

CLIMATOLOGIA DO COMPORTAMENTO DA PRECIPITAÇÃO NO DISTRITO FLORESTAL DE MONTE ALEGRE, PR, BRASIL

José Renato Soares Nunes¹, Antonio Carlos Batista¹, Ronaldo Viana Soares¹,
Ivone Satsuki Namikawa Fier³, Carlos César Santos⁴

¹Eng. Florestal, Dr., Depto. de Ciências Florestais, UFPR, Curitiba, PR, Brasil - batistaufpr@ufpr.br - rvsoares@ufpr.br

²Eng. Florestal, M.Sc., Klabin S.A., Telêmaco Borba, PR, Brasil - namikawa@klabin.com.br

³Técnico Florestal, Klabin S.A., Telêmaco Borba, PR, Brasil - carloscesar@klabin.com.br

Recebido para publicação: 24/09/2008 – Aceito para publicação: 12/02/2009

Resumo

Este trabalho foi desenvolvido a partir de dados meteorológicos de precipitação mensal e número de dias de chuva no período de 1947 a 2005. Foi realizado um estudo do comportamento da precipitação na região do Distrito Florestal de Monte Alegre, verificando sua variação ao longo do tempo. Foram analisados a precipitação média mensal, o número de dias de chuva e a precipitação média por dia de chuva (mm) em termos de seus valores médios, mínimos e máximos e desvio padrão, para o período de 1947 a 2005. Esses dados foram agrupados em períodos de 10 anos, tendo sido feito um estudo da evolução da precipitação para esses períodos. Observou-se um aumento no número de dias de chuva por ano, a partir da década 1947–1956 para a década 1997–2005. Para a década de 1947–1956, o número médio de dias de chuva foi 96,6 dias. Na década seguinte (1957–1966), esse valor caiu para 90,2 dias. Na década de 1987–1996 foi de 108,6, e na década de 1997–2005 esse valor foi de 108,1. Os resultados indicam um crescimento de 11,5 dias anuais de precipitação.

Palavras-chave: Climatologia; mudanças globais; índices de perigo de incêndios.

Abstract

Climatology of the precipitation behavior in the forest district of Monte Alegre, Paraná. This study was developed utilizing meteorological data of precipitation intensity and number of days of precipitation from 1947 to 2005. Was realized a study of the precipitation in the region, verifying the variation belong the time in the Forest District of Monte Alegre. Were analyzed the intensity of precipitation, number of days of rain and the mean rain per rain-day (mm) in terms of its average, minimum and maximum values and standard deviation, for the period of 1947 to 2005. Later, these data had been grouped in periods of 10 years, having been made a study of the evolution of the precipitation for these periods. A growth in the number of rainy days per year was observed, from decade 1947-1956 for decade 1997-2005. For the decade of 1947-1956 the average number of rainy days was 96,6 days. In the following decade (1957-1966) this value fell for 90,2 days, in the decade of 1987-1996, this value was of 108,6 in the decade of 1997-2005, this value was of 108,1. The results indicate a growth of 11,5 days annual of precipitation.

Keywords: Climatology; global changes; fire danger indices.

INTRODUÇÃO

A possibilidade de ocorrência, a frequência e o potencial de propagação dos incêndios florestais estão fortemente relacionados às condições atmosféricas locais. O conhecimento das variáveis meteorológicas é de grande importância para a prevenção e combate aos incêndios florestais. Através do estudo dessas variáveis, pode-se prever os períodos de maior probabilidade de ocorrência de incêndios, possibilitando a adoção de medidas que visem a prevenção e a diminuição dos danos causados pelo fogo.

Apesar de ser um fator limitante tanto na ignição como na propagação de incêndios, o efeito da precipitação muitas vezes é subestimado, talvez pela grande evidência de sua influência sobre o fogo. A ocorrência dos incêndios está sempre associada a bom tempo. Existe uma forte correlação entre ocorrência de grandes incêndios e prolongados períodos de seca. Longos períodos de estiagem afetam o

potencial de propagação dos incêndios de diversas maneiras, principalmente pela secagem progressiva do material combustível morto, podendo inclusive afetar o teor de umidade da vegetação verde. Isso aumenta a probabilidade de ignição e a facilidade de propagação do incêndio (LOWE, 2001; SOARES; BATISTA, 2007).

A ocorrência de precipitação é fator fundamental na redução do potencial de ocorrência e propagação dos incêndios até mesmo a zero, dependendo da quantidade de água precipitada. No entanto, condições críticas de inflamabilidade não são revertidas facilmente. Combustíveis florestais extremamente secos podem ser umedecidos superficialmente por uma chuva matinal e secarem rapidamente, tornando-se novamente inflamáveis durante a tarde (SCHROEDER; BUCK, 1970; PYNE, 1984; SOARES; BATISTA, 2007).

Ao se avaliar o efeito da precipitação sobre o potencial de propagação do fogo em uma região, deve-se levar em consideração não apenas a quantidade de chuva, mas também sua distribuição estacional. Duas regiões com a mesma precipitação total anual podem apresentar características completamente diferentes com relação ao risco de incêndios. Se a distribuição da chuva é uniforme durante todo o ano, sem uma estação seca definida, o potencial de ocorrência e propagação de incêndios é bem menor do que, por exemplo, uma região em que a estação chuvosa seja concentrada em alguns meses, com longos períodos de estiagem durante outros meses. A distribuição da precipitação é, portanto, fator fundamental na definição do início, término e duração das estações de alto potencial de incêndio (SCHROEDER; BUCK, 1970; PYNE, 1984; SOARES; BATISTA, 2007).

O índice de perigo de incêndios “Fórmula de Monte de Alegre”, desenvolvido por Soares em 1972 e posteriormente aperfeiçoado por Nunes (2005), tem sido empregado em diversas regiões do Brasil e em outros países, mostrando-se eficiente na previsão de risco de incêndios. No entanto, como o índice utiliza a precipitação no cálculo do índice diário, é fundamental conhecer o comportamento da precipitação ao longo do tempo em determinado local para estabelecer os ajustes necessários para que o índice possa refletir com maior eficiência o grau de perigo diário de incêndios (NUNES; SOARES; BATISTA, 2007).

A importância deste trabalho está diretamente ligada às características do Distrito Florestal de Monte Alegre, cujo território é ocupado em boa parte pelo setor florestal e cujo clima oferece condições de ocorrência de incêndios florestais, assim como aos prejuízos econômicos que podem ser evitados com a prevenção de eventos dessa natureza. O conhecimento do comportamento da precipitação ao longo do tempo possibilita um aperfeiçoamento dos procedimentos e metodologias de previsão de risco de incêndios para essa região, aumentando a eficiência nas atividades de prevenção e pré-supressão de incêndios florestais.

O objetivo deste trabalho foi estudar a climatologia do comportamento da precipitação no Distrito Florestal de Monte Alegre, município de Telêmaco Borba, região central do estado do Paraná, onde se localiza a Fazenda Monte Alegre, de propriedade da Klabin S.A.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da área de estudo

Para o desenvolvimento deste estudo, foram utilizados dados do Distrito Florestal de Monte Alegre fornecidos pela Klabin S.A. O distrito está localizado no município de Telêmaco Borba, a 24°08' de latitude sul e 50°30' de longitude oeste, com altitude variando de 750 a 868 m. A figura 1 mostra a localização do município de Telêmaco Borba no estado do Paraná, onde se localiza o Distrito Florestal de Monte Alegre.

Informações sobre o clima

O clima da região de Telêmaco Borba, segundo a classificação de Köppen (TREWARTHA; HORN, 1980), é Cfa/Cfb, subtropical úmido transicional para temperado propriamente dito, com temperatura média do mês mais frio inferior a 16 °C, com ocorrência de geadas, e temperatura média do mês mais quente superior a 22 °C.

Obtenção dos dados de precipitação

A base de dados climatológicos usados neste trabalho foi fornecida pela Companhia Klabin do Paraná. Foram utilizados dados de precipitação mensal e número de dias de chuva no período de 1947 a 2005.



Figura 1. Localização do município de Telêmaco Borba no estado do Paraná.

Figure 1. Telêmaco Borba county localization in the Paraná state.

Precipitação mensal, número de dias de chuva e precipitação média por dia de chuva

Foram analisados a precipitação total mensal, o número de dias de chuva por ano e a precipitação média por dia de chuva em termos de seus valores médios, mínimos e máximos e desvio padrão para o período de 1947 a 2005. Para obtenção das variáveis “número de dias de chuva por ano” e “precipitação média por dia de chuva”, utilizaram-se os procedimentos propostos por Hess, Stephens; Maryah (1990) e Minuzzi, Sediyaama, Barbosa; Melo Júnior (2007).

Posteriormente, esses dados foram agrupados em períodos de 10 anos, tendo sido feito um estudo da precipitação para esses períodos. Foram analisados a precipitação mensal, o número de dias de chuva e a precipitação média por dia de chuva (mm).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Precipitação mensal

A tabela 1 apresenta os valores médios, mínimos e máximos e o coeficiente de variação das precipitações mensais de 1947 a 2005.

Tabela 1. Valores médios, mínimos e máximos (mm) e desvio padrão das precipitações mensais de 1947 a 2005.

Table 1. Mean, minimum and maximum values (mm) and standard deviation of monthly precipitation from 1947 to 2005.

Meses	Média	Mínimo	Máximo	Coefficiente de variação
Janeiro	193,0	53,2	399,2	42,9
Fevereiro	157,3	36,8	323,1	42,4
Março	114,6	1,0	330,8	48,5
Abril	94,1	0,0	285,1	60,1
Mai	120,7	2,7	429,6	78,6
Junho	105,2	2,2	318,3	67,1
Julho	82,7	0,7	286,2	73,3
Agosto	72,5	0,0	205,9	74,5
Setembro	134,0	8,6	332,2	58,8
Outubro	157,2	44,3	311,8	42,3
Novembro	127,1	9,5	402,2	52,1
Dezembro	166,0	58,8	391,5	41,4

Como se observa na tabela 1, o trimestre menos chuvoso compreende os meses de junho, julho e agosto, apresentando os menores valores médios mensais (260,4 mm para o trimestre). Os meses mais chuvosos são os meses de dezembro, janeiro e fevereiro, com médias de 166,0, 193,0 e 157,3 mm, respectivamente (516,3 mm para o trimestre). Comparando-se os resultados com as cartas climáticas do

estado do Paraná para a região estudada (IAPAR, 2008), observa-se que os valores obtidos para o trimestre mais seco estão um pouco acima do valor obtido através das observações das estações do IAPAR (entre 225 e 250 mm). Já para o trimestre mais chuvoso, os valores encontrados são similares aos das cartas climáticas do IAPAR (entre 500 e 600 mm). Convém ressaltar que a região estudada encontra-se em uma zona de transição entre os climas *cfa* e *cfb* (NUNES, 2007), o que provavelmente reflete em uma maior variabilidade dos elementos climáticos. Vale observar que nos meses mais secos existe uma maior dispersão, verificada pelos valores dos coeficientes de variação para aquele período.

A figura 2 ilustra graficamente o comportamento da precipitação em termos de médias mensais para o período estudado. Observa-se que, embora não exista uma estação seca definida, há uma variação importante na quantidade de precipitação ao longo do ano, já que 60,04% do total de chuva do ano concentram-se entre os meses de outubro e março, e o mês mais chuvoso, janeiro, apresenta 12,66% da chuva anual, enquanto agosto, o mês menos chuvoso, apresenta apenas 4,76% do total anual.

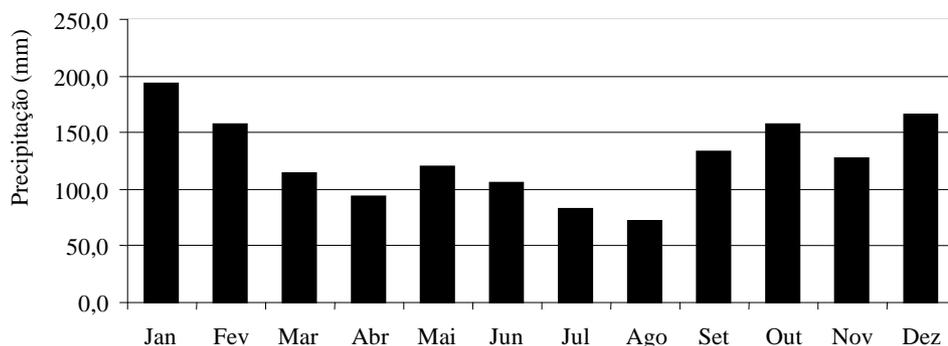


Figura 2. Valores médios das precipitações mensais de 1947 a 2005.

Figure 2. Mean values of monthly precipitation from 1947 to 2005.

Na figura 3 observa-se que os totais anuais de precipitação variam de 1008,9 a 2042,9 mm de chuva para o período de 1947 a 2005, com média de 1523,3 mm para todo o período. Esses valores estão dentro do intervalo de precipitação total média para a região, obtidos por observações realizadas nas estações meteorológicas do IAPAR (2008). No entanto, pode se verificar uma tendência de aumento da precipitação total anual ao longo do período analisado.

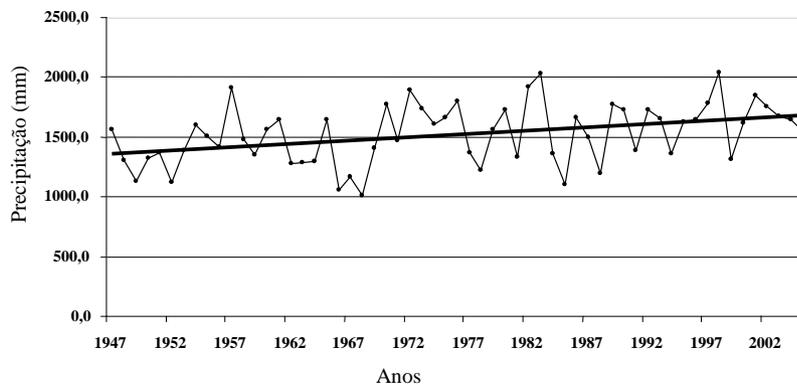


Figura 3. Precipitação anual de 1947 a 2005.

Figure 3. Annual precipitation from 1947 to 2005.

Número de dias de chuva

A tabela 2 apresenta os valores médios, mínimos e máximos e coeficientes de variação das precipitações mensais de 1947 a 2005. A figura 4 apresenta os valores médios mensais do número de dias de chuva de 1947 a 2005. A figura 5 apresenta os totais anuais do número de dias de chuva para o mesmo período.

Tabela 2. Valores médios, mínimos e máximos e desvio padrão do número de dias de chuva mensais de 1947 a 2005.

Table 2. Mean, minimum and maximum values and standard deviation of monthly raining days from 1947 to 2005.

Meses	Média	Mínimo	Máximo	Coefficiente de variação
Janeiro	13,0	5,0	23,0	30,7
Fevereiro	11,8	3,0	20,0	32,2
Março	9,3	1,0	20,0	36,5
Abril	6,0	0,0	13,0	45,0
Mai	6,5	1,0	15,0	56,9
Junho	6,3	1,0	16,0	50,8
Julho	5,2	1,0	12,0	50,0
Agosto	5,5	0,0	11,5	52,7
Setembro	7,9	2,0	15,0	39,2
Outubro	9,4	4,0	17,0	29,8
Novembro	8,4	2,0	19,0	38,1
Dezembro	10,9	5,0	19,0	29,3
Média	8,3	2,1	16,7	38,5

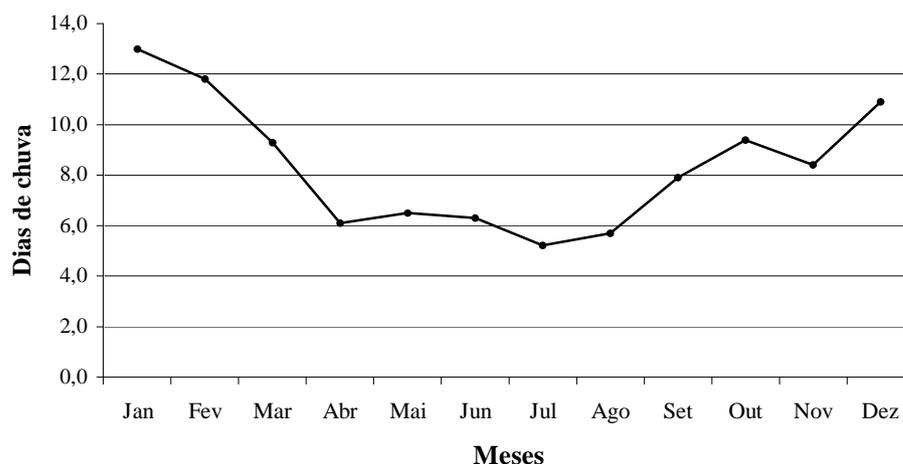


Figura 4. Médias mensais do número de dias de chuva de 1947 a 2005.

Figure 4. Mean values of monthly rainy days from 1947 to 2005.

Na tabela 2 e na figura 4 pode-se observar que os meses de julho e agosto apresentam o menor número médio de dias de chuva. Na tabela 2 e na figura 5 observa-se que a média mensal do número de dias de chuva varia de 2,1 a 16,7 dias para o período de 1947 a 2005, com média de 8,3 mm no período. Na figura 5, da mesma forma que a precipitação, existe uma tendência de aumento do número de dias de chuva ao longo do ano, o que levou a um estudo mais detalhado dessa tendência.

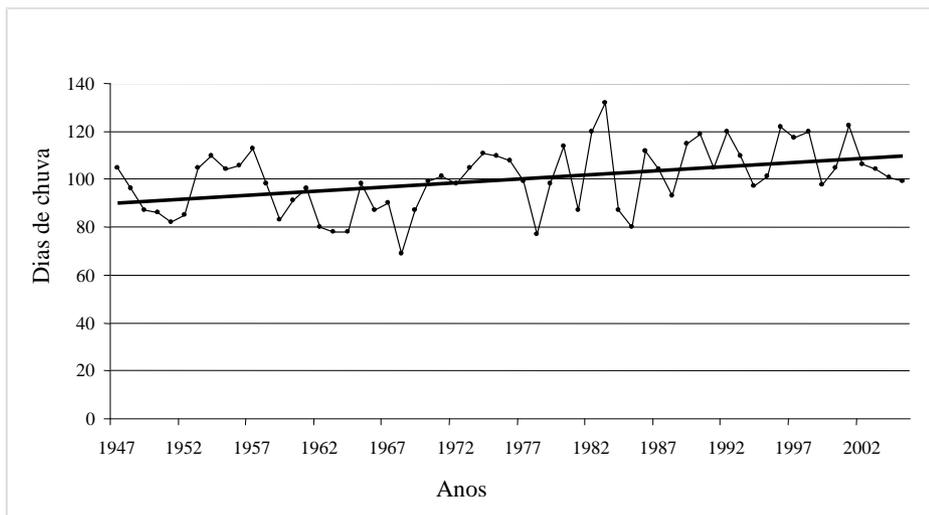


Figura 5. Número de dias de chuva de 1947 a 2005.
 Figure 5. Total annual rainy days from 1947 to 2005.

Precipitação média por dia de chuva (mm)

A tabela 3 apresenta os valores médios, mínimos e máximos e coeficiente de variação da precipitação média por dia de chuva no período de 1947 a 2005. A figura 6 apresenta os valores médios mensais da precipitação média por dia de chuva de 1947 a 2005. A figura 7 apresenta os valores anuais de precipitação média por dia de chuva para o mesmo período.

Tabela 3. Valores médios, mínimos e máximos (mm) e desvio padrão da precipitação média mensal por dia de chuva de 1947 a 2005.

Table 3. Mean, minimum and maximum values (mm) and standard deviation of the mean rain per rainy day from 1947 to 2005.

Meses	Média	Mínimo	Máximo	Coefficiente de variação
Janeiro	14,5	8,1	23,5	23,4
Fevereiro	13,2	7,4	21,5	26,5
Março	12,1	1,0	20,2	28,1
Abril	14,8	0,0	28,8	39,2
Maio	17,1	1,7	45,0	46,8
Junho	15,9	2,1	33,6	45,3
Julho	14,3	0,7	27,6	42,0
Agosto	11,3	0,0	25,7	51,3
Setembro	16,1	4,3	30,1	37,9
Outubro	16,7	7,3	30,2	32,3
Novembro	14,5	4,8	21,2	24,8
Dezembro	15,1	8,4	33,4	27,2
Média	14,6	3,8	28,4	35,6

Na tabela 3 e na figura 6 observa-se que os meses de fevereiro, março e agosto apresentam o menor valor de precipitação por dia de chuva. Na tabela 3 e na figura 7 observa-se que a média de precipitação por dia de chuva varia de 3,8 a 28,4 mm para o período de 1947 a 2005, com média de 14,6 mm no período. Observa-se também, na figura 7, uma tendência da precipitação média por dia de chuva manter-se constante ao longo do período analisado.

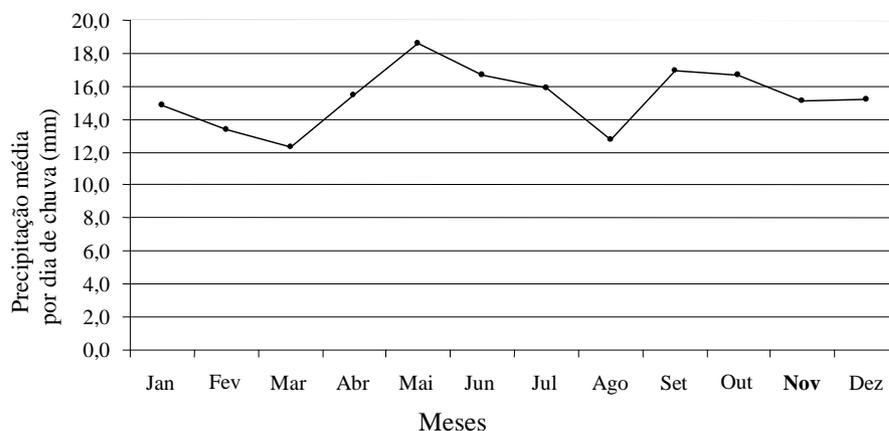


Figura 6. Precipitação média mensal por dia de chuva de 1947 a 2005.
 Figure 6. Monthly mean rain per rainy day from 1947 to 2005.

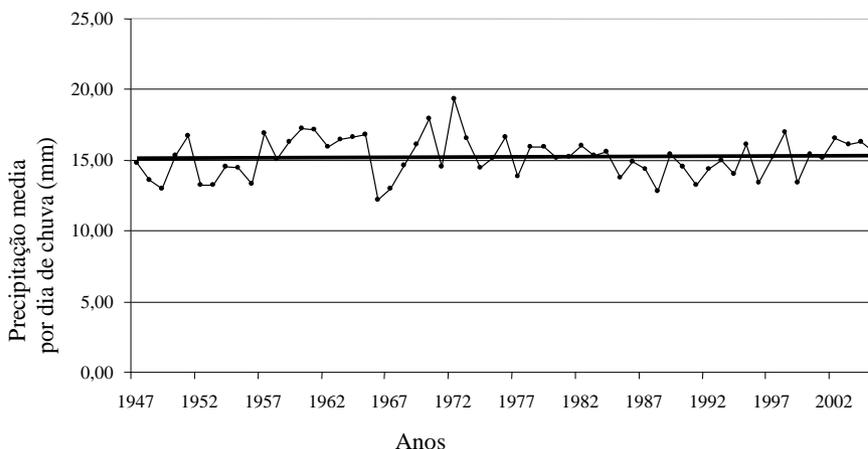


Figura 7. Precipitação média por dia de chuva de 1947 a 2005.
 Figure 7. Mean rain per rainy day from 1947 to 2005.

Evolução da precipitação total anual, do número de dias de chuva e da precipitação média por dia de chuva

Na tabela 4 e na figura 8 são apresentados os valores médios de precipitação para cada década, dentro do período estudado.

Como se pode observar, existe um crescimento no volume médio precipitado por ano, a partir da década 1947–1956 para a década 1997–2005. O menor valor observado é de 1371,7 mm de chuva para a década 1947–1956, e o maior é de 1678,4 mm de chuva para a década 1997–2005. Os resultados indicam um crescimento de 306,7 mm anuais no volume de precipitação, embora, pela análise de variância, não tenha sido detectada diferença estatística significativa.

Foi também estudado o comportamento da distribuição da precipitação, representada pelo número de dias de chuva que ocorrem por ano. Na tabela 5 e na figura 9 são apresentados os valores médios de número de dias de chuva para cada década, dentro do período estudado.

Tabela 4. Evolução da precipitação total anual média.

Table 4. Precipitation annual evolution.

Período	Precipitação total anual média (mm)
1947–1956	1371,7
1957–1966	1452,0
1967–1976	1553,0
1977–1986	1529,9
1987–1996	1558,4
1997–2005	1678,4

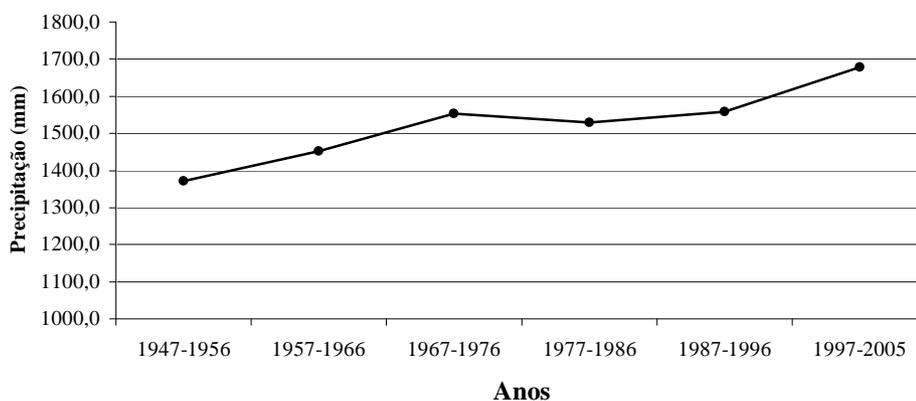


Figura 8. Evolução da precipitação total média anual.

Figure 8. Precipitation annual evolution.

Tabela 5. Evolução do número de dias de chuva.

Table 5. Total of rainy days evolution.

Período	Dias de chuva
1947–1956	96,6 ab
1957–1966	90,2 a
1967–1976	97,8 ab
1977–1986	100,6 ab
1987–1996	108,6 b
1997–2005	108,1 b

Como se pode observar, existe um crescimento no número de dias de chuva por ano, a partir da década 1947–1956 para a década 1997–2005. Para a década de 1947–1956, o número médio de dias de chuva foi de 96,6 dias. Na década seguinte (1957–1966), esse valor caiu para 90,2 dias. Na década de 1987–1996 foi de 108,6, e na década de 1997–2005 foi de 108,1. Os resultados indicam um crescimento de cerca de 20% no número de dias de chuva entre as décadas com menos dias chuvosos (1957–1966) e as décadas com mais dias chuvosos (1987–1996 e 1997–2005). Uma observação importante é que nas últimas duas décadas não houve variação significativa no número de dias de chuva (108,6 e 108,1). Esse resultado é importante sob o ponto de vista do cálculo de índice de perigo de incêndios, já que, à medida que aumenta o número de dias chuvosos por ano, diminui proporcionalmente o número de dias com probabilidade de ocorrer incêndios, considerando-se que, teoricamente, nos dias em que ocorre chuva superior a 13 mm o risco de ocorrer incêndio é nulo (SOARES, 1972).

Na tabela 6 e figura 10 estão apresentados os resultados referentes à precipitação média por dia de chuva, de acordo com as décadas analisadas.

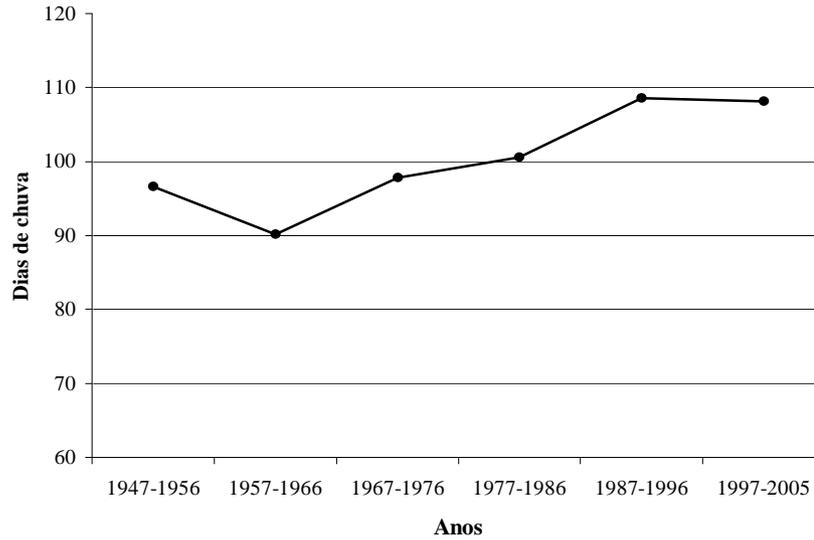


Figura 9. Evolução do número de dias de chuva.
Figure 9. Evolution of rainy days.

Tabela 6. Precipitação média por dia de chuva (mm).
Table 6. Mean precipitation by rainy day (mm).

Período	Precipitação média por dia de chuva (mm)
1947-1956	14,20 a
1957-1966	16,10 b
1967-1976	15,88 ab
1977-1986	15,21 ab
1987-1996	14,35 a
1997-2005	15,53 ab



Figura 10. Precipitação média por dia de chuva (mm).
Figure 10. Mean rain per rainy day (mm).

Como se pode observar, existe pouca variação da precipitação média por dia de chuva anual para as décadas consideradas. Para a década de 1947–1956, a precipitação média por dia de chuva foi de 14,2 mm; na década seguinte (1957–1966), esse valor subiu para 16,10 mm; na década de 1967–1976, esse valor foi de 15,88 mm; na década de 1977–1986, esse valor foi de 15,21 mm; na década de 1987–1996 foi de 14,35; e na década de 1997–2005, de 15,53 mm. Houve diferença estatisticamente significativa entre as médias da década de 1957–1966 e as décadas de 1947–1956 e 1997–2006 (no nível de 99% de probabilidade). Considerando-se a média de precipitação por dia de chuva, os resultados indicam que a probabilidade de risco de incêndios é nula nos dias chuvosos para a região estudada.

CONCLUSÕES

- Os meses mais chuvosos são os meses de dezembro, janeiro e fevereiro, com média de 166,0, 193,0 e 157,3 mm, respectivamente.
- Os meses de julho e agosto apresentam os menores valores médios mensais, com média histórica de 82,7 e 72,5 mm de chuva, respectivamente.
- Embora aparentemente tenha se verificado um aumento no volume médio de precipitação anual na região para o período estudado, não se observou diferença estatisticamente significativa entre os períodos decenais analisados.
- O número de dias de chuva por ano aumentou na região para o período estudado, apesar de nas duas últimas décadas ter se mantido constante.
- A precipitação média por dia de chuva apresentou pouca variação na região para o período estudado.

REFERÊNCIAS

- HESS, T. M.; STEPHENS, W.; MARYAH, U. M. Rainfall trends in the North East Zone of Nigeria 1961-1990. **Agriculture and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 74, p. 87-97, 1995.
- INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ (IAPAR). **Cartas climáticas do Paraná**. Disponível em: <http://200.201.27.14/Site/Sma/Cartas_Climaticas/Cartas_Climaticas.htm>. Acesso em: 23/09/2008.
- LOWE, J. D. **Wildland Firefighting Practices**. Africa: Delmar Thomson Learning, 2001. 348 p.
- MINUZZI, R. B.; SEDIYAMA, G. C.; BARBOSA, E. M.; MELO JUNIOR, J. C. F. Climatologia do comportamento do período chuvoso da região sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, Rio de Janeiro, v. 22, n. 3, p. 338-344, 2007.
- NUNES, J. R. S. **FMA+ - Um novo índice de perigo de incêndios para o Estado do Paraná-Brasil**. 150 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.
- NUNES, J. R. S.; SOARES, R. V.; BATISTA, A. C. Ajuste da Fórmula de Monte Alegre alterada (FMA⁺) para o Estado do Paraná. **Floresta**, Curitiba, v. 37, n.1, p 1-14, 2007.
- PYNE, S. J. **Wildland fire – Fire management in the United States**. New York: J. Wiley & Sons, 769 p, 1984.
- SCHROEDER, M. J.; BUCK, C. C. **Fire weather: a guide for application of meteorological information to forest fire control operations**. Washington, DC: USDA Forest Service, 1970. 229 p. (Agriculture Handbook 360).
- SOARES, R. V.; BATISTA, A. C. **Incêndios Florestais: controle, efeitos e uso do fogo**. Curitiba, 2007. 264 p.
- SOARES, R. V. **Determinação de um índice de perigo de incêndios para a região centro paranaense, Brasil**. 72 f. Tese (*Magister Scientiae*) – Centro Tropical de Ensino e Investigação, Instituto Interamericano de Ciências Agrícolas da OEA, Turrialba, 1972.
- TREWARTHA, G. T.; HORN, L. H. Köppen's classification of climates. In: AN INTRODUCTION to climate. McGraw-Hill, New York, p. 397-403, 1980.