante o estudo de um tempo mínimo de dados que reflita a tendência da precipitação pluvial de uma região (SANTOS *et al.*, 2002). O estudo da variabilidade temporal da precipitação permite definir o grau de correlação temporal das amostras e tem mostrado ser eficiente ferramenta de aplicação prática, permitindo estimar precipitações com variabilidade mínima (SILVA; GUIMARÃES; TAVARES, 2003).

Perdas de solo e danos em infra-estrutura e obras de engenharia hidráulica também ocorrem frequentemente por causa da chuva. Eficientes dimensionamentos de obras hidráulicas e conservacionistas podem ser realizados quando são considerados aspectos de risco e frequência da chuva. A análise de distribuição de frequência permite estimar o período de retorno de um evento máximo anual de chuva, que pode ser definido como o período, em anos, em que o referido evento pode ser igualado ou excedido, pelo menos uma vez, em média (ELTZ *et al.*, 1992). Assim, o conhecimento das características

da chuva permite a planificação mais segura de estruturas de conservação de solo (terraços, curvas de nível) e de práticas agrícolas que visem à conservação do solo por meio de manutenção de sua cobertura, assim como outras obras (barragens, canais escoadouros), e de estruturas hidráulicas de fluxo para águas pluviais.

O setor agropecuário e florestal nos Campos Gerais do Paraná, inseridos numa zona fitogeográfica natural, com campos limpos e matas galerias ou capões isolados de Floresta Ombrófila Mista, situada sobre o Segundo Planalto Paranaense (MAACK, 1981), é um dos mais dinâmicos do Brasil, com elevados índices de produção de soja, milho, feijão, trigo e aveia. Em 2007, a produção em Fernandes Pinheiro foi de 39 mil toneladas de milho e 21,66 mil toneladas de soja; no município da Lapa, foi de 112 mil toneladas de milho e 70,2 mil toneladas de soja; e, em Ponta Grossa, 192,28 mil toneladas de soja e 114,5 mil toneladas de milho. Tais informações são do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e reforçam o perfil agrícola das localidades em estudo.

Assim sendo, o objetivo deste estudo foi avaliar as características da precipitação pluvial em Fernandes Pinheiro, Lapa e Ponta Grossa, municípios da região Sul dos Campos Gerais do Paraná e proximidades. Dentro deste contexto, analisou-se a variabilidade da precipitação interanual, sazonal e os anos mais significativos dentro do período de estudo, além de avaliar suas intensidades e períodos de retorno. Espera-se que este trabalho contribua para tornar mais eficiente os planejamentos em diversos setores da economia regional, uma vez que o domínio sobre o conhecimento das diversas variáveis climáticas tornou-se uma prerrogativa importante para o desenvolvimento desses segmentos.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os municípios de Ponta Grossa e Lapa situam-se na região fitogeográfica denominada Campos Gerais do Paraná, enquanto Fernandes Pinheiro situa-se nas proximidades desta. Estes municípios estão representados no mapa da Figura 1.

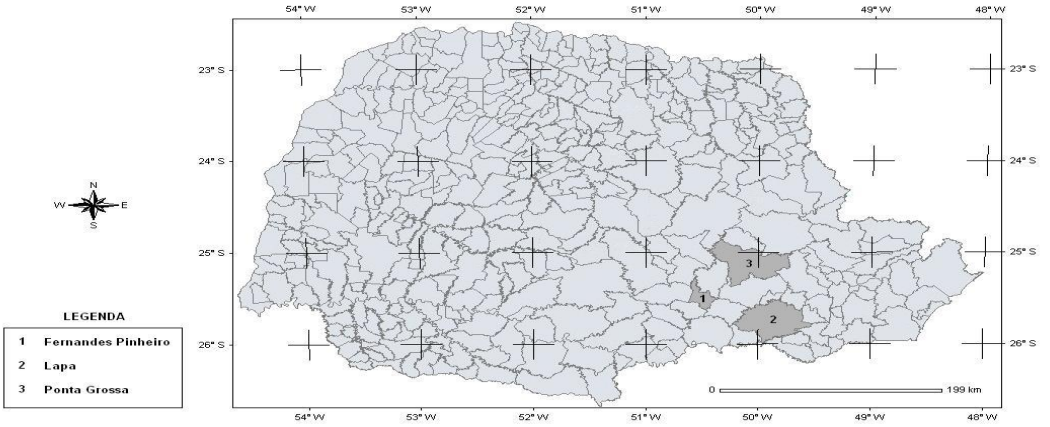


Figura 1 – Localização dos municípios: Fernandes Pinheiro, Lapa e Ponta Grossa, Paraná.

Inicialmente os dados diários de precipitação (mm), cedidos pelo Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR), foram submetidos a uma triagem e avaliação de consistência das séries temporais. Para avaliar a existência de alguma tendência particular na série, ou seja, que os totais anuais de precipitação estivessem associados a um comportamento sistemático relacionado com o tempo, utilizou-se o conceito da média móvel, calculada por ciclos de cinco anos.

As séries apresentam durações diferentes e maiores detalhes de localização podem ser encontrados na tabela 1. Apesar do município da Lapa possuir uma série bem menor quando comparada às outras duas localidades, a mesma foi mantida no estudo em função das características econômicas locais e da relevância deste estudo para a região. O município da Lapa possui a quarta maior área territorial do Paraná o que lhe confere grande potencial agropastoril e detém hoje a maior área plantada de frutas de caroço do Paraná (pêssego, ameixa e nectarina), próprias para o abastecimento de empresas que fabricam doces, sucos, geléias e produtos afins, havendo constante procura por informações mais detalhadas sobre o regime de precipitação local. Em estudo anterior, Sampaio *et al* (2007) utilizaram uma série ainda menor, com doze anos de duração, referente ao período de 1989 a 2000.

Tabela 1 – Dados de localização dos municípios de Fernandes Pinheiro, Lapa e Ponta Grossa.

Município	***Latitude***	***Longitude***	***Altitude (m)***	***Série***	***Nº de anos***
Fernandes Pinheiro	- 25°27′	- 50°35′	893	1963-2007	44
Lapa	- 25°47′	- 49°46′	910	1989-2007	19
Ponta Grossa	- 25°13′	- 50°01′	880	1954-2001	47

Para a verificação da intensidade mais frequente em relação aos totais diários de precipitação, em cada mês nos municípios estudados, os dias com estiagem climatológica, que representam os dias cuja precipitação foi menor que 0,1 mm (FOLHES; FISCH, 2006), foram excluídos da série. Os dados restantes foram separados em intervalos de classe, sendo classificados quanto aos totais pluviométricos como chuvisco (0,1 a 2,5 mm), chuva fraca (2,5 a 10 mm), chuva moderada (10 a 25 mm), chuva forte (25 a 50 mm) e chuva extrema (mais de 50 mm) (CALVETTI *et al*., 2006).

Para o cálculo do período de retorno em anos (T), o qual é definido como o tempo médio decorrido entre as ocorrências de um evento que excede ou iguala-se a uma certa magnitude, considerou-se a relação entre a probabilidade de ocorrer o evento X, p(X), e o período de retorno (T), como sendo:

$$T = \frac{1}{P(X \geq x)} \quad (1)$$

ou seja, o período de retorno é o inverso da probabilidade de ocorrer um valor do evento **X** com a magnitude igual ou maior a um certo **x** (ASSIS *et al.*, 1996). Para este trabalho, optou-se por calcular o período de retorno para os totais

médios de precipitação coincidentes com os limites superiores dos intervalos de classe, conforme a classificação de intensidade citada anteriormente, ou seja, 2,5, 10, 25 e 50 mm.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para o município de Fernandes Pinheiro, a média histórica anual de precipitação encontrada foi de 1579,4 mm; no município da Lapa, 1584,8 mm; e no município de Ponta Grossa, foi de 1546,2 mm. Nota-se que as três médias foram relativamente próximas, com variação menor que 40 mm entre a maior média (Lapa) e a menor (Ponta Grossa). As três localidades estão inseridas no Segundo Planalto Paranaense e estão a uma altitude equivalente. No "polígono" formado pelas cidades, não há variação brusca do relevo.

Nas figuras 2, 3 e 4, os gráficos mostram os totais anuais de precipitação e as médias móveis com seus respectivos coeficientes de determinação, para os municípios de Fernandes Pinheiro, Lapa e Ponta Grossa. O cálculo da média móvel, considerando-se ciclos de cinco anos ao longo de toda a série, tornou mais evidente a existência da tendência positiva observada sobre os totais anuais de precipitação para o município de Ponta Grossa, dentro do per, conforme ajuste explicado (r^2=0,5264) pela reta de regressão com a variável tempo. Para os municípios de Fernandes Pinheiro e Lapa, as tendências reveladas pelas médias móveis são pouco esclarecedoras quando são analisados os coeficientes de determinação ou seja, r^2=0,1209 e r^2=0,1819, respectivamente. Por outro lado, graficamente é possível perceber um pequeno decréscimo ao longo da série da Lapa e nos últimos anos da série de Fernandes Pinheiro.

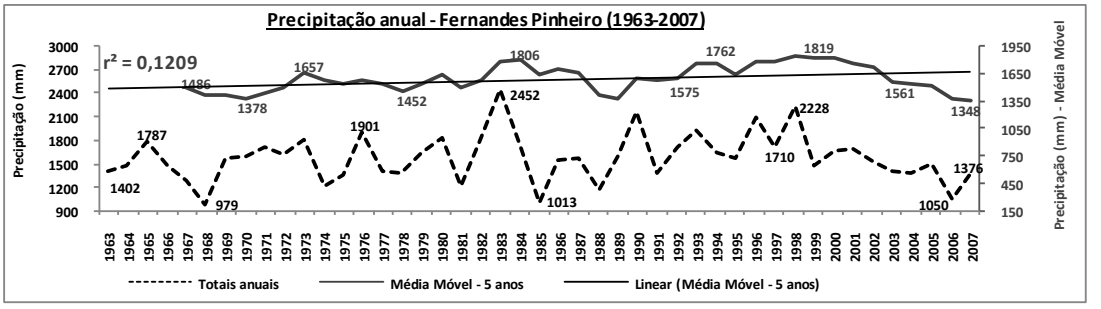


Figura 2 – Totais anuais e média móvel de precipitação em Fernandes Pinheiro (1963-2007).

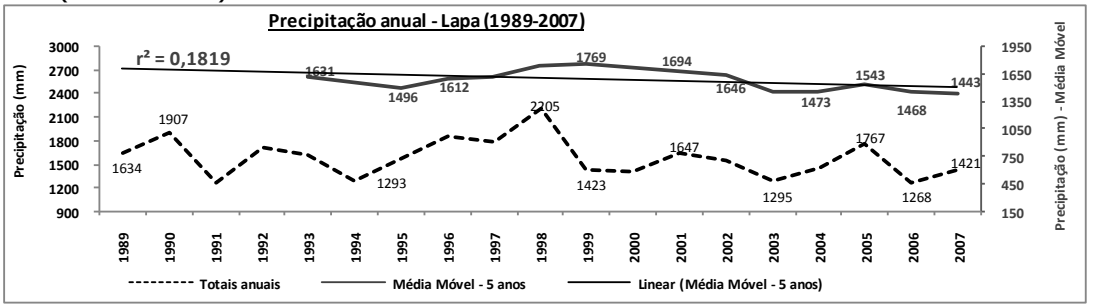


Figura 3 – Totais anuais e média móvel de precipitação na Lapa (1989-2007).

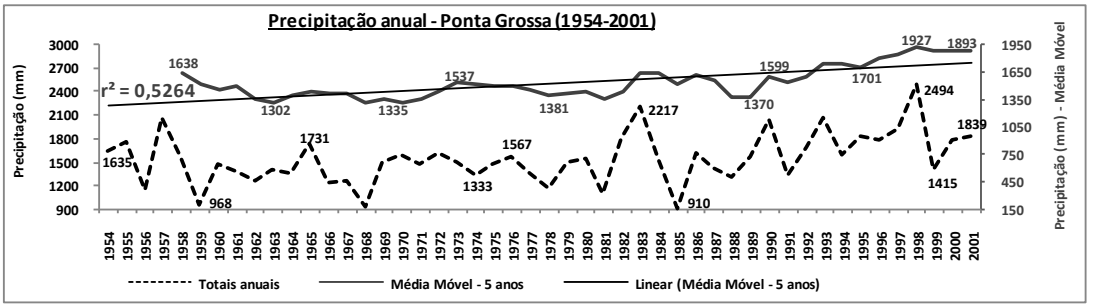


Figura 4 – Totais anuais e média móvel de precipitação em Ponta Grossa (1954-2001).

Também é possível observar nas figuras 2 e 4 que os anos de 1983, 1990 e 1998 foram anos que registraram totais elevados de precipitação em Fernandes Pinheiro e Ponta Grossa (respectivamente 2451,9 mm; 2155,7 mm e 2228 mm em Fernandes Pinheiro; e 2217 mm; 2054,7 mm e 2494 mm em Ponta Grossa). Na Lapa, como se observa na figura 3, os anos de 1990 e 1998 apresentaram os maiores totais (1907 mm e 2204,9 mm, respectivamente). Sabe-se que o El Niño, que representa a fase quente do fenômeno El Niño Oscilação Sul (ENOS) e ocasiona aumento da precipitação no sul da América do Sul, foi bastante intenso em 1983 e 1998, porém, mais ameno em 1990 (BERLATO; FONTANA, 2003).

Os anos de 1968 e 1985 foram os anos que registraram as menores médias em Fernandes Pinheiro (979,3 mm e 1012,8 mm) e Ponta Grossa (924,9 mm e 910,3 mm). É sabido que o fenômeno La Niña, o qual representa a fase fria do ENOS e que ocasiona diminuição da precipitação no sul da América do Sul, ocorreu em 1985 (BERLATO; FONTANA, 2003).

As figuras 5, 6 e 7 trazem os gráficos construídos a partir dos totais anuais de dias com chuva, ou seja, o número de dias num ano em que houve precipitação maior que 0,1 mm. A média anual de dias com chuva foi de 142,6 dias em Fernandes Pinheiro; 143,7 na Lapa; e 126,2 em Ponta Grossa.

Em Fernandes Pinheiro, os anos de 1968 e 2006 apresentaram o total de precipitação e o número de dias com chuva entre os três menores totais. Como visto anteriormente, não houve ocorrência de La Niña em 1968, sugerindo uma época de estiagem nesse ano, resultando também em baixo número de dias com chuva. Na figura 5, o número de dias chuvosos ficou sempre abaixo da média histórica a partir de 1999, aumentando, assim, o número anual de dias sem chuva.

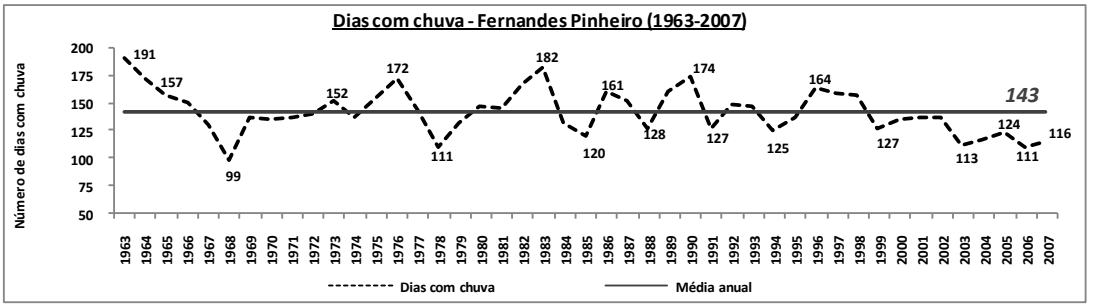


Figura 5 – Totais anuais e média histórica anual de dias com chuva em Fernandes Pinheiro (1963-2007).

Em estudo sobre as mudanças climáticas observadas no Estado do Paraná, Silva & Guetter (2003) também observaram que o município de União da Vitória tem apresentado um aumento do período de estiagens (aumento do número de dias consecutivos sem chuva), associado a uma intensificação de registros de eventos extremos na região.

Na Lapa, no ano de 1998, ano de El Niño, ocorreram tanto o maior total de precipitação como o maior número de dias com chuva (165 dias) para esta localidade.

Em Ponta Grossa, os anos de 1983 e 1993 foram anos com elevado total pluviométrico e número de dias com chuva. Os anos de 1959 e 1968 apresentaram reduzidos totais pluviométricos e baixo número de dias com chuva. Vê-se claramente no gráfico que, de 1956 até 1971, o número de dias com chuva ficou sempre abaixo da média, sendo que a partir daí foram poucos os anos em que o total de dias chuvosos não ficou acima da média.

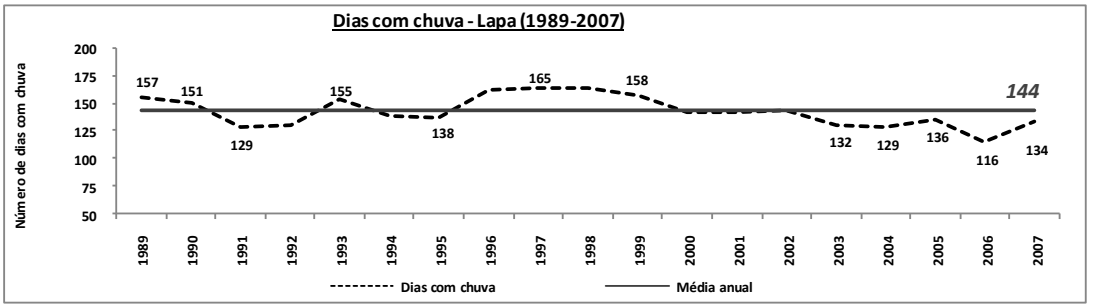


Figura 6 – Totais anuais e média histórica anual de dias com chuva na Lapa (1989-2007).

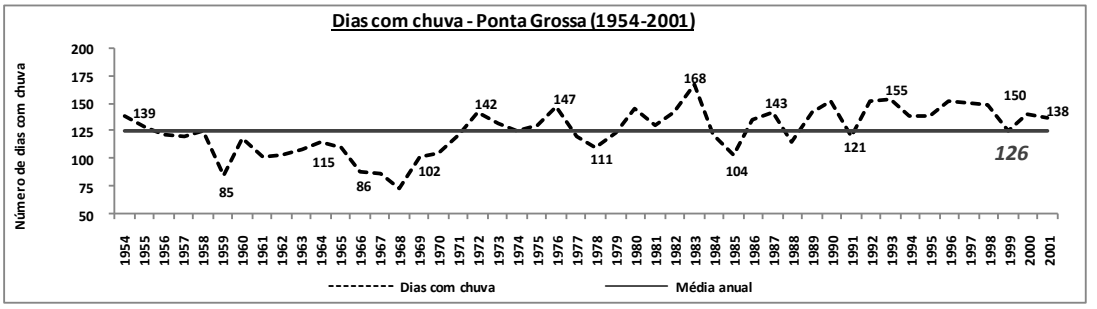


Figura 7 – Totais anuais e média histórica anual de dias com chuva em Ponta Grossa (1954-2001).

A chuva nas três localidades analisadas é bem distribuída durante todo o ano, não sendo observados meses muito secos. De qualquer modo, como se pode observar na Figura 8, é possível distinguir dois períodos em que o comportamento da chuva é diferenciado durante o ano: um período mais chuvoso que começa em setembro e termina em março e um período menos chuvoso que vai de abril a agosto. A Figura 8 mostra ainda que janeiro foi o mês mais chuvoso nas séries estudadas nos três municípios (média de 180,3 mm em Fernandes Pinheiro, 202 mm na Lapa e 185,4 mm em Ponta Grossa) e o mês menos chuvoso foi agosto (média de 78,8 mm em Fernandes Pinheiro, 82,3 mm na Lapa e 78,9 mm em Ponta Grossa). Esse comportamento mensal da chuva

pode ser explicado pela atividade de diversas massas que atuam na região e que serão explicitadas mais adiante.

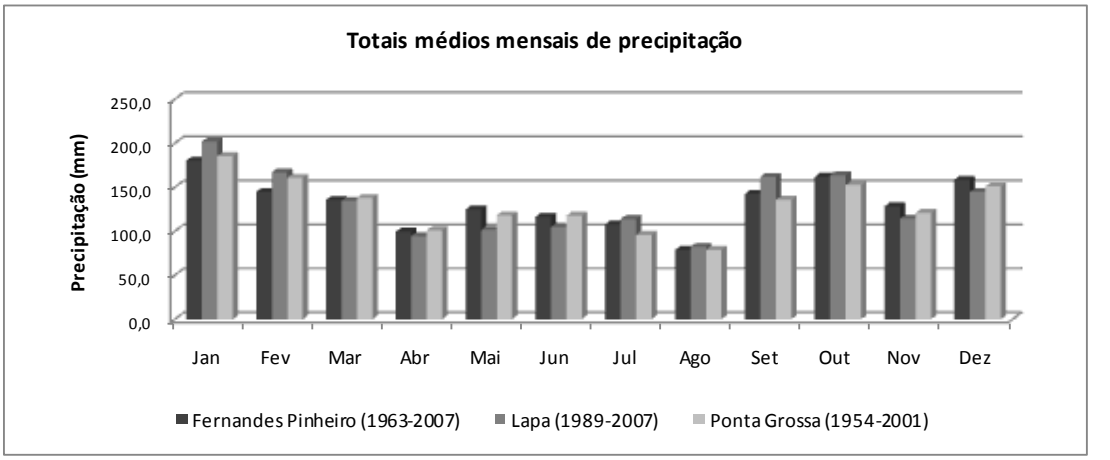


Figura 8 – Totais médios mensais de precipitação em Fernandes Pinheiro (1963-2007), Lapa (1989-2007) e Ponta Grossa (1954-2001).

Em trabalho realizado por Pereira *et al.* (2008) determinando o início e término da estação chuvosa no Paraná, os municípios de Fernandes Pinheiro, Lapa e Ponta Grossa ficaram no mesmo intervalo de duração da estação chuvosa (170 a 180 dias), que deve ocorrer entre fim de agosto e começo de abril. Esses dados são semelhantes aos encontrados no presente trabalho.

O gráfico da figura 9 mostra as médias mensais de dias com chuva, o qual apresenta um contorno muito parecido com o gráfico da precipitação. O período entre setembro e março apresenta maiores médias de dias com chuva e também de alturas de precipitação, enquanto o período entre abril e agosto apresenta médias menores tanto de dias com chuva como de precipitação. Nas três localidades, janeiro é o mês com maior média de dias com chuva (16,2 dias em Fernandes Pinheiro; 16,6 na Lapa; e 15,3 em Ponta Grossa), enquanto o mês com menor média é agosto (8,3 dias em Fernandes Pinheiro; 7,6 na Lapa; e 6,9 em Ponta Grossa).

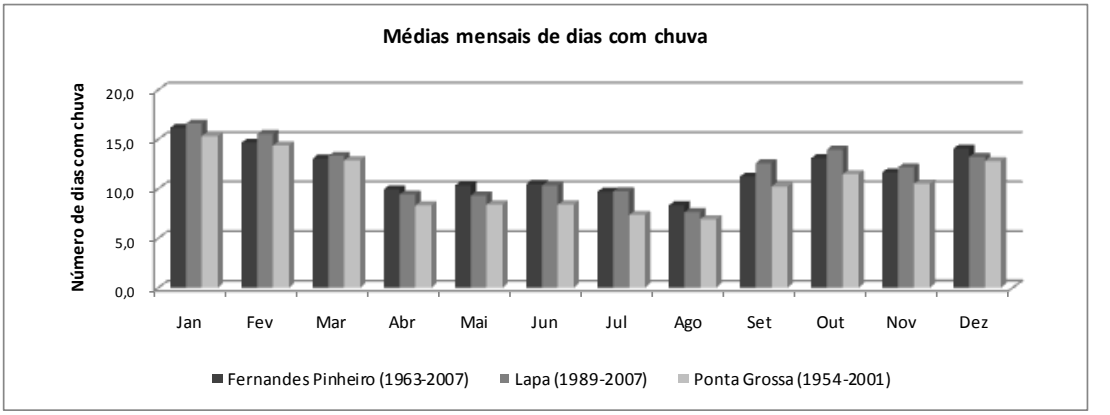


Figura 9 – Médias mensais de dias com chuva em Fernandes Pinheiro (1963-2007), Lapa (1989-2007) e Ponta Grossa (1954-2001).

Com relação ao número médio de dias com chuva e de dias com estiagem climatológica, a tabela 2 apresenta os dados trimestrais obtidos. Nota-se que Ponta Grossa apresenta os dados menos parecidos com os das outras duas localidades estudadas: suas médias de dias com chuva são sempre as menores, com destaque para as médias dos 2º e 3º trimestres e a anual, nas quais as diferenças em relação às outras localidades são ainda mais notáveis. Por outro lado, observa-se que Fernandes Pinheiro e a Lapa apresentam valores muito parecidos, de modo que suas médias se diferenciam por apenas um ou dois dias.

Tabela 2 – Médias trimestrais e anuais de dias com chuva e de dias sem chuva nas localidades estudadas.

	Fernandes Pinheiro (1963-2007)			***Lapa (1989-2007)***			***Ponta Grossa (1954-2001)***		
Médias	*Dias com chuva*	*Dias sem chuva*	*Diferença*	*Dias com chuva*	*Dias sem chuva*	*Diferença*	*Dias com chuva*	*Dias sem chuva*	*Diferença*
1º	44	46	02	45	45	00	42	47	05
2º	31	60	29	29	62	33	25	65	40
3º	29	63	34	30	62	32	24	68	44
4º	39	53	14	39	53	14	35	57	22
Anual	143	222	79	143	222	79	126	237	111

Vê-se que Ponta Grossa foi o município com a menor média anual de dias com chuva (126 dias), enquanto Fernandes Pinheiro e Lapa apresentaram médias iguais (143 dias com chuva por ano). Do mesmo modo, as médias anuais de dias com estiagem climatológica em Fernandes Pinheiro e Lapa foram iguais (222 dias), enquanto a média de Ponta Grossa foi maior (237 dias sem chuva por ano). Percebe-se, então, nesse caso, que o comportamento da chuva foi um pouco mais diferenciado em Ponta Grossa se for comparado com as outras duas localidades: menor número anual de dias com chuva, com consequente número maior de dias sem chuva.

Com relação ao comportamento trimestral, é possível observar que o 1º trimestre foi o que apresentou a maior média de dias com chuva nas três localidades. Já os 2º e 3º trimestres foram os que apresentaram as menores médias de dias com chuva. No 4º trimestre, essa média ficou em posição intermediária. Esse comportamento diferenciado entre os trimestres pode ser explicado pelo fato de o Estado do Paraná ser atravessado pelo Trópico de Capricórnio, sendo caracterizado pela transição climática e apresentando duas estações bem definidas: verão quente e úmido e inverno brando pouco chuvoso (BORSATO; SOUZA FILHO, 2008). A Massa Tropical Marítima (mTm), quente e úmida, pode explicar o fato de o verão ser chuvoso nas localidades estudadas, pois predomina no verão, provocando chuvas abundantes. A Massa Tropical Continental (mTc) também é quente e úmida no verão e provoca do mesmo modo aguaceiros nessa estação. Por sua vez, para justificar a baixa pluviosidade do inverno, a Massa Polar com deslocamento continental (mPc), que predomina no outono e no inverno, provoca estabilidade atmosférica, pois não adquire

umidade ao longo de seu trajeto; a mTc é seca no inverno em sua origem e também não adquire umidade enquanto se desloca, igualmente contribuindo para que o inverno seja pouco chuvoso (NIMER, 1979).

Para a obtenção da distribuição de frequência da intensidade da precipitação pluvial em cada mês nas três localidades estudadas, foi empregada a classificação obtida por Calvetti *et al.* (2006).

Em Fernandes Pinheiro, a classe de chuvisco foi a mais frequente nos 8 primeiros meses do ano, variando de 33,15% em janeiro a 42,46% em junho. De abril a agosto, esse intervalo ficou sempre acima dos 40% de frequência. De setembro a dezembro, o intervalo mais frequente foi o de chuva fraca, indo de 29,31% em setembro a 34,34% em dezembro.

Na Lapa, a classe de chuvisco foi a mais frequente em todos os meses, com exceção de janeiro, em que o intervalo mais frequente foi o de chuva fraca (31,42%).

Em Ponta Grossa, a classe com mais frequência durante 10 meses foi a de chuva fraca, incluindo nessa contagem o mês de maio, em que chuvisco e chuva fraca se igualaram com 29,11% de frequência cada. No mês de outubro, a classe mais frequente foi a de chuva moderada (29,76%). Na verdade, neste município os intervalos de chuvisco, chuva fraca e chuva moderada tiveram frequência sempre maior que 22% em todos os meses, caracterizando um comportamento equilibrado.

Tabela 3 – Distribuição frequencial (%) dos intervalos de intensidade de precipitação (mm) em Fernandes Pinheiro, Lapa e Ponta Grossa.

CIP	Chuvisco			Chuva fraca			Chuva moderada			Chuva forte			Chuva extrema		
IP (mm)	0,1 |-- 2,5			2,5 |-- 10			10 |-- 25			25 |-- 50			> 50		
Mun.	FP	LP	PG	FP	LP	PG	FP	LP	PG	FP	LP	PG	FP	LP	PG
Jan	33,15	27,94	28,47	30,12	31,43	31,11	24,62	26,67	25,42	8,94	10,79	11,94	3,16	3,17	3,06
Fev	36,12	35,59	28,11	32,17	32,88	32,25	20,33	18,64	26,18	9,10	9,83	12,28	2,28	3,05	1,18
Mar	35,26	33,99	31,23	30,83	32,02	33,66	22,32	23,72	23,14	9,03	7,11	9,55	2,56	3,16	2,43
Abr	41,16	38,55	30,08	26,85	30,73	27,57	19,02	17,32	25,81	10,51	11,73	14,79	2,46	1,68	1,75
Mai	41,72	41,24	29,11	24,73	28,25	29,11	19,14	16,38	24,05	8,82	10,73	12,15	5,59	3,39	5,57
Jun	42,46	46,43	26,73	22,72	20,41	29,46	19,32	18,88	25,50	11,68	12,24	13,37	3,82	2,04	4,95
Jul	40,60	34,59	25,78	24,54	26,49	33,14	21,56	21,62	24,65	9,86	13,51	12,46	3,44	3,78	3,97
Ago	40,11	36,55	27,11	28,88	29,66	32,23	20,32	17,93	26,51	9,09	13,79	12,35	1,60	2,07	1,81
Set	29,11	31,38	22,45	29,31	27,62	33,06	25,15	23,43	26,94	12,87	14,23	14,29	3,56	3,35	3,27
Out	28,86	33,58	24,86	30,56	27,55	28,49	23,26	24,15	29,76	14,94	13,21	13,97	2,38	1,51	2,90
Nov	30,15	38,10	26,79	33,21	29,44	32,14	23,66	21,21	30,16	10,69	10,39	8,73	2,29	0,87	2,18
Dez	28,96	34,26	28,34	34,34	24,70	31,76	23,26	27,09	26,87	11,08	13,15	9,77	2,37	0,80	3,26

CIP = Classificação de intensidade de precipitação
IP = Intervalo de precipitação

O intervalo de chuva forte apresentou frequências que variaram de 7,11% (março na Lapa) a 14,94% (outubro em Fernandes Pinheiro).

O intervalo de chuva extrema engloba todas as ocorrências com mais 50 mm, incluindo os eventos muito extremos (raros) de precipitação. Em Fernandes Pinheiro e em Ponta Grossa, esse intervalo passou dos 5% de frequência no mês de maio (5,59% e 5,57%, respectivamente). Já a Lapa foi a única localidade que apresentou frequência menor que 1% desta classe (0,87% em novembro e 0,80% em dezembro).

Silva & Guetter (2003), analisando a série temporal de precipitação para o município de Piraquara (PR), evidenciaram um aumento de ocorrências de totais diários de chuva acima de 40 mm, a partir de 1970, sugerindo um aumento da frequência de eventos extremos no Estado do Paraná.

Questões relacionadas ao impacto ambiental decorrente de chuvas intensas têm sido motivo de grande preocupação para técnicos e administradores ligados ao planejamento e à ocupação do espaço geográfico, seja ele rural ou urbano. No meio rural, tal questão se aplica principalmente na agricultura, em áreas onde a drenagem superficial é prática indispensável, visando à conservação do solo. Assim, o conhecimento da distribuição temporal das precipitações é muito importante para orientar decisões quanto às medidas necessárias para minimizar os danos por elas ocasionados, servindo, ainda, para subsidiar o dimensionamento de terraços e canais (PICCININI, 1994).

Como exemplo, pode-se ressaltar que o excesso de chuvas, associado a altas temperaturas, frequentemente ocasiona verdadeiro desastre na produção de sementes de soja, as quais apresentam deterioração fisiológica devido à flutuação do teor de umidade (HENNING; FRANÇA NETO, 1980). A escolha da época de semeadura da soja destaca-se no controle da deficiência hídrica, pois pode ser ajustada para evitar períodos de baixa precipitação durante estádios críticos e fazer coincidir as etapas de florescimento e fixação de legumes com períodos favoráveis de disponibilidade hídrica (CUNHA *et al.*, 2001).

Para culturas como o milho, do período do florescimento até o início de formação de grãos, somente a chuva e/ou a irrigação podem manter a produtividade de grãos em níveis elevados, se não houver limitações por outros fatores (BERGAMASCHI *et al.*, 2004). Nesse sentido, Castro Neto *et al.* (1980) também relataram que a ocorrência dos veranicos pode ser extremamente prejudicial para a agricultura, principalmente se os mesmos ocorrerem nos períodos nos quais as plantas tenham maior necessidade de água, ou seja, em períodos críticos, tais como floração e frutificação.

A tabela 4 apresenta os resultados da probabilidade de ocorrência (Pr), em %, e do período de retorno (T), em anos, de totais diários de precipitação, para cada mês do ano, em cada município avaliado. A tabela deve ser lida da seguinte maneira: no caso do primeiro resultado apresentado, a probabilidade de ocorrência de um total diário de precipitação igual ou superior a 2,5 mm no mês de janeiro em Fernandes Pinheiro é de 66,85%, a qual deverá ocorrer, em média, a cada 1,5 ano, ou seja, não significa que um valor de chuva maior ou igual ao especificado ocorra a cada 1,5 ano, mas que o tempo médio decorrido entre a ocorrência do evento com valor igual ou superior ao especificado é de 1,5 ano.

O período de retorno é inversamente proporcional à probabilidade de ocorrência, ou seja, enquanto esta diminui, aquele aumenta.

Observa-se que para os três municípios o período de retorno para 2,5 mm nunca alcança 1,9 ano, tendo o menor valor ocorrido para Ponta Grossa (1,29 ano para o mês de setembro). Para o total diário de 10 mm, o período de

retorno varia entre 2 e 3 anos. Aliás, a localidade de Ponta Grossa é a que apresenta os menores períodos de retorno para estes dois totais diários de precipitação. O período de retorno para totais de precipitação iguais ou superiores a 25 mm em um dia varia entre 5 e 9 anos nos três municípios estudados.

Tabela 4 – Probabilidade de ocorrência (Pr), em %, e período de retorno (T), em anos, para totais diários de chuva em cada mês do ano em Fernandes Pinheiro (1963-2007), Lapa (1989-2007) e Ponta Grossa (1954-2001).

Mês		FERNANDES PINHEIRO				LAPA				PONTA GROSSA			
		Chuva diária acumulada (mm)				Chuva diária acumulada (mm)				Chuva diária acumulada (mm)			
		2,5	10	25	50	2,5	10	25	50	2,5	10	25	50
Jan	Pr (%)	0,6685	0,3673	0,1210	0,0316	0,7206	0,4063	0,1397	0,0317	0,7153	0,4042	0,1500	0,0306
	T(anos)	1,50	2,72	8,26	31,61	1,39	2,46	7,16	31,50	1,40	2,47	6,67	32,73
Fev	Pr (%)	0,6388	0,3171	0,1138	0,0228	0,6441	0,3153	0,1288	0,0305	0,7189	0,3964	0,1346	0,0118
	T(anos)	1,57	3,15	8,79	43,93	1,55	3,17	7,76	32,78	1,39	2,52	7,43	84,50
Mar	Pr (%)	0,6474	0,3390	0,1158	0,0256	0,6601	0,3399	0,1028	0,0316	0,6877	0,3511	0,1197	0,0243
	T(anos)	1,54	2,95	8,63	39,13	1,51	2,94	9,73	31,63	1,45	2,85	8,35	41,20
Abr	Pr (%)	0,5884	0,3199	0,1298	0,0246	0,6145	0,3073	0,1341	0,0168	0,6992	0,4236	0,1654	0,0175
	T(anos)	1,70	3,13	7,71	40,64	1,63	3,25	7,46	59,67	1,43	2,36	6,05	57,00
Mai	Pr (%)	0,5828	0,3355	0,1441	0,0559	0,5876	0,3051	0,1412	0,0339	0,7089	0,4177	0,1772	0,0557
	T(anos)	1,72	2,98	6,94	17,88	1,70	3,28	7,08	29,50	1,41	2,39	5,64	17,95
Jun	Pr (%)	0,5754	0,3482	0,1550	0,0382	0,5357	0,3316	0,1429	0,0204	0,7327	0,4381	0,1832	0,0495
	T(anos)	1,74	2,87	6,45	26,17	1,87	3,02	7,00	49,00	1,36	2,28	5,46	20,20
Jul	Pr (%)	0,5940	0,3486	0,1330	0,0344	0,6541	0,3892	0,1730	0,0378	0,7422	0,4108	0,1643	0,0397
	T(anos)	1,68	2,87	7,52	29,07	1,53	2,57	5,78	26,43	1,35	2,43	6,09	25,21
Ago	Pr (%)	0,5989	0,3102	0,1070	0,0160	0,6345	0,3379	0,1586	0,0207	0,7289	0,4066	0,1416	0,0181
	T(anos)	1,67	3,22	9,35	62,33	1,58	2,96	6,30	48,33	1,37	2,46	7,06	55,33
Set	Pr (%)	0,7089	0,4158	0,1644	0,0356	0,6862	0,4100	0,1757	0,0335	0,7755	0,4449	0,1755	0,0327
	T(anos)	1,41	2,40	6,08	28,06	1,46	2,44	5,69	29,87	1,29	2,25	5,70	30,62
Out	Pr (%)	0,7114	0,4058	0,1732	0,0238	0,6642	0,3887	0,1472	0,0151	0,7514	0,4664	0,1688	0,0290
	T(anos)	1,41	2,46	5,77	42,07	1,51	2,57	6,79	66,25	1,33	2,14	5,92	34,44
Nov	Pr (%)	0,6985	0,3664	0,1298	0,0229	0,6190	0,3247	0,1126	0,0087	0,7321	0,4107	0,1091	0,0218
	T(anos)	1,43	2,73	7,71	43,67	1,62	3,08	8,88	115,50	1,37	2,43	9,16	45,82
Dez	Pr (%)	0,7104	0,3671	0,1345	0,0237	0,6574	0,4104	0,1394	0,0080	0,7166	0,3990	0,1303	0,0326
	T(anos)	1,41	2,72	7,44	42,13	1,52	2,44	7,17	125,50	1,40	2,51	7,68	30,70

Para totais iguais ou superiores a 50 mm num dia, o período de retorno pode variar, em média, de 17 até 62 anos, dependendo do mês, em Fernandes Pinheiro; de 26 até 125 anos na Lapa; e de 17 até 84 anos em Ponta Grossa. A elevada amplitude observada para esta categoria deve-se ao fato da mesma incluir eventos extremos raros, nas três localidades, o que acaba fazendo com que o período de retorno estimado para tais eventos seja bem superior. No entanto, os reduzidos valores de probabilidade de ocorrência, em especial para chuvas extremas, devem ser avaliados cuidadosamente, principalmente em função do destino de tais informações.

Silva & Guetter (2003), em estudo sobre as mudanças climáticas observadas no Estado do Paraná, analisaram o período de retorno da chuva

para o município de União da Vitória (PR) e verificaram que a consideração de observações recentes, decorrentes de mudanças climáticas e com maior intensidade, leva à maior precisão nas estimativas de precipitação.

Ainda quanto à utilização das informações do período de retorno, este é necessário para a construção de obras hidráulicas de vários portes e finalidades (como galerias pluviais, sistemas de drenagem e vertedouros de barragem), a fim de garantir a segurança de populações ou áreas a jusante de onde serão construídas, já que o princípio envolvido é o de eventos climatológicos extremos. Nesse contexto, a escolha da chuva crítica ou extrema para fins de dimensionamento racional de obras, obtido com base em fatores econômicos, é um dos fatores limitantes para a execução da obra (SCHWAB *et al.*, 1966; LONGO; SAMPAIO; SUSZEK, 2006).

CONCLUSÕES

A chuva mostrou-se bem distribuída durante todo o ano nos municípios de Fernandes Pinheiro, Lapa e Ponta Grossa. Os totais médios anuais de precipitação nas três localidades analisadas foram relativamente próximos, com amplitude total menor que 40 mm entre a maior e a menor média. A análise temporal das séries para os totais anuais de precipitação revelou a existência de uma tendência positiva para o município de Ponta Grossa durante o período analisado. Janeiro foi o mês mais chuvoso e com maior média de dias com chuva nas séries estudadas e agosto, o mês menos chuvoso e com menor número médio de dias com chuva. A classe de chuvisco (menor que 2,5 mm) foi a mais frequente em 8 meses em Fernandes Pinheiro e em 11 meses na Lapa, enquanto em Ponta Grossa, a classe mais frequente em 10 meses foi a de chuva fraca (entre 2,5 e 10,0 mm). Em Fernandes Pinheiro e Ponta Grossa, o intervalo de chuva extrema (maior que 50 mm) passou dos 5% de probabilidade no mês de maio, enquanto o município da Lapa apresentou probabilidades de ocorrência menores nesta classe, apresentando valores inferiores a 1% nos meses de novembro e dezembro. De uma maneira geral, o período de retorno para totais de precipitação de 2,5 mm ou mais em 24 horas não chega a 2 anos, enquanto para 50 mm ou mais, pode demorar em média de 17 até 125 anos, dependendo do mês e do município.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR), pela cessão dos dados climáticos das localidades analisadas, e à SETI - Fundação Araucária, pelo apoio à pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSIS, F.N.; ARRUDA, H.V.; PEREIRA, A.R. *Aplicações de estatística à Climatologia: teoria e prática.* Pelotas, Ed. Universitária/UFPel. 1996, 161p.

BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G. A.; BERGONCI, J. I.; BIANCHI, C. A. M.; MÜLLER, A. G.; COMIRAN, F.; HECKLER, B. M. M. Distribuição hídrica no período crítico do milho e produção de grãos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 39, n. 9, p. 831-839, set. 2004.

BERLATO, M. A.; FONTANA, D. C. *El Niño e La Niña: impactos no clima, na vegetação e na agricultura do Rio Grande do Sul; aplicações de previsões climáticas na agricultura*. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2003, 110p.

BORSATO, V. A.; SOUZA FILHO, E. E. A dinâmica atmosférica na vertente oriental da bacia do alto rio Paraná e a gênese das chuvas. *Acta Scientiarum. Technology*, Maringá, v. 30, n. 2, p. 221-229, 2008.

CALVETTI, L.; BENETI, C.; GONÇALVES, J. E.; MOREIRA, I. A.; DUQUIA, C.; BREDA, A.; ALVES, T. A. Definição de classes de precipitação para utilização em previsões por categoria e hidrológica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 14., 2006, Florianópolis. *Anais...* Florianópolis: SBMet, 2006.

CARVALHO, M. P. *Erosividade da chuva: distribuição e correlação com as perdas de solo de Mococa (SP)*. Piracicaba, 1987, 104 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1987.

CASTRO NETO, P.; SEDIYAMA, G. C.; VILELA, E. A. Probabilidade de ocorrência de períodos secos em Lavras, Minas Gerais. *Ciência e Prática*, Lavras, v. 4, n. 1, p. 46-65, 1980.

CUNHA, G. R.; BARNI, N. A.; HAAS, J. C.; MALUF, J. R. T.; MATZENAUER, R.; PASINATO, A.; PIMENTEL, M. B. M.; PIRES, J. L. F. Zoneamento agrícola e época de semeadura para soja no Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Passo Fundo, v. 9, n. 3 (Nº Especial: Zoneamento Agrícola), p. 446-459, 2001.

ELTZ, F. L. F.; REICHERT, J. M.; CASSOL, E. A. Período de retorno de chuvas em Santa Maria, RS. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 16, p. 265-269, 1992.

FOLHES, M. T.; FISCH, G. Caracterização climática e estudo de tendências nas séries temporais de temperatura do ar e precipitação em Taubaté (SP). *Revista Ambiente e Água*, Taubaté, v. 1, n. 1, p. 61-71, 2006.

HENNING, A. A.; FRANÇA NETO, J. B. Problemas na avaliação da germinação de sementes de soja com alta incidência de Phomopsis sp. *Revista Brasileira de Sementes*, Pelotas, v. 2, n. 3, p. 09-22, 1980.

LONGO, A. J.; SAMPAIO, S. C.; SUSZEK, M. Equação de chuvas intensas e precipitação provável para o município de Cascavel, PR. *Varia Scientia*, Cascavel, v. 6, n. 11, p. 119-127, ago 2006.

MAACK, R. *Geografia física do Estado do Paraná*. 2. ed. Rio de Janeiro: J. Olympio; Curitiba: Secretaria da Cultura e do Esporte do Governo do Estado do Paraná, 1981. 450 p.

MORAES, B. C.; COSTA, J. M. N.; COSTA, A. C. L.; COSTA, M. H. Variação espacial e temporal da precipitação no estado do Pará. *Acta Amazonica*, Manaus, v. 35, n. 2, p. 207-214, 2005.

NIMER, E. *Climatologia do Brasil.* Rio de Janeiro: IBGE, 1979, 422 p.

PEREIRA, L. M. P.; CARAMORI, P. H.; RICCE, W. S.; SILVA, D. A. B.; CAVIGLIONE, J. H. Determinação do início e término da estação chuvosa no Estado do Paraná. *Revista Geografar*, Curitiba, v. 3, n. 2, p. 01-12, jul/dez 2008.

PICCININI, M. R. D. *Distribuições de probabilidade de precipitação de intensidade máxima para Piracicaba, SP*. Piracicaba, 1993. 81 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1994.

SALGADO, C. M.; SILVA, T. C.; SOUZA, G. C. A.; FREITAS, H. C. Caracterização temporal e espacial da precipitação no entorno do município de São Gonçalo (RJ) considerando a série histórica de 1968 a 2002. *Sociedade & Natureza*, Uberlândia, v. 19, n. 1, p. 19-31, jun. 2007.

SAMPAIO, S.C.; QUEIROZ, M.M.F.; FRIGO, E.P.; LONGO, A.J.; SUSZEK, M. Estimativa e distribuição de precipitações decendiais para o estado do Paraná. *Irriga*, Botucatu, v. 12, n. 1, p. 38 – 57, mar 2007.

SANTOS, A. C.; ANDRADE, A. P.; LIMA, J. R. S.; SILVA, I. F.; CAVALCANTE, V. R. Variabilidade temporal da precipitação pluvial: nível de nitrogênio no solo e produtividade de cultivares de girassol. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 32, n. 5, p. 757-764, 2002.

SCHWAB, G. O.; FREVERT, R. K.; DMINSTER, T. W.; BARNES, K. K. *Soil and water conservation engineering.* 2. ed. New York: John Wiley, 1966. 683 p. (The Fergunson Foundation Agricultural Engineering Series)

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, maio/jun 2003.

SILVA, M. E. S.; GUETTER, A. K. Mudanças climáticas regionais observadas no estado do Paraná. *Terra Livre*, São Paulo, v. 1, n. 20, p. 111-126, jan/jul 2003.