



Brazilian Geographical Journal: Geosciences and Humanities research medium



ARTICLES/ARTIGOS/ARTÍCULOS/ARTICLES

Análise geoestatística das precipitações na Fazenda Letreiro (Uberlândia-MG)

Mestre Arlei Teodoro de Queiroz

Curso de Geografia, *Campus* Pontal, Universidade Federal de Uberlândia. Rua Vinte, 1.600, Tupã, CEP: 38304-402, Ituiutaba, Minas Gerais. E-mail: arleiteodoro@yahoo.com.br

Doutor Washington Luiz Assunção

Curso de Geografia, *Campus* Santa Mônica, Universidade Federal de Uberlândia. Av. João Naves de Ávila, 2121, Santa Mônica, CEP: 38400-902, Uberlândia, Minas Gerais. E-mail: washington@ufu.br

RESUMO

ARTICLE HISTORY

Received: 25 May 2013

Accepted: 07 June 2013

PALAVRAS-CHAVE:

Eventos extremos
Precipitação
Fazenda Letreiro
Geoestatística.

O estudo das precipitações em regiões tropicais é essencial para compreensão dos problemas relacionados ao clima. Neste sentido, o objetivo deste trabalho é realizar uma análise geoestatística dos dados pluviométricos da estação da Fazenda Letreiro, sobretudo relacionadas a eventos extremos, tanto no que tange a secas prolongadas como as chuvas intensas. Para isto, foram utilizados os dados de precipitação do período de 1975 a 2010 da estação pluviométrica da Fazenda Letreiro, disponibilizados pela ANA. Buscando atingir o objetivo, calculou-se as estatísticas descritivas, a frequência, o período de retorno utilizando a distribuição de Gumbel do número de dias consecutivos sem chuva e sem chuva significativa/ano e as precipitações máximas diária/ano. Elaborou-se, ainda, a curva de I-D-F das precipitações máximas. Como resultado, foram geradas várias informações que podem servir como subsídio para o planejamento regional, buscando minimizar os impactos gerados por eventos extremos, tanto por precipitação concentrada como por longo período sem precipitação.

KEY-WORDS:
Extreme events
Precipitation
Farm Letreiro
Geostatistic.

ABSTRACT: GEOSTATISTICAL ANALYSIS OF THE PRECIPITATION IN THE FARM LETREIRO (UBERLÂNDIA-MG) The study of precipitation in tropical regions is essential for the comprehension of problems related to the climate. In this sense, the objective of this work is to make a geostatistical analysis of the precipitation data of the station of Farm Letreiro, mainly related to extreme events, both about prolonged drought and intense rains. For this, were used the precipitation data of the period between 1975 and 2010 of the precipitation station of the Farm Letreiro, available by ANA. Seeking to achieve the objective, it was calculated the descriptive statistics, the frequency, the period of return using the distribution of Gumbel about the number of consecutive days without rain and without a significant rain/year and maximum precipitation per day/year. It was elaborated, also, the curve of I-D-F of the maximum precipitation. As result, was generated many information that can assist as a subsidy for the regional planning, in order to minimize the impacts generated by extreme events, both by concentrated precipitation and for long periods without precipitation.

PALABRAS CLAVE:
Eventos extremos
Precipitación
Hacienda "Letreiro"

ABSTRACT: ANÁLISIS GEOESTADÍSTICO DE LAS PRECIPITACIONES EN LA HACIENDA "LETREIRO (UBERLÂNDIA-MG)". El estudio de las precipitaciones en regiones tropicales es esencial para la comprensión de los problemas relacionados con el clima. En este sentido, el objetivo de este estudio es realizar un análisis geoestadístico de los datos pluviométricos de la estación de la Hacienda "Letreiro", sobre todo relacionado con los fenómenos extremos, tanto en relación con las sequías prolongadas y fuertes lluvias. Para esto, se utilizaron los datos de precipitación del periodo de 1975 hasta 2010 de la estación pluviométrica de la Hacienda "Letreiro", disponible por Agencia Nacional del Agua - ANA. Buscando alcanzar el objetivo, se calculó las estadísticas descriptivas, la frecuencia, el periodo de retorno utilizando la distribución de "Gumbel" del número de días consecutivos sin lluvia y sin lluvia significativa/año y las precipitaciones máximas diaria/año. Se elaboró, aún, la curva de I-D-F de las precipitaciones máximas. Como resultado, fueron generadas varias informaciones que pueden servir de apoyo a la planificación regional con el fin de minimizar los impactos generados por eventos extremos, tanto por precipitación concentrada como por largo periodo sin precipitación.

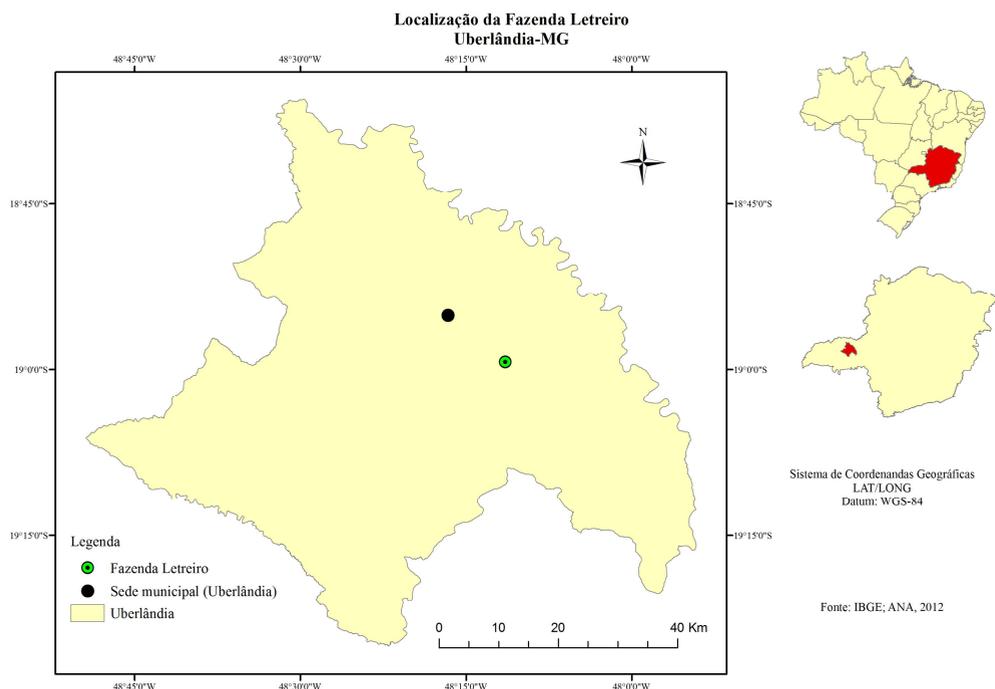
Introdução

O estudo do regime pluviométrico em regiões tropicais é essencial para compreensão dos problemas relacionados a questão climática, sendo um importante subsídio para o planejamento ambiental, agrícola, de obras de

infraestrutura dentre outros, com o intuito de solucionar ou definir medidas paliativas buscando adaptar as condições climáticas locais.

O entendimento da dinâmica climática associado ao tratamento geostatístico do clima com base em uma série de dados são elementos primordiais para definição do ritmo climático de uma região, bem como para delimitar, estatisticamente, os eventos extremos.

Neste sentido, este trabalho tem como objetivo realizar uma análise geostatística dos dados pluviométricos da estação da Fazenda Letreiro, buscando explorar as informações relacionadas a eventos extremos, tanto no que tange a longos períodos sem ocorrência de precipitações (secas prolongadas) como a eventos pluviométricos concentrados em 24 horas (chuvas intensas). A análise dos extremos se deve ao fato da Fazenda Letreiro localizar-se na região do Brasil Central, cujo clima é definido como tropical semiúmido com duas estações, uma seca e outra chuvosa (corresponde a 85% da precipitação anual), ou seja, com extremos pluviométricos no decorrer do ano. Ainda sobre a localização, a estação da Fazenda Letreiro situa-se nas coordenadas de latitude $18^{\circ}59'18''$ S e longitude $48^{\circ}11'25''$ W, no município de Uberlândia-MG, aproximadamente 5 quilômetros da sede municipal (Mapa 1).



Mapa 1: Localização da Fazenda Letreiro (Uberlândia-MG)
Fonte: IBGE; ANA, 2012.

Dentre os métodos para análise de dados pluviométricos registrados na estação, merecem destaque também as medidas de tendência central, os totais pluviométricos, além dos dados referentes aos eventos extremos (as precipitações máximas e o número de dias sem chuva).

A precipitação é ainda caracterizada por sua duração (diferença de tempo entre os instantes de início e término) por sua intensidade, definida como a quantidade de água caída por unidade de tempo e usualmente expressa em mm por hora (mm h^{-1}). [...]

Estatisticamente, a média constitui um bom estimador do valor mais frequente do total de chuva apenas nos casos em que elementos da amostra disponível se ajustem bem a um modelo simétrico de distribuição. (VAREJÃO-SILVA, 2006, p. 353-360)

Ainda sobre estes métodos, no que se refere a análise geoestatística de dados pluviométricos, Naghettini e Pinto (2007, p.30) destaca as estatísticas descritivas que “podem ser agrupadas em 3 tipos distintos: (a) medidas de tendência central; (b) medidas de dispersão e (c) medidas de assimetria e de curtose”.

No que diz respeito às medidas de tendência central, três são muito conhecidas na análise pluviométrica, que são a média, a moda e a mediana.

O valor central representativo de uma amostra pode ser calculado por uma das medidas de tendência central ou de posição, entre as quais, as mais conhecidas são a média, a moda e a mediana. (NAGHETTINI; PINTO, 2007, p. 30)

Segundo Andriotti (2003), a média aritmética “é obtida somando todos os valores disponíveis e dividindo o resultado por n, que representa a quantidade de valores disponíveis, ou seja, a quantidade de valores somados.” (p.25), já o valor da mediana é obtido dividindo “um determinado conjunto ordenado de dados em duas partes iguais, de modo que metade dos dados terá valores inferiores, e metade terá valores superiores à mediana” (p.28). Por último, dentre as medidas de tendência central, a moda “é o valor que ocorre com mais frequência em uma amostra” (p.29).

Ainda sobre as estatísticas descritivas, destacam-se, também, as medidas de dispersão ou variabilidade como a amplitude, frequência, a variância e o desvio-padrão.

A amplitude é a diferença entre o valor máximo e mínimo de uma amostra. A frequência é representada pelo número de ocorrências de determinado fenômeno em um intervalo de tempo estabelecido. “A variância e o desvio padrão são estatísticas que nos fornece uma ideia de variabilidade das observações em torno da média aritmética.” (GUIMARÃES, 2004, p.4)

Além das estatísticas descritivas, outro importante método de análise geoestatística de dados pluviométricos é através da construção da curva de permanência.

A chamada curva de permanência é uma variação do diagrama de frequências [sic] relativas acumuladas, na qual a frequência [sic] de não superação é substituída pela porcentagem de um intervalo de tempo específico em que o valor da variável,

indicado em abscissas, foi igualado ou superado. (NAGHETTINI; PINTO, 2007, p. 28)

Além da análise preliminar de uma amostra de dados hidrológicos, conforme já descrito, é essencial para conhecimento do regime pluviométrico, a aplicação de modelos probabilísticos, voltados para o tema.

Um modelo probabilístico, embora seja incapaz de prever com exatidão a data e a magnitude de uma enchente, por exemplo, revela-se muito útil no estudo do regime local de cheias, especificando com que probabilidade uma certa vazão irá ser igualada ou superada, em um ano qualquer. (NAGHETTINI; PINTO, 2007, p. 53)

Dentre os modelos probabilísticos, destaca-se o cálculo do período de retorno, muito usado no dimensionamento de obras de engenharia.

[...] corresponde ao tempo médio necessário (em anos) para que o evento recorra, em um ano qualquer, e é igual ao inverso da probabilidade de que tal evento de referência ocorra. Em hidrologia, o conceito de tempo de retorno é empregado com muita frequência [sic] no estudo probabilístico de eventos máximos anuais, tais como enchentes ou alturas diárias de precipitação máximas anuais (NAGHETTINI; PINTO, 2007, p. 108)

A utilização dos métodos descritos são de significativa relevância para estudos e análises sobre os extremos pluviométricos registrados em regiões caracterizadas por uma sazonalidade pluviométrica marcante ao longo do ano, buscando compreender os efeitos gerados por tais fenômenos.

Neste sentido, dentre os efeitos gerados pelos extremos pluviométricos (secas prolongadas e chuvas intensas) na região da Fazenda Letreiro, destaca-se nos longos períodos sem ocorrência de precipitações os prejuízos, sobretudo para o setor agropecuário, prejudicando tanto a produção na pecuária como na agricultura da região. Já no que tange os eventos pluviométricos concentrados, produzem impactos, principalmente, no ambiente urbano provocando enchentes e inundações, que muitas vezes culminam na proliferação de vetores de doenças e, até mesmo no óbito de pessoas.

Material e métodos

Para a realização do presente trabalho, foram utilizados os dados de precipitação do período de 1975 a 2010 da estação pluviométrica Fazenda Letreiro (01948006), disponibilizados pela Agência Nacional de Águas (ANA), situada nas seguintes coordenadas: latitude é 18°59'18" S e longitude 48°11'25" W (Mapa 1) e altitude de 800 metros. Além disso, foram utilizados, também, dados de temperatura e precipitação da Estação Climatológica da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), localizada no Campus Santa Mônica, cujas coordenadas são 18°55'01" S e 48°15'18" W, com altitude de 869 metros.

Foram analisados dados pluviométricos referentes aos totais mensais e anuais e o número de dias sem chuva e sem chuva significativa no período de 1975 a 2010, sendo que para a tabulação e tratamento dos dados e construção de gráficos foi utilizado o software BrOffice Calc.

Sabendo que muitos gráficos construídos no software BrOffice Calc são referentes a totais anuais, para uma melhor compreensão do regime pluviométrico ao longo dos anos foi inserido em alguns gráficos a linha de tendência linear, definida como:

Se a variável X corresponder ao tempo, os dados representarão os valores de Y em diversos momentos. Os dados ordenados em relação ao tempo são denominados séries temporais. A reta ou curva de regressão de Y para X, neste caso, é denominada de tendência e é frequentemente empregada para as finalidades de avaliação predição ou previsão. (SPIEGEL, 1976, p. 369 apud ZAVATTINI; BOIN, 2013, p. 46)

A fórmula da linha de tendência linear desenvolvida no software BrOffice Calc é a seguinte:

$$y = mx + b$$

em que m representa o declive e b a interseção.

O período sem chuva significativa foi determinado utilizando os dados da evapotranspiração potencial (ETP), considerando chuva significativa aquela cujo total fosse igual ou superior a ETP diária, conforme proposto por Santos e Assunção (2011). O valor da ETP foi calculado através do balanço hídrico climatológico, cuja metodologia de cálculo será descrita a seguir.

A evapotranspiração potencial (ETp), que representa a chuva necessária, é o processo de perda de água para a atmosfera, através de uma superfície natural gramada, padrão, sem restrição hídrica para atender às necessidades da evaporação do solo e da transpiração.

A evapotranspiração real (ETr) constitui a perda de água de uma superfície natural, em qualquer condição de umidade e de cobertura vegetal. (CAMARGO; CAMARGO, 2000, p. 126)

Para o cálculo do balanço hídrico climatológico, foram utilizados os dados de precipitação da Fazenda Letreiro e de temperatura da Estação Climatológica da Universidade Federal de Uberlândia, localizada a aproximadamente 10 km da estação da Fazenda Letreiro e com uma diferença de altitude de 69 metros (Fazenda Letreiro: 800 metros e Estação Climatológica da Universidade Federal de Uberlândia: 869 metros).

O balanço hídrico consiste em se efetuar a contabilidade hídrica do solo, até a profundidade explorada pelas raízes, computando-se, sistematicamente, todos os fluxos hídricos positivos (entrada de água no solo) e negativos (saída de água do solo). Tais fluxos decorrem de trocas com a atmosfera (precipitação, condensação, evaporação e transpiração) e do próprio movimento superficial (escoamento) e subterrâneo (percolação) da água. (VAREJÃO-SILVA, 2006, p. 430)

A principal metodologia de balanço hídrico climatológico foi desenvolvida por Thornthwaite (1948):

Em 1948, C. W. Thornthwaite desenvolveu um método simples para estimar o balanço hídrico climático em bases mensais, usando valores médios mensais da temperatura do ar e do total pluviométrico, bem como a capacidade de armazenamento hídrico do solo. Nessa primeira versão do método, basicamente utilizada para classificação de tipos climáticos em escala global, Thornthwaite assumiu que:

a) – o solo é considerado como um reservatório, cuja capacidade de armazenamento de água (CA) é de 100 mm;

b) – toda a água posta a disposição do solo atende primeiramente a demanda evapotranspiratória, sendo o restante incorporado ao solo, até completar sua capacidade de armazenamento, de modo que as perdas por escoamento e infiltração só ocorrem se a capacidade de armazenamento for ultrapassada;

c) – sempre que a água posta a disposição do solo for igual ou superior à evapotranspiração de referência, aceita-se haver perda evapotranspiratória máxima (evapotranspiração real é igual a de referência); caso contrário o solo contribui com parte de suas reservas, se estas existirem, de acordo com uma lei exponencial;

d) – que a perda de água pelo solo, para atender a demanda evapotranspiratória é linear, ou seja: tendo muita ou pouca água armazenada, solo sempre cede toda a água requerida pela evaporação e pela transpiração das plantas presentes, até atingir o ponto de murcha permanente (VAREJÃO-SILVA, 2006, p. 431)

Já em 1955, juntamente com Mather, Thornthwaite aperfeiçoou a metodologia desenvolvida em 1948.

Em 1957, C. W. Thornthwaite e J. C. Mather publicaram uma versão mais avançada do balanço hídrico climático no qual a primeira e a última das hipóteses anteriormente assinaladas foram aperfeiçoadas. Nessa nova versão, a capacidade de armazenamento do solo torna-se variável e estabelecida em função de suas propriedades (capacidade de campo e ponto de murcha permanente) na camada explorada pelas raízes das plantas nele presentes. (VAREJÃO-SILVA, 2006, p. 431-432)

Utilizando a metodologia proposta por Thornthwaite & Mather (1955), cuja adaptação foi disposta em uma planilha do software BrOffice Calc desenvolvido por Rolim e Sentelhas (1999), considerando a Capacidade de Água Disponível (CAD) nos solos de 100 mm, como padrão para todos os anos do período, sendo que este foi estabelecido tendo em vista o CAD médio para os solos do Cerrado foi calculado o balanço hídrico climatológico do período de 1974-2010.

Para a análise geostatística dos dados de precipitações máximas, número de dias consecutivos sem chuva e sem chuva significativa foram realizadas as estatísticas descritivas, sendo calculadas as medidas de tendência central (média, moda e mediana) e de variabilidade ou dispersão (amplitude, frequência, variância e desvio padrão). Além disso, foi elaborado a curva de permanência utilizando os software Hidro 1.2 e BrOffice Calc.

Ainda sobre a análise geostatística, foi utilizado como modelo probabilístico a distribuição de Gumbel de máximos para calcular o período de retorno das precipitações máximas e número de dias consecutivos sem chuva e sem chuva significativa.

Para calcular o período de retorno foram utilizadas duas fórmulas, sendo a primeira, a fórmula da variável reduzida de máximos é:

$$y = -\text{LN}(-\text{LN}(1-1/T))$$

Onde, T é o período de retorno para o qual se pretende encontrar o valor de determinada vazão.

Para calcular o valor da precipitação ou número de dias consecutivos sem chuva, que estatisticamente, pode ocorrer em determinado período de retorno (T), foi utilizada a fórmula a seguir:

$$M = \mu + \sigma_x / S_n (y - \gamma_n)$$

Onde:

M = magnitude do evento;

μ = média da amostra;

σ_x = desvio padrão da amostra;

S_n = desvio padrão da variável reduzida;

γ_n = média da variável reduzida; e

T = período de retorno.

Os valores da média (γ_n) e do desvio padrão (S_n) da variável reduzida são tabelados em função do tamanho da amostra (Tabela 1).

n	γ_n	S_n	n	γ_n	S_n	n	γ_n	S_n
10	0,4967	0,9573	45	0,5463	1,1519	73	0,5555	1,1881
15	0,5128	1,0206	46	0,5468	1,1538	74	0,5557	1,1890
20	0,5236	1,0628	47	0,5473	1,1557	75	0,5559	1,1898
21	0,5252	1,0696	48	0,5477	1,1574	76	0,5561	1,1906
22	0,5268	1,0754	49	0,5481	1,1590	77	0,5563	1,1915
23	0,5283	1,0811	50	0,5485	1,1607	78	0,5565	1,1923
24	0,5296	1,0864	51	0,5489	1,1623	79	0,5567	1,1930
25	0,5309	1,0915	52	0,5493	1,1638	80	0,5569	1,1938
26	0,5320	1,0961	53	0,5497	1,1658	81	0,5570	1,1945
27	0,5332	1,1004	54	0,5501	1,1667	82	0,5572	1,1953
28	0,5343	1,1047	55	0,5504	1,1681	83	0,5574	1,1960
29	0,5353	1,1086	56	0,5508	1,1696	84	0,5576	1,1967
30	0,5362	1,1124	57	0,5511	1,1708	85	0,5578	1,1973
31	0,5371	1,1159	58	0,5515	1,1721	86	0,5580	1,1980
32	0,5380	1,1193	59	0,5518	1,1734	87	0,5581	1,1987
33	0,5388	1,1226	60	0,5521	1,1747	88	0,5583	1,1994
34	0,5396	1,1255	61	0,5524	1,1759	89	0,5585	1,2001
35	0,5403	1,1285	62	0,5527	1,1770	90	0,5586	1,2007
36	0,5410	1,1313	63	0,5530	1,1782	91	0,5587	1,2013
37	0,5418	1,1339	64	0,5533	1,1793	92	0,5589	1,2020
38	0,5424	1,1363	65	0,5535	1,1803	93	0,5591	1,2026
39	0,5430	1,1388	66	0,5538	1,1814	94	0,5592	1,2032
40	0,5436	1,1413	67	0,5540	1,1824	95	0,5593	1,2038
41	0,5442	1,1436	68	0,5543	1,1834	96	0,5595	1,2044
42	0,5448	1,1458	69	0,5545	1,1844	97	0,5596	1,2049
43	0,5453	1,1480	70	0,5548	1,1854	98	0,5598	1,2055
44	0,5458	1,1499	71	0,5550	1,1863	99	0,5599	1,2060
			72	0,5552	1,1873	100	0,5600	1,2065

Tabela 1: Valores da média (γ_n) e do desvio padrão (S_n) da variável reduzida em função do tamanho da amostra (n)

Fonte: CARVALHO; SILVA, 2006

Após calcular o período de retorno de precipitações máximas, obtidos por meio da distribuição de Gumbel de máximos, foi calculada a duração e frequência das precipitações máximas para, posteriormente, calcular a intensidade-duração-frequência (I-D-F) destas precipitações e construção da curva de I-D-F.

Sabendo que, na estação pluviométrica 01948006 (Fazenda Letreiro) a coleta de dados pluviométricos é realizada apenas uma vez por dia (acumulado de 24 horas), para construção da curva de I-D-F é necessário converter os dados, sendo que para isto, foi utilizado os valores de conversão obtidos através de estudos do DNOS (Departamento Nacional de Obras de Saneamento) (Tabela 2), disponibilizados pela CETESB (1986).

Relação entre alturas pluviométricas	Valores
5 min/30 min	0,34
10 min/30 min	0,54
15 min/30 min	0,70
20 min/30 min	0,81
25 min/30 min	0,91
30 min/1 h	0,74
1 h/24 h	0,42
6 h/24 h	0,72
8 h/24 h	0,78
10 h/24 h	0,82
12 h/24 h	0,85
24 h/1 dia	1,14

Tabela 2: Relação entre alturas pluviométricas – valores médios obtidos do estudo do DNOS
Fonte: CETESB, 1986

Após converter os dados utilizando a Tabela 2, foi necessário transformá-los para a mesma unidade de tempo, utilizando-se o minuto. Tendo todos os dados na mesma unidade (mm/min) para o período de retorno de 2 a 100 anos. A partir destes foi construída a curva de I-D-F, utilizando o BrOffice Calc, com períodos de retorno representados de 2, 5, 10, 15, 20, 25, 50 e 100 anos.

Resultados

Totais pluviométricos

Inicialmente, como resultado deste trabalho, foram analisados os totais pluviométricos médios mensais, do período de 1975 a 2010 (Gráfico 1 e Tabela 3), onde se observou que os maiores índices ocorreram no período de outubro a março (período chuvoso), totalizando 1270 mm médios anuais, o que equivale, em média, a 86% das chuvas anuais (1474 mm). Neste período, que corresponde à estação chuvosa, as precipitações médias mensais variaram entre 107 (outubro) e 298 mm (dezembro) (Tabela 3 e Gráfico 1).

Já de abril a setembro, a pluviosidade diminuiu consideravelmente atingindo patamares relativamente baixos, representando os 14% restantes da média dos totais anuais, contribuindo assim, com apenas 204 mm para o total anual médio que é de 1474 mm. Nestes seis meses, que correspondem à estação seca local, os índices pluviométricos médios mensais variaram entre 10 mm em julho a 79 mm em abril (Gráfico 1 e Tabela 3).

Conforme pode ser visualizado no Gráfico 1, assim como as precipitações médias mensais, a média do número de dias com chuva mensal é maior no período de outubro a março, variando de 9 a 18 dias, correspondendo a 85% da

média de dias de chuva no ano. Já de abril a setembro, no período mais seco, a variação foi de 1 a 7 dias, correspondendo a 15% dos dias com chuva durante o ano. Todavia, durante a estação seca é comum a ausência de registro de precipitações por longos períodos, havendo a possibilidade de até três meses sem chuvas, como é o caso dos anos de 1981, 1985, 1991 e 2008 (Tabela 3).

Na Tabela 3, pode-se notar que é comum nos meses de junho, julho e agosto não ocorrer registro de precipitação, sendo que nos 36 anos de dados, o número de anos sem chuva nesses meses é alto, com 12, 18 e 16 ocorrências em junho, julho e agosto, respectivamente, o que representa 33, 50 e 44% do total de anos analisados. Ainda sobre este trimestre mais seco, observa-se no período de dados apresentados, que os totais pluviométricos mensais nunca ultrapassaram os 90 mm mensais.

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
1975	244	196	77	125	52	28	17	0	0	113	235	276	1363
1976	139	80	214	30	13	0	5	20	26	78	215	400	1219
1977	235	72	143	117	25	8	0	4	43	137	216	112	1110
1978	246	157	64	78	58	26	10	0	66	137	209	298	1349
1979	252	247	152	45	25	0	0	0	0	0	177	242	1140
1980	327	259	85	85	12	16	0	27	58	40	210	311	1431
1981	266	86	161	18	2	64	0	0	0	227	206	297	1326
1982	535	142	305	54	95	29	16	29	3	112	168	359	1846
1983	407	290	174	123	51	1	60	5	79	172	221	293	1876
1984	119	159	191	72	50	0	0	37	70	83	262	232	1274
1985	437	85	263	83	10	0	0	0	24	25	125	148	1200
1986	145	110	202	68	41	0	44	84	22	87	45	465	1313
1987	279	137	288	52	26	12	1	6	69	151	208	359	1588
1988	202	274	116	50	27	12	0	0	16	19	34	248	999
1989	150	288	130	65	17	15	89	21	52	34	332	324	1517
1990	162	146	117	35	91	0	46	51	47	72	167	164	1096
1991	220	155	325	94	5	0	0	0	21	58	119	277	1274
1992	391	342	123	141	60	0	0	10	106	264	367	255	2060
1993	253	223	148	46	20	66	0	16	71	125	112	464	1543
1994	231	55	349	55	23	15	8	0	5	156	121	267	1284
1995	160	470	169	46	121	7	0	0	37	72	77	304	1463
1996	206	206	125	49	48	7	0	3	124	65	258	130	1219
1997	329	104	244	61	18	85	0	0	39	103	383	306	1671
1998	195	210	180	94	71	0	0	53	1	120	116	192	1232
1999	248	154	287	58	9	7	0	0	61	31	186	234	1274
2000	361	252	316	70	0	4	13	8	110	75	130	211	1548
2001	269	94	174	22	68	2	1	76	18	65	228	446	1462
2002	256	331	115	6	36	0	1	0	39	50	183	414	1431
2003	712	137	315	160	55	0	0	7	35	63	257	198	1938
2004	254	238	73	124	15	17	20	0	2	102	138	454	1438
2005	487	43	183	109	93	42	0	7	58	70	201	273	1565
2006	218	230	369	217	31	0	0	21	77	288	307	525	2285
2007	503	222	137	59	18	28	31	0	13	130	197	287	1626
2008	193	272	295	226	64	0	0	0	40	206	86	367	1750
2009	481	325	182	85	61	36	12	54	156	184	149	351	2077
2010	183	251	87	34	25	12	2	0	11	125	318	239	1287
Média	286	196	191	79	40	15	10	15	44	107	193	298	1474
Nº de meses sem chuva	0	0	0	0	1	12	18	16	2	0	0	0	49

Tabela 3: Totais de Precipitações Mensais (mm) na Estação 1948006 (Fazenda Letreiro) – 1975-2010

Fonte: Hidroweb/ANA, 2011.

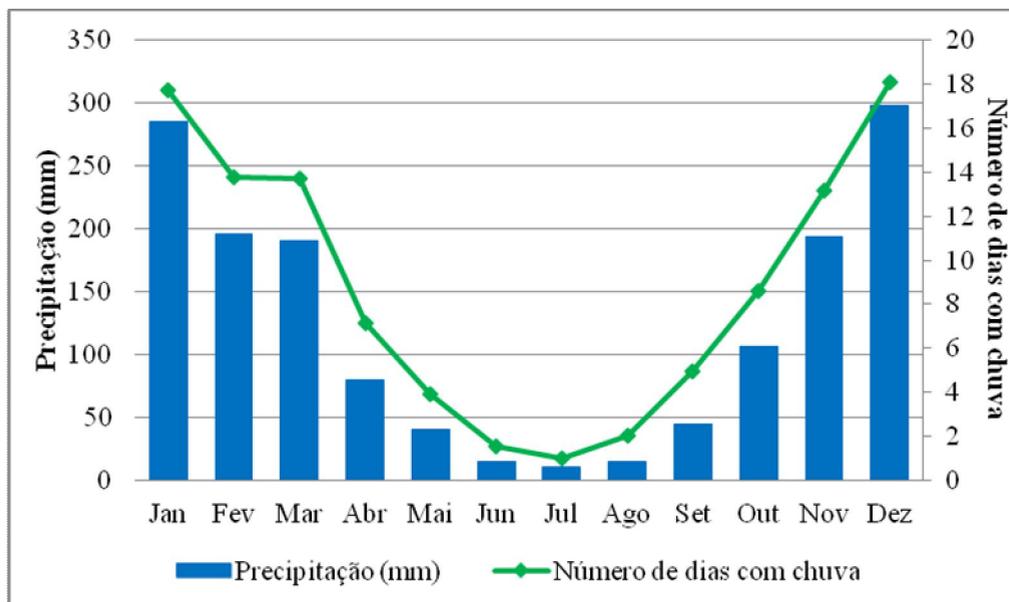


Gráfico 1: Alturas médias mensais de precipitações e número médio mensal de dias com chuva na Estação 1948006 (Fazenda Letreiro) – 1975-2010
 Fonte: Org. dos autores.

Ao observar a curva de permanência das precipitações (Gráfico 2), nota-se que em 28% dos dias do período analisado foram registradas precipitações, sendo que em apenas 12% dos dias ocorreram precipitações superiores a 10 mm, 6% dos dias superiores a 20 mm e 3% superiores a 30 mm.

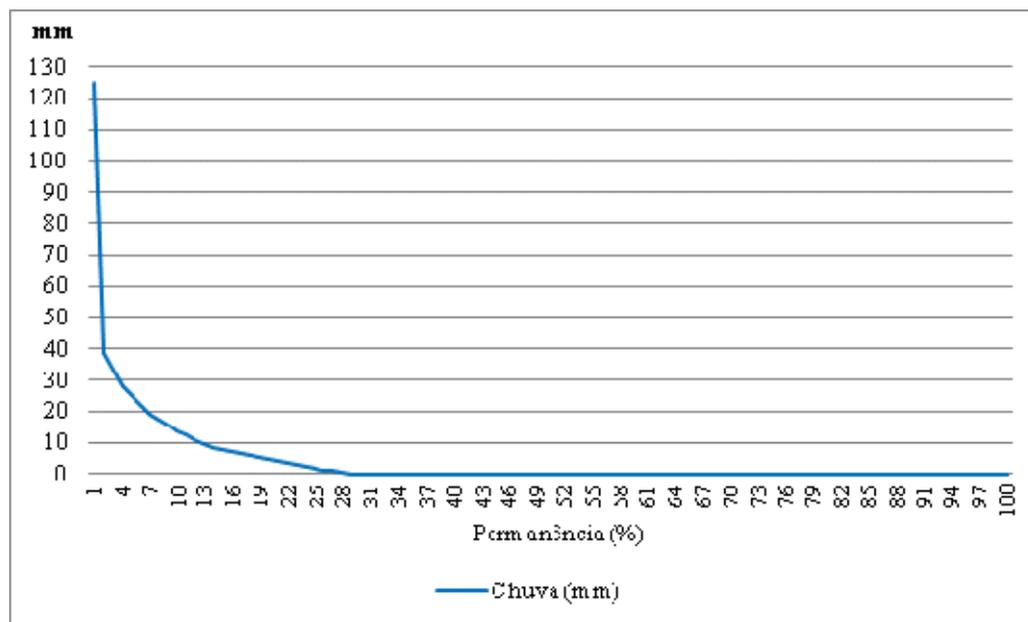


Gráfico 2: Curva de permanência de precipitações na Estação 1948006 (Fazenda Letreiro)
 Org. dos autores.

Além dos dados da Estação 1948006 (Fazenda Letreiro) foram analisados, também, os dados pluviométricos da Estação Climatológica da Universidade Federal de Uberlândia, localizada próxima a área de estudo, pois o banco de dados desta estação compreende um período maior, com dados de 1960 a 2010. Neste sentido, ao observar o Gráfico 3, referente aos totais pluviométricos anuais, nota-se que os valores oscilaram bastante, e que nas décadas de 1960, 1970 e 1980 a oscilação foi maior com a ocorrência de picos maiores e anos com índices pluviométricos baixos; já nas décadas de 1990 e 2000 houve uma pequena tendência de estabilidade.

Os maiores índices pluviométricos anuais ocorreram nos anos de 1962, 1964, 1982, 1983, 1992, 1997, 2000 e 2006 superando 1800 mm, visto que os anos de 1962 e 1982 ultrapassaram 2000 mm. Já os menores valores ocorreram nos anos de 1963, 1969, 1974, 1977, 1979 e 1990 sendo inferior a 1200 mm, sendo que nos anos de 1963 e 1977 totalizaram índices abaixo de 1000 mm/ano.

Ao correlacionar os anos extremos citados acima com a ocorrência do fenômeno El Niño e La Niña, nota-se que, de acordo com o CPTEC, nos anos de 1982 (total pluviométrico elevado), 1983 (total pluviométrico elevado), 1990 (total pluviométrico baixo), 1992 (total pluviométrico elevado) e 1997 (total pluviométrico elevado) foi registrado El Niño de forte intensidade, em 1969 (total pluviométrico baixo) de intensidade moderada e em 1963 (total pluviométrico baixo), 1977 (total pluviométrico baixo), 1979 (total pluviométrico baixo) e 2006 (total pluviométrico elevado) de fraca intensidade. Já o La Niña foi registrado com forte intensidade no ano de 1974 (total pluviométrico baixo), com intensidade moderada em 1964 (total pluviométrico elevado) e 2000 (total pluviométrico elevado) e fraca intensidade em 1983 (total pluviométrico elevado). Ao analisar separadamente os anos secos e chuvosos, utilizando como referência o Índice de Anomalia de Chuva (IAC), nota-se que todos os anos chuvosos relacionados com o fenômeno El Niño e La Niña tiveram IAC superiores a 2, com destaque para o ano de 1982 em que o IAC ultrapassou 5. Já no que diz respeito aos anos secos, registraram IAC inferiores a -2, destacando o ano de 1963 com índice inferior a -5.

Além disso, ao analisar as informações supracitadas e relacioná-las com o El Niño e La Niña, conclui-se que é difícil associar os anos secos, normais e chuvosos com estes fenômenos de grande escala.

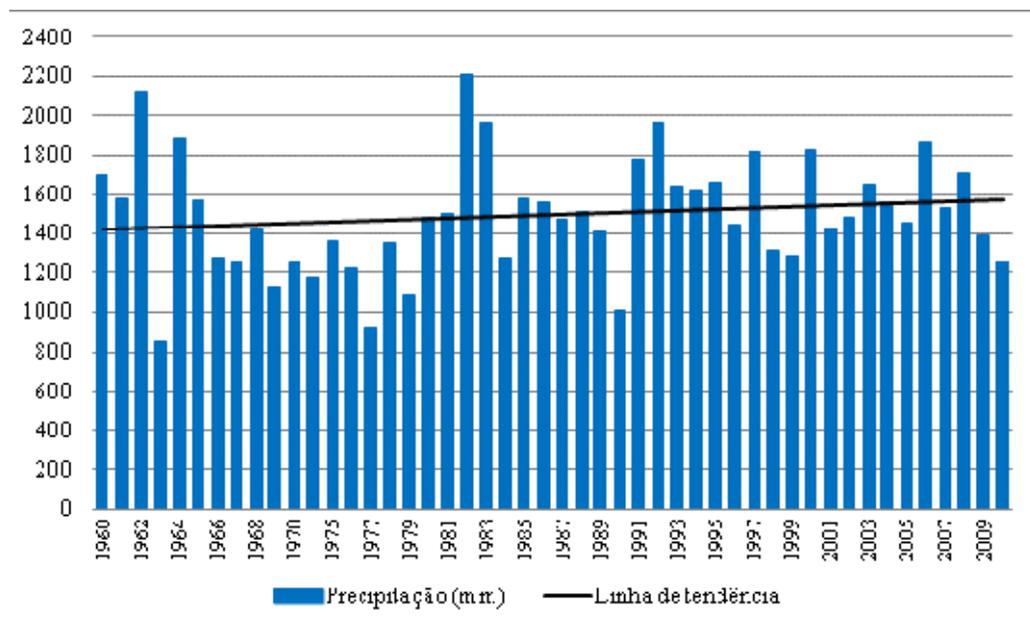


Gráfico 3: Totais pluviométricos e linha de tendência de precipitações anuais na Estação Climatológica da UFU
Org. dos autores.

Ao observar a linha de tendência no Gráfico 3, nota-se que ao longo do período houve uma tendência significativa de aumento nos totais pluviométricos anuais, de aproximadamente 200 mm.

Número de dias consecutivos sem chuva

Além de dados referentes aos totais de precipitação, foram analisados ainda os períodos de escassez pluviométrica ao calcular o número de dias consecutivos sem chuva por ano, no período de 1975 a 2010. Tendo como base as estatísticas descritivas (Tabela 4), no que diz respeito as medidas de tendência central nota-se que em média ocorre 66,6 dias sequenciais sem ocorrer chuva, a moda é de 83 dias e a mediana de 59,5 dias. Já quanto às medidas de dispersão a amplitude é de 138 dias, a variância é 901 dias e o desvio-padrão de 30 dias.

Medidas de tendência central			Medidas de dispersão		
Média	Moda	Mediana	Amplitude	Variância	Desvio-padrão
66,6	83,0	59,5	138,0	901,0	30,0

Tabela 4: Estatísticas descritivas do número de dias consecutivos sem chuva/ano
Org. dos autores.

Conforme o Gráfico 4, nota-se que o número de dias consecutivos sem chuva por ano oscilou bastante ao longo do período. Verifica-se que em alguns anos atingiram mais de 100 dias sem chuva, podendo gerar problemas relacionados a

escassez hídrica na região, como é o caso dos anos de 1979, 1981, 1985 e 1991, vale salientar que no ano de 1979 ocorreram 156 dias sem chuva. No entanto, nos anos de 1986, 1987, 1988, 2000, 2001 e 2009, o número de dias consecutivos sem a ocorrência de precipitação foi inferior a 40 dias.

No que diz respeito a linha de tendência, nota-se uma pequena tendência de queda no número de dias sem chuva por ano durante o período analisado.

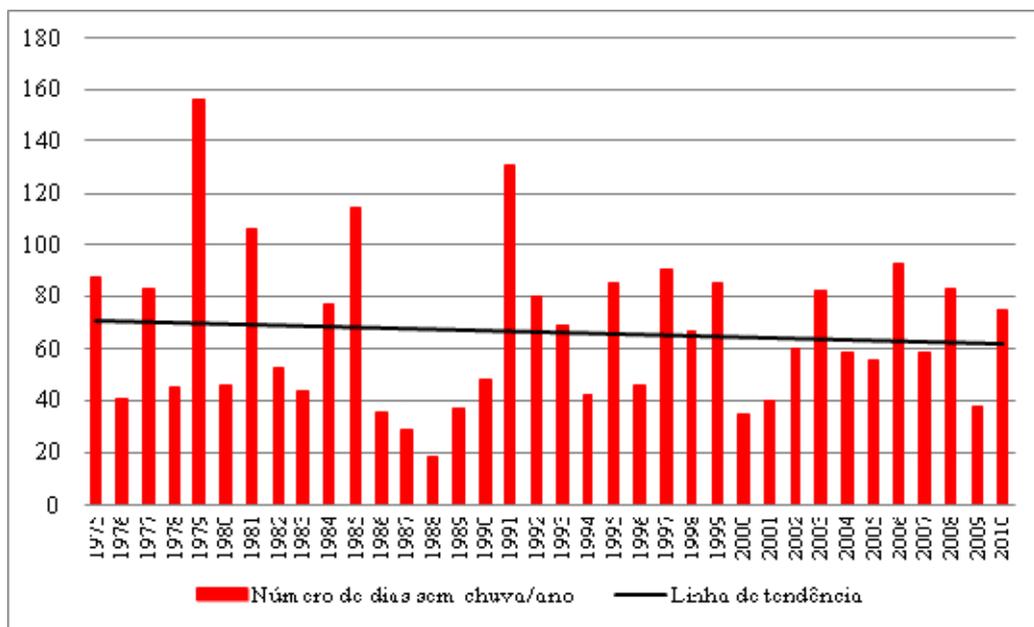


Gráfico 4: Número de dias sem chuva/ano Estação 1948006 (Fazenda Letreiro)
Org. dos autores.

Ao analisar o Gráfico 5, referente a frequência de registros de determinado número máximo de dias consecutivos sem chuva por ano, verifica-se que no período de 36 anos (1975-2010), os valores concentraram em dois intervalos, sendo o primeiro entre 35 e 50 dias e o segundo entre 75 e 95 dias. Nos extremos do gráfico observa-se a frequência de ocorrências de alguns anos excepcionais em que nos anos mais secos o número de dias sem chuva é superior a 100 dias e, em contrapartida, nos anos chuvosos o período sem precipitação foi inferior a 30 dias. É possível notar, também, que no período de 36 anos de dados, 4 valores de número de dias sem chuva/ano se repetiram, sendo eles 46, 59, 83 e 85 dias consecutivos sem chuva.

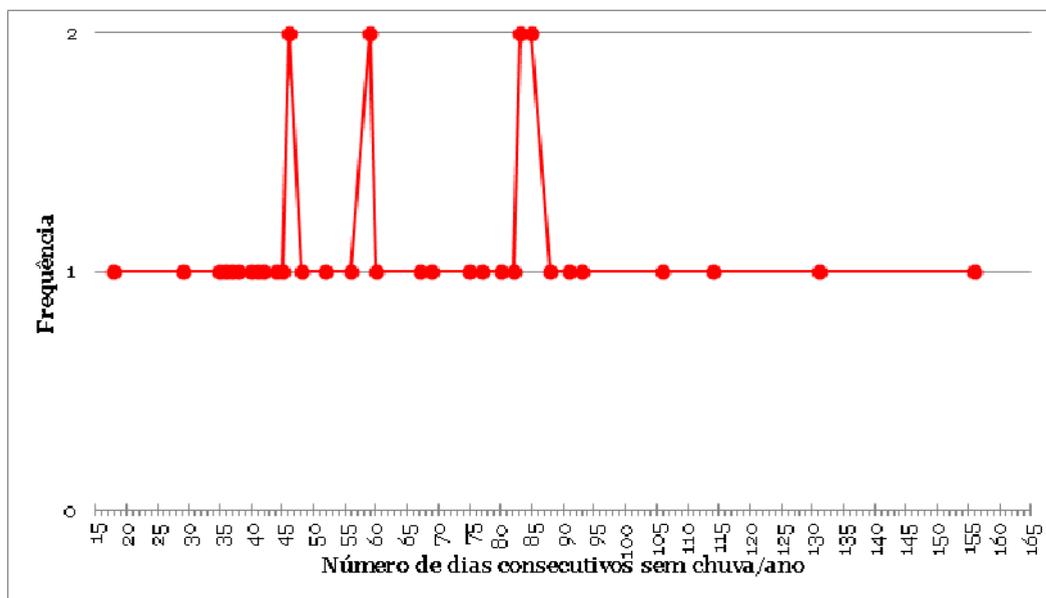


Gráfico 5: Frequência de número de dias sem chuva/ano Estação 1948006 (Fazenda Letreiro)
Org. dos autores.

A partir dos dados de número de dias consecutivos sem chuva por ano, foi calculado o período de retorno utilizando a distribuição de Gumbel de máximos, sendo que ao observar o resultado deste cálculo através do Gráfico 6, percebe-se que dentro de 2 anos poderá ocorrer um intervalo de 62 dias sem chuva; no período de 5 anos um intervalo de 92 dias; no período de 10 anos um intervalo de 112 dias; no período de 20 anos um intervalo de 131 dias; no período de 50 anos um intervalo de 156 dias; e no período de 100 anos um intervalo de 174 dias sem chuva.

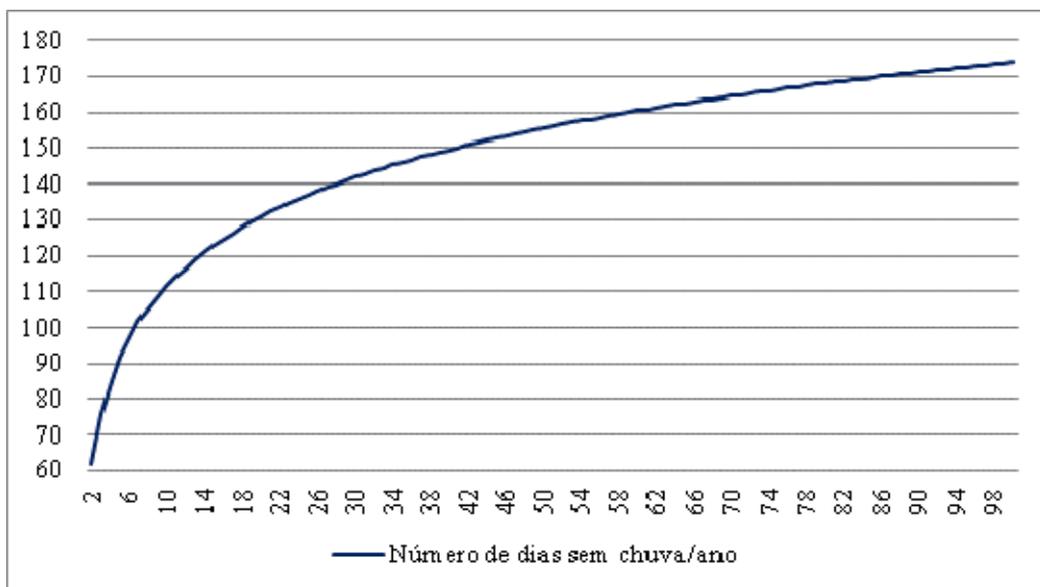


Gráfico 6: Período de retorno do número de dias consecutivos sem chuva/ano (Gumbel) na Estação 1948006 (Fazenda Letreiro)
Org. dos autores.

Além dos dados referentes ao número de dias consecutivos sem chuva por ano, neste trabalho, também analisaremos o número máximo de dias consecutivos sem chuva significativa por ano, sendo que para determinar uma precipitação significativa será utilizado como parâmetro o valor da evapotranspiração potencial (ETp) que é um dos índices provenientes do cálculo do balanço hídrico climatológico que descrito a seguir.

Balanço hídrico climatológico

Conforme descrito na metodologia deste trabalho o balanço hídrico climatológico consiste em contabilizar a quantidade de água presente no solo ao longo do ano, calculando a entrada (precipitação) e saída (evapotranspiração) de água, de acordo com o tipo de solo.

No Gráfico 7, referente ao balanço hídrico médio mensal, nota-se que os maiores excedentes hídricos ocorrem no período de dezembro a março, ultrapassando os 50 mm mensais. Assinala-se, ainda, que os meses com maiores excedentes são dezembro e janeiro, excedendo 150 mm mensais. Já em relação ao déficit hídrico, os maiores índices ocorrem de junho a outubro, superando 20 mm, com os maiores déficits em agosto e setembro, superando 40 mm mensais.

Ao relacionar o excedente e o déficit hídrico com o período chuvoso (Gráfico 1), verifica-se que a redução dos valores de excedente hídrico ocorre concomitantemente com o final do período chuvoso nos meses de abril e/ou maio, sendo que nesses meses inicia um aumento gradativo do déficit hídrico. De maio a setembro (período seco), os totais pluviométricos são inferiores a 50 mm/mês, atingindo uma média de apenas 10 mm em julho, conseqüentemente, durante esses meses não é registrado excedente hídrico. Em contrapartida, durante esse

período o déficit hídrico reduz-se gradativamente até atingir seu pico nos meses de agosto e setembro (inferior a 40 mm).

Nos meses subsequentes (outubro e novembro), apesar de registrar média pluviométrica superior a 100 mm (Gráfico 1), nota-se a ocorrência de baixos índices de excedente hídrico (inferior a 40 mm) e déficit atingindo 25 mm (Gráfico 7), visto que nesses meses há a elevação do excedente hídrico na mesma proporção em que ocorre a redução do déficit hídrico. Isso ocorre pelo fato de um grande percentual do volume precipitado ser destinado a repor o déficit hídrico do solo, que foi acumulado no período seco.

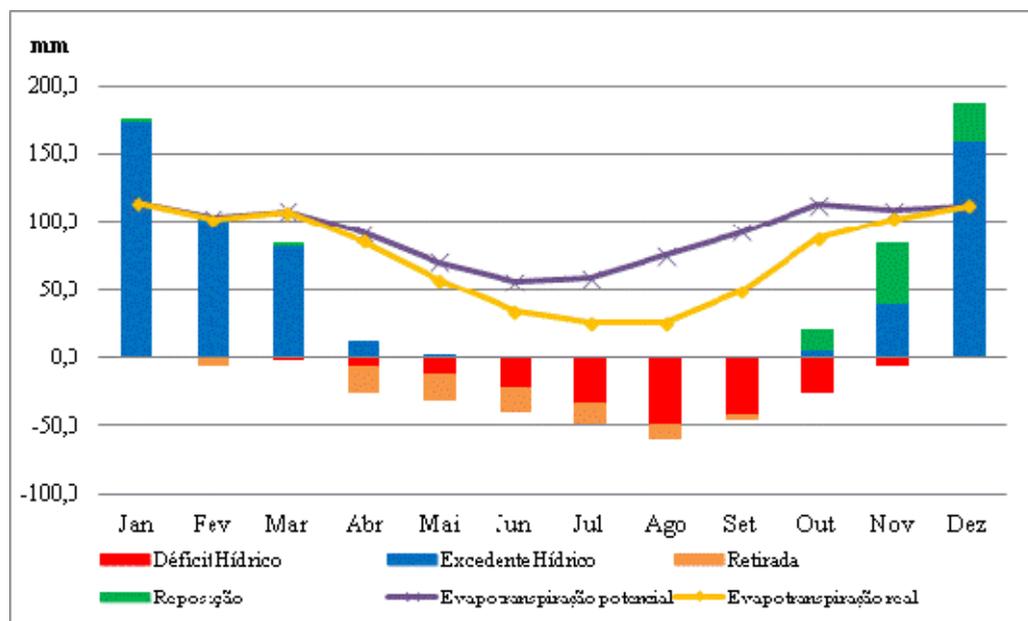


Gráfico 7: Balanço hídrico climatológico médio mensal na Estação 1948006 (Fazenda Letreiro) Org. dos autores.

No Gráfico 7, apresenta-se também, os dados de retirada e reposição médias mensais de água no solo, sendo que a retirada de água ocorreu nos meses de fevereiro e de abril a setembro, devido a ausência de precipitação. Desta forma no mês de fevereiro a retirada de água do solo está relacionada a ocorrência de veranicos (intervalos sem chuvas significativas durante o período chuvoso) e no período de abril a setembro a totais pluviométricos baixos, com o término da estação chuvosa e início da seca o solo começa a perder gradativamente a água armazenada durante as chuvas.

A reposição média mensal de água no solo ocorreu nos meses de outubro a janeiro e em março, em virtude de nos meses que antecedem este período os totais pluviométricos serem baixos, parte da água precipitada é destinada a repor a perda durante o período seco, com valores mais elevados de reposição de outubro a dezembro (término do período seco e início do chuvoso).

Ao analisar os índices de evapotranspiração real média mensal (Gráfico 7), pode-se observar que os maiores valores ocorrem de novembro a março,

superando 100 mm, e que os fatores que influenciam para a ocorrência desses valores são disponibilidades de água para evapotranspiração (elevados totais pluviométricos) e período do ano em que há maior incidência de energia emitida pelo sol sobre a região, que corresponde ao verão no Hemisfério Sul. A partir do mês de abril, os índices de evapotranspiração real sofrem um declínio gradativo atingindo baixos valores no período de junho a setembro (inferior a 50 mm), pois ocorre um processo inverso ao citado acima. Isso porque nesses meses há falta de água para evapotranspiração, devido a baixos índices pluviométricos, tanto no período como em meses anteriores (Gráfico 1) e pelo fato de ser a época do ano em que é menor a incidência de energia emitida pelo sol sobre a região, que corresponde ao inverno no Hemisfério Sul.

Já a evapotranspiração potencial média mensal (Gráfico 7) possui valores mais elevados no período de outubro a março, superando 100 mm, devido ao fato de ser o período do ano de maior incidência de energia emitida pelo sol sobre a região. No entanto, os menores índices ocorrem nos meses de junho e julho, sendo inferior a 60 mm, justamente por ser o período de menor incidência de energia emitida pelo sol na região, cuja posição geográfica se encontra aproximadamente a 19° Sul. Ao comparar os valores de evapotranspiração real e potencial (Gráfico 7), nota-se que a partir de abril começa a aumentar a diferença entre as duas variáveis chegando a atingir uma diferença de 49 mm no mês de agosto, fato este que pode ser explicado pelo déficit hídrico nestes meses, dificultando, assim, que o processo de evapotranspiração seja pleno (potencial), por ocorrer a falta da água para este fim. Quanto aos totais médios anuais na Fazenda Letreiro, a evapotranspiração potencial é de 1102 mm/ano e evapotranspiração real é de 904 mm/ano.

Número de dias consecutivos sem chuva significativa

Além do número de dias consecutivos sem chuva por ano, foi analisado, também, o número de dias consecutivos sem chuva significativa por ano, e conforme descrito na metodologia, para considerar a chuva como significativa, deve atingir valor igual ou superior a evapotranspiração potencial diária, conforme proposto por Santos e Assunção. Ao analisar os valores encontrados, calculou-se as estatísticas descritivas (Tabela 5). Quanto as medidas de tendência central, em média ocorreram 74,8 dias consecutivos sem chuva significativa, a moda foi de 88 e a mediana de 76 dias. Já, no que se refere as medidas de dispersão amplitude foi de 121 dias, a variância de 989,5 e o desvio-padrão de 31,5 dias.

Medidas de tendência central			Medidas de dispersão		
Média	Moda	Mediana	Amplitude	Variância	Desvio-padrão
74,8	88,0	76,0	121,0	989,5	31,5

Tabela 5: Estatísticas descritivas do número de dias consecutivos sem chuva significativa/ano
Org. dos autores.

Ainda sobre o número de dias consecutivos sem chuva significativa por ano, ao observar o Gráfico 8, nota-se que o número de dias oscilou bastante. Destacam-se

os anos de 1979, 1981, 1985, 1991, 2002, 2008 e 2010 com ocorrência de mais de 100 dias consecutivos (sem chuva significativa), sendo que nos anos de 1979, 1985, 1991 e 2008 superaram 120 dias sem chuva significativa. Já nos anos de 1986, 1988, 1989, 2000 e 2009 o número de dias consecutivos sem chuva significativa foi inferior a 40.

No Gráfico 8, verifica-se, ainda, por meio da linha de tendência, que ao longo do período houve uma tendência de aumento no número de dias consecutivos sem chuva significativa. Informação que está em concordância com o resultado do Teste de Mann-Kendall, executado para esta analisar o número de dias consecutivos sem chuva, cuja hipótese alternativa indica uma tendência positiva da série.

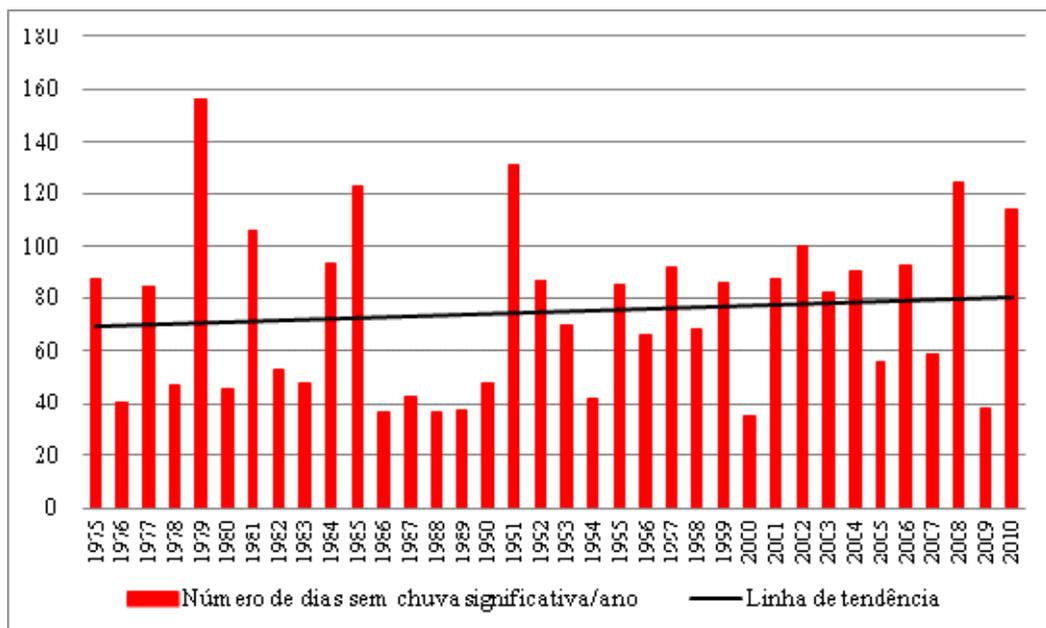


Gráfico 8: Número de dias sem chuva significativa/ano na Estação 1948006 (Fazenda Letreiro) Org. dos autores.

No que diz respeito a frequência de ocorrência de determinado número máximo de dias consecutivos sem chuva significativa por ano (Gráfico 9), nota-se que no período analisado, os valores de número de dias consecutivos sem chuva significativa concentraram em dois períodos, sendo o primeiro entre 35 e 50 dias e o segundo entre 80 e 95 dias. Observa-se no Gráfico 9 ocorrência de 7 anos (19% dos anos analisados) com número de dias sem chuva significativa superior 100 dias. Vale destacar que a ocorrência destes longos períodos sem chuva significativa gera vários problemas para a região, tais como a redução na produção proveniente da atividade pecuária bovina, devido escassez de alimentos para os animais; redução da produção da agricultura, principalmente a de sequeiro; aumento no número de casos de doenças respiratórias; elevação no índice de incêndios, em decorrência da vegetação seca facilitar a propagação do fogo; redução da vazão nos cursos de água.

Ainda sobre o Gráfico 9, verifica-se que no período de 36 anos de dados, 3 valores de número de dias consecutivos sem chuva significativa/ano se repetiram, sendo eles 36, 48 e 88 dias consecutivos sem chuva.

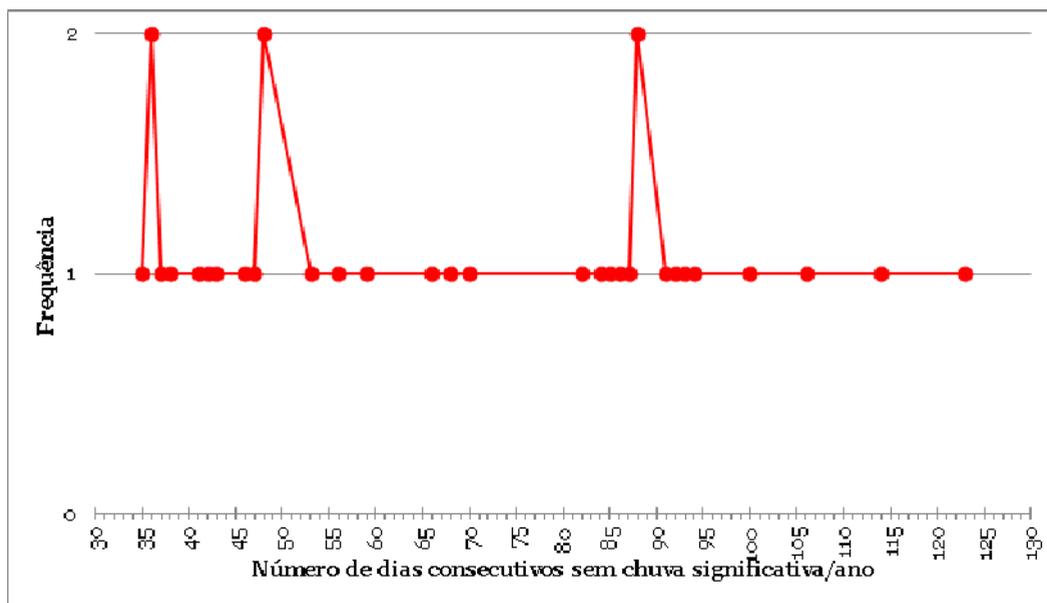


Gráfico 9: Frequência de número de dias sem chuva significativa/ano na Estação 1948006 (Fazenda Letreiro)
Org. dos autores.

Com base nos dados referentes ao número de dias consecutivos sem chuva significativa por ano, foi calculado o período de retorno utilizando a distribuição de Gumbel de máximos (Gráfico 10), onde, de acordo com os resultados obtidos através dos cálculos, pode-se dizer que no período de 2 anos poderá ocorrer um intervalo de 70 dias sem chuva significativa; no período de 5 anos um intervalo de 101 dias; no período de 10 anos um intervalo de 122 dias; no período de 20 anos um intervalo de 142 dias; no período de 50 anos um intervalo de 168 dias; e no período de 100 anos um intervalo de 187 dias sem chuva significativa. A partir destes dados de período de retorno do número de dias sem chuva significativa (Gráfico 10) e sabendo que a principal fonte de entrada de água no ciclo hidrológico terrestre é através da precipitação, as informações apresentadas no Gráfico 10 podem ser importantes como uma variável para análise da probabilidade de ocorrência de baixos índices de vazão nos cursos de água, desta forma, pode-se dizer que, estatisticamente, a cada período de anos poderá ocorrer determinado número de dias sem chuva significativa, fato este que contribui para determinar os valores de vazão baixa nos cursos de água da região no final do período sem chuva, pois há ausência ou pequena de entrada de água no ciclo neste período.

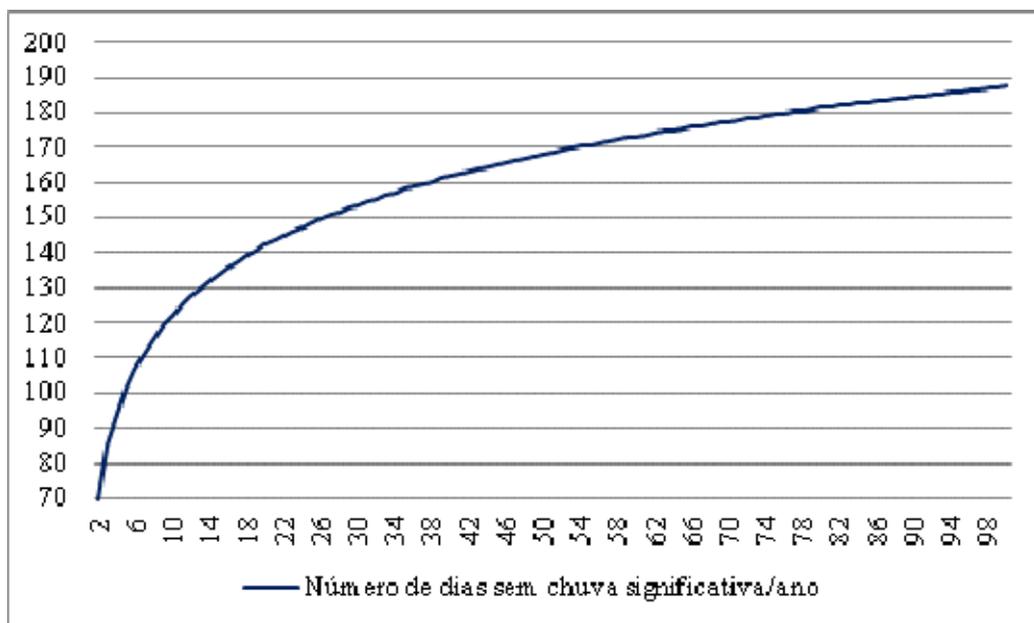


Gráfico 10: Período de retorno do número de dias consecutivos sem chuva significativa/ano (Gumbel) na Estação 1948006 (Fazenda Letreiro)
Org. dos autores.

Eventos pluviométricos concentrados

Neste trabalho foram analisadas, também, as precipitações máximas ocorridas em 1 dia ao longo do ano, sendo que ao aplicar as fórmulas das estatísticas descritivas (Tabela 6), nota-se que quanto as medidas de tendência central, a média das precipitações máximas no ano é de 84,1 mm, a moda é 69,3 mm e a mediana 78,5 mm, já as medidas de dispersão, a amplitude é de 82,2 mm, a variância de 456,7 mm e o desvio-padrão de 21,4 mm.

Medidas de tendência central			Medidas de dispersão		
Média	Moda	Mediana	Amplitude	Variância	Desvio-padrão
84,1	69,3	78,5	82,2	456,7	21,4

Tabela 6: Estatísticas descritivas das precipitações máximas diária/ano
Org. dos autores.

De acordo com o Gráfico 11, nota-se que a precipitação máxima diária por ano oscilou bastante ao longo do período analisado (1975-2010) com alguns picos chegando a atingir índices superiores a 100 mm/dia, nos anos de 1982, 1983, 1986, 1991, 1997, 2003, 2004 e 2010, destacando que nos anos de 1983, 1997, 2003, 2004 e 2010 a precipitação máxima diária alcançou 120 mm. Já nos anos de 1978 e 1990, a precipitação máxima diária/ano foi inferior a 50 mm.

No Gráfico 11 pode ser visualizado, também, a linha de tendência, onde verifica-se uma tendência de aumento nos índices de precipitação máxima diária/ano ao longo do período analisado (1975-2010).

Gráfico 11: Precipitação máxima diária/ano Estação 1948006 (Fazenda Letreiro)

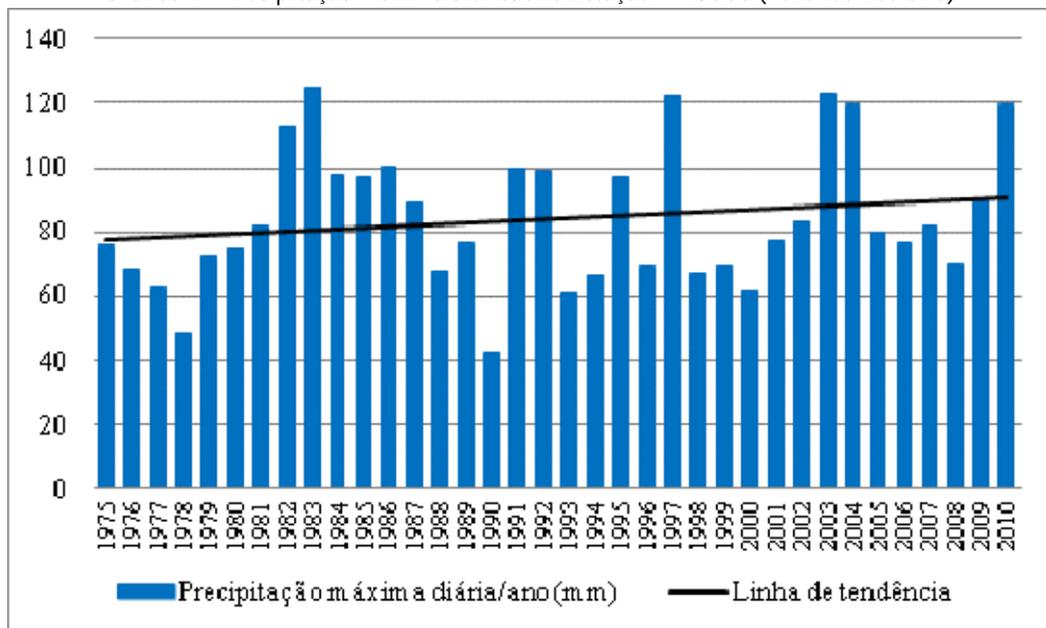


Gráfico 11: Precipitação máxima diária/ano Estação 1948006 (Fazenda Letreiro)
Org. dos autores.

Ao observar o Gráfico 12, referente a frequência de ocorrência de precipitação máxima diária por ano, percebe-se ao longo dos 36 anos analisados, os acumulados pluviométricos máximos diário por ano concentraram entre 65 e 85 mm/dia. É perceptível, também o registro de 8 anos (22% dos anos analisados) com precipitação máxima superior 100 mm/dia. Vale salientar que tais eventos pluviométricos concentrados causam problemas para a região, sobretudo no ambiente urbano, provocando enchentes e inundações que corroboram para a proliferação de doenças, além disso, muitas vezes, tal fenômeno pode culminar no óbito de pessoas em decorrência de acidentes e/ou do escoamento pluvial concentrado com grande intensidade.

Ainda sobre o Gráfico 12, pode visualizar que no período de 36 anos de dados, 5 índices de precipitação máxima diária/ano se repetiram, sendo eles 62, 67, 82, 97 e 120 mm/dia. Já em 2 casos o mesmo valor de precipitação máxima diária/ano se repetiu por 3 vezes ao longo do período, sendo os valores de 69 e 77 mm/dia.

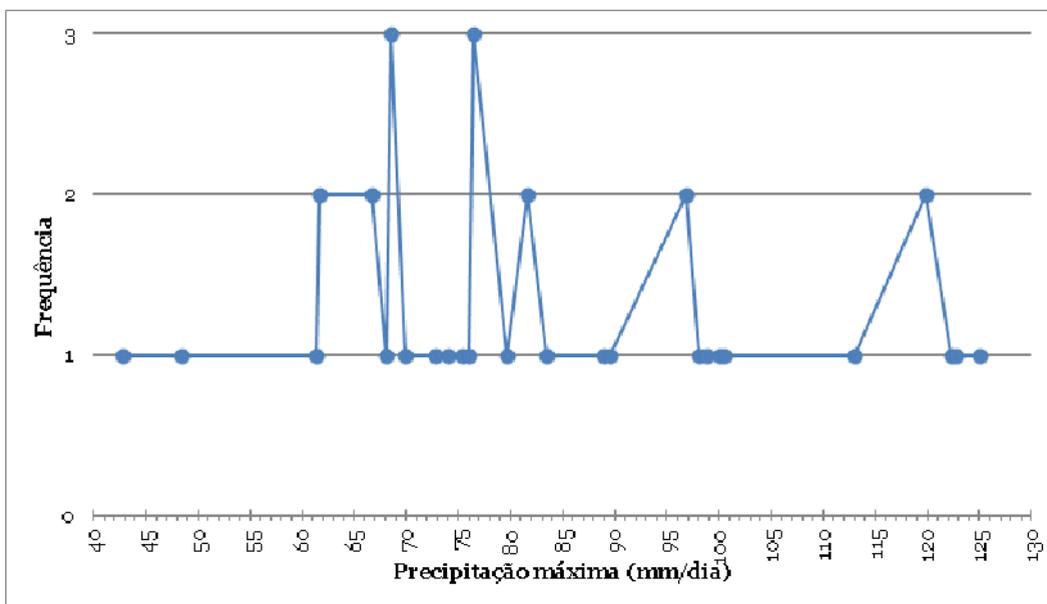


Gráfico 12: Frequência de precipitação máxima diária/ano Estação 1948006 (Fazenda Letreiro)
Org. dos autores.

Com base nos dados de precipitação máxima diária/ano, foram calculados, estatisticamente, o período de retorno em anos de uma precipitação máxima diária, utilizando a distribuição de Gumbel de máximos. Ao analisar o Gráfico 13, destaca-se alguns dados de precipitação referente a determinado período de retorno, sendo que, pode-se dizer que no período de 2 anos poderá ocorrer uma precipitação diária de 81 mm; no período de 5 anos uma precipitação de 102 mm; no período de 10 anos uma precipitação diária de 116 mm; no período de 20 anos uma precipitação de 130 mm; no período de 50 anos uma precipitação de 147 mm; e no período de 100 anos uma precipitação de 161 mm. A partir das informações de período de retorno de precipitações máximas (Gráfico 13), é possível adotar medidas preventivas de enchentes, bem como dimensionar a capacidade de armazenamento de água e amortecimento de enchentes em reservatórios na área de estudo e na área a jusante.

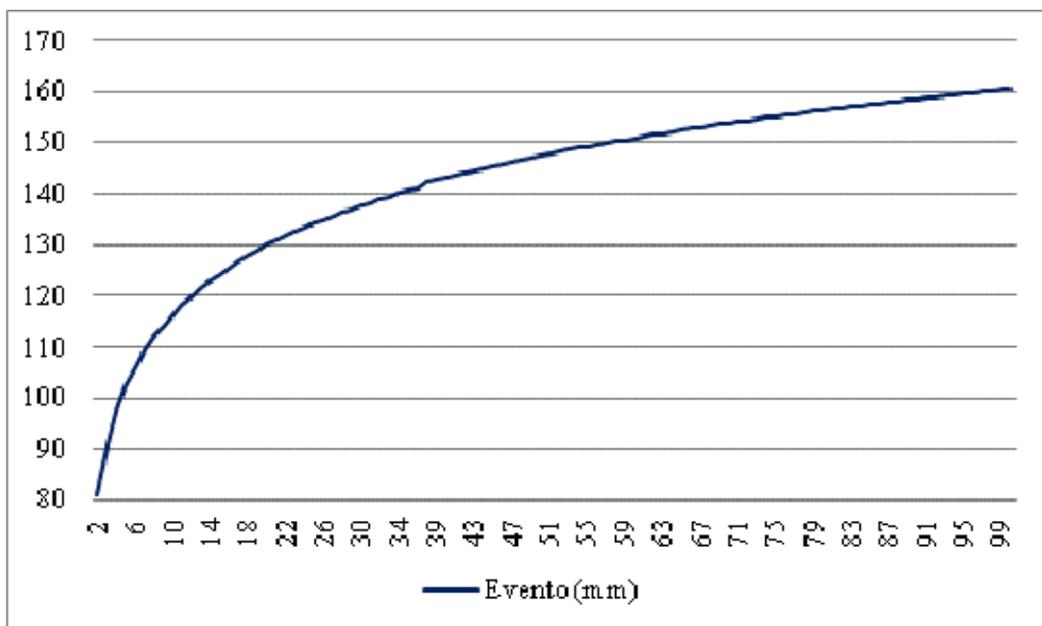


Gráfico 13: Período de retorno de precipitações máximas (Gumbel) na Estação 1948006 (Fazenda Letreiro)
Org. dos autores.

Curva de intensidade-duração-frequência de precipitações

Sobre a curva de intensidade-duração-frequência de precipitações, Bertoni e Tucci (2009) destacam que:

Correlacionando intensidades e durações das chuvas verifica-se que mais intensa for uma precipitação, menor será sua duração.

[...]

Para projetos de obras hidráulicas, tais como vertedores de barragens, sistemas de drenagem, galerias pluviais, dimensionamento de bueiros, entre outros, é necessário conhecer as três grandezas que caracterizam as precipitações máximas: intensidade, duração e frequência (ou tempo de retorno). (BERTONI; TUCCI, 2009, p. 201)

De acordo com o Gráfico 14, referente a curva de intensidade-duração-frequência das precipitações máximas na Fazenda Letreiro, nota-se um espaçamento maior dos períodos de retorno (Tr) quanto aos valores de intensidade das precipitações por minuto com duração de 5 minutos, sendo que este espaçamento reduz gradativamente de acordo com o aumento da duração das precipitações, destacando que a partir das precipitações de duração de 360 minutos (6 horas) até as de 1440 minutos (24 horas) a diferença entre os menores ($Tr = 2$ anos) e maiores valores ($Tr = 100$ anos) são menores que 0,20 mm/min, podendo considerar, assim, que esta diferença é baixa, ou seja, estatisticamente, precipitações com duração de mais de 360 minutos não ultrapassam a intensidade de 0,4 mm/min na Fazenda Letreiro.

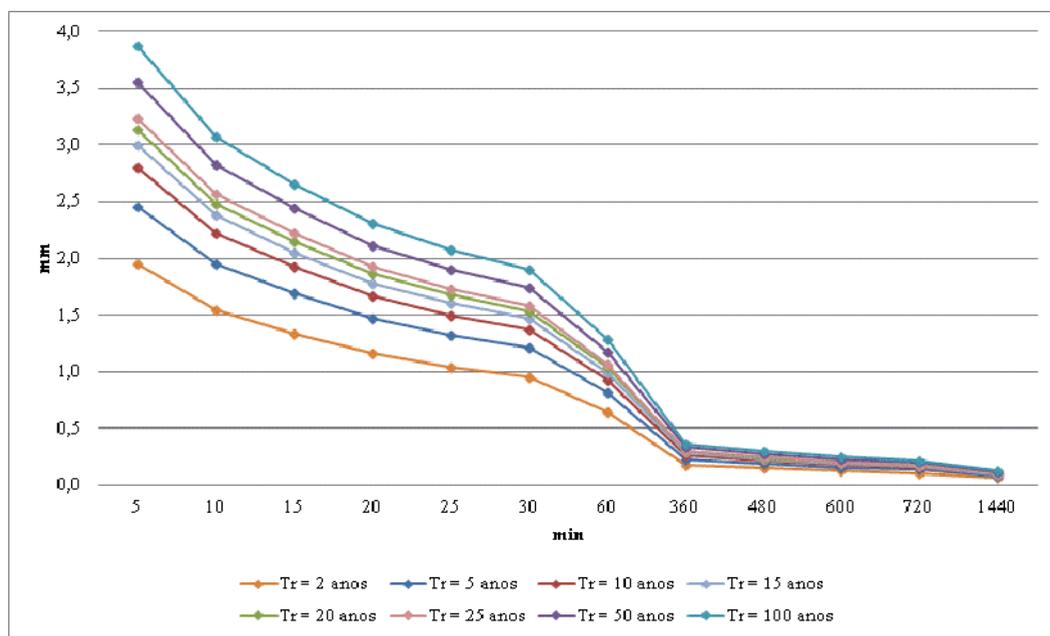


Gráfico 14: Curva de intensidade-duração-frequência de precipitações máximas da Estação 1948006 (Fazenda Letreiro)
Org. dos autores.

Ainda sobre o Gráfico 14, vale destacar os dados referentes as precipitações com duração de 5 minutos em que o espaçamento entre os períodos de retorno são maiores, em que ao observar a intensidade e frequência das precipitações nota-se que com período de retorno de 2 anos a intensidade é de 1,9 mm/min, com período de retorno de 5 anos a intensidade é de 2,5 mm/min, com período de retorno de 15 anos a intensidade é de 3,0 mm/min, com período de retorno de 50 anos a intensidade é de 3,0 mm/min e com período de retorno de 100 anos a intensidade é de 3,9 mm/min.

Considerações finais

A partir dos resultados obtidos neste trabalho e sabendo que na área de estudo o clima pode ser caracterizado como tropical semi-úmido com duas estações bem definidas: verão quente e úmido e inverno seco e com temperaturas amenas, pode-se afirmar que os principais problemas relacionados ao regime pluviométrico na estação pluviométrica da Fazenda Letreiro (Uberlândia-MG), diz respeito aos eventos extremos, tanto com altos índices pluviométricos concentrados em 1 dia, sobretudo no verão como com a ocorrência de um longo período sem chuvas significativas, no inverno.

No que se refere aos problemas ocasionados por eventos pluviométricos concentrados destacam-se o escoamento superficial concentrado, as enchentes dentre outros, gerando prejuízos sociais e econômicos para a população local. Já a ocorrência de longo período sem chuvas significativas pode causar danos,

sobretudo para o setor agropecuário, prejudicando tanto as lavouras, pela falta de água para o desenvolvimento da planta, como as pastagens responsáveis pela alimentação do rebanho. Além disso, tanto os eventos pluviométricos concentrados como o longo período sem chuvas significativas podem ser considerados como fenômenos causadores de problemas de saúde, sendo o primeiro pelo fato da água se transformar em vetor de doenças e o segundo referente as doenças relacionadas a estação seca, principalmente doenças respiratórias.

Ao relacionar os dados apresentados nos Gráficos 3, 8 e 11, que demonstram que na área de estudo há tendência de aumento nos totais pluviométricos anuais, no número de dias consecutivos sem chuva significativa e nas precipitações máximas diária/ano, podendo concluir, assim, que as precipitações estão se tornando mais concentradas, fato este que pode agravar problemas relacionados a enchentes e a secas, já que em eventos concentrados o escoamento superficial pluvial é maior em detrimento da infiltração, que é considerada mais eficiente em precipitações de menor magnitude, e como já se sabe, a água infiltrada durante o período chuvoso é uma das responsáveis pelo fluxo de base ao longo da estação seca.

Desta forma, as informações contidas neste trabalho podem servir como subsídio para o planejamento regional, tanto no âmbito urbano como rural, buscando minimizar os impactos gerados por eventos pluviométricos extremos, tanto por precipitação concentrada como por longo período sem precipitação.

Referências

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). HIDROWEB – Sistema de Informações Hidrológicas. Disponível em <<http://hidroweb.ana.gov.br/>> Acesso em: 15 jun. 2011.
- ANDRIOTTI, J. L. S. Fundamentos de Estatística e Geoestatística. São Leopoldo: Editora Unisinos, 2003. 165 p.
- ARAÚJO, L. E., SILVA, D. F., MORAES NETO, J. M., SOUSA, F. A. S. Análise da variabilidade espaço-temporal da precipitação na bacia do rio Paraíba usando IAC. Revista de Geografia, Recife, v. 24, n 1, p. 47-59, 2007.
- BERTONI, J. C.; TUCCI, C. E. M. Precipitação. In: TUCCI, C. E. M. (Org.). Hidrologia: ciência e aplicação. Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, 2009. P. 177-241.
- CAMARGO, A. P.; CAMARGO, M. B. P. Uma revisão analítica da evapotranspiração potencial. Bragantia, Campinas, v. 59, n. 2, p. 125-137, 2000.
- CARVALHO, D. F.; SILVA, L. D. B. Hidrologia. Rio de Janeiro: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2006. 115 p. Apostila. Disponível em: <http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/leonardo/it113-hidrologia.htm>. Acesso em: 10 nov. 2011.
- CETESB. Drenagem urbana: manual de projeto. 3. ed. São Paulo: CETESB, 1986. 464 p.
- CENTRO DE PREVISÃO DO TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS (CPTEC/INPE). Disponível em: <http://enos.cptec.inpe.br/>. Acessado em: 06 mar. 2012.
- GUIMARÃES, E. C. Geoestatística básica e aplicada. Uberlândia: UFU/FAMAT, 2004. 77 p. Apostila.
- GROPPO, J. D. Estudo de tendências nas séries temporais de qualidade de água de rios do Estado de São Paulo com diferentes graus de intervenção antrópica. 2005. 85 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2005.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Disponível em: <http://biblioteca.ibge.gov.br/>. Acessado em: 22 set. 2011.
- LANNA, A. E. Elementos de estatística e probabilidades. In: TUCCI, C. E. M. (Org.). Hidrologia: ciência e aplicação. Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, 2009. P. 79-176.
- LCRH-UFU – Laboratório de Climatologia e Recursos Hídricos da Universidade Federal de Uberlândia. Banco de dados climatológicos. Uberlândia, 2011.

- NAGHETTINI, M; PINTO, E. J. A. Hidrologia estatística. Belo Horizonte: CPRM, 2007. 552 p.
- ROLIM, G.S., SENTELHAS, P.C., BARBIERI, V. Planilhas no ambiente EXCEL TM para os cálculos de balanços hídricos: normal, sequencial, de cultura e de produtividade real e potencial. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v.6, n.1, p133-137, 1998.
- SANTOS, J. G.; ASSUNÇÃO, W. L. . Caracterização e duração das estações seca e chuvosa nos municípios de Chapadão do Sul e Costa Rica (MS). In: Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 14, 2011, Dourados-MS. Anais... Dourados: UFGD, 2011.
- VAREJÃO-SILVA, M. A. Meteorologia e climatologia. Recife: Versão digital 2, 2006.
- ZAVATTINI, J. A.; BOIN, M. N. Climatologia geográfica: teoria e prática de pesquisa. Campinas: Editora Alínea, 2013.