

PRECIPITAÇÕES MÁXIMAS DIÁRIAS ESPERADAS PARA AS REGIÕES CENTRAL E SUDESTE DE GOIÁS¹

Wilson Oliveira Mesquita², Nori Paulo Griebeler², Luiz Fernando Coutinho de Oliveira³

ABSTRACT

DAILY MAXIMA PRECIPITATIONS
EXPECTED FOR CENTRAL AND SOUTHEAST REGIONS
OF THE GOIÁS STATE, BRAZIL

In water management projects, mainly those related to water accumulation or conduction, the knowledge of expected precipitations for the different conditions is fundamental. The objective of this research was to determine the expected maxima precipitation for different Times of Return (TR), for the Central and Southeast regions of the Goiás State, Brazil. Daily precipitation data of 36 rain gages were used, obtained from the Brazilian National Water Agency (ANA) database, organized in an electronic worksheet and treated by the Kimball methodology for TR determination. The results indicated that differences between extreme values of maxima precipitations, for the same TR, exceeded 50% the lower precipitation values. This study also showed that the Northwest and Southeast regions of the studied area present large precipitation values, and the Central and East regions present lower values. These results emphasize the need for adoption of local values for planning hydraulic projects.

KEY-WORDS: Rain; hidrology; return period.

INTRODUÇÃO

Para o dimensionamento de obras hidráulicas, tanto urbanas, como rurais, é necessário o conhecimento da precipitação esperada, de modo que a estrutura planejada possa resistir adequadamente. No caso de obras rurais, esse tipo de conhecimento é necessário para o planejamento de sistemas de terraceamento agrícola, drenagem em estradas e implantação de barragens para atenuação de cheias, entre outros.

Para o conhecimento da precipitação, em estudos hidrológicos, é muito empregado o conceito

RESUMO

Em projetos hidroagrícolas, principalmente aqueles relacionados à acumulação ou condução de água, é fundamental o conhecimento das precipitações esperadas para as diferentes condições. Neste sentido, este trabalho teve por objetivo a determinação da precipitação máxima esperada, para diferentes períodos de retorno (TR), para as regiões central e sudeste do Estado de Goiás. Foram utilizados dados diários de precipitação de 36 estações pluviométricas. Os dados foram obtidos a partir da base de dados da Agência Nacional de Águas (ANA), sendo organizados em planilha eletrônica e tratados com base na metodologia de Kimball, para a determinação do TR. Os resultados indicaram que as diferenças entre os valores extremos de precipitações máximas, para um mesmo TR, ultrapassaram, em 50%, a menor precipitação e que as regiões noroeste e sudeste da área estudada apresentam valores de precipitação esperados maiores, enquanto, nas regiões central e leste, os valores mostraram-se menores. Estes resultados enfatizam a necessidade de adoção de valores locais para o planejamento de obras hidráulicas.

PALAVRAS-CHAVE: Chuva; hidrologia; período de retorno.

de tempo de recorrência ou período de retorno (TR) (Vieira et al. 1994). Este representa o número médio de anos, durante o qual se espera que a precipitação determinada seja igualada, ou superada uma única vez (Pinto et al. 1976, Cruciani 1986, Tucci 2000).

Para períodos de retorno menores que o número de anos de observações, é possível o uso do método de Kimball, ou do método de Califórnia (Villela & Mattos 1975, Pinto 1976, Cruciani 1986), sem necessidade de se ajustar uma lei probabilística teórica.

Estas precipitações devem ser extraídas de séries históricas locais, sendo o ideal o uso de,

1. Parte da dissertação do primeiro autor, desenvolvida no setor de Engenharia Rural da Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos/ UFG. Trabalho recebido em abr./2007 e aceito para publicação em mar./2009 (nº registro: PAT 744).
2. Universidade Federal de Goiás, Rodovia Goiânia–Nova Veneza, Km 0, Campus Samambaia, Cx. Postal 131, CEP 74.001-970, Goiânia, GO. E-mails: wilson_mesquita7@yahoo.com.br, griebeler@yahoo.com.br.
3. Universidade Federal de Lavras, Departamento de Engenharia Agrícola, Cx. Postal 3037, CEP 37.200-000, Lavras, MG. E-mail: lfco@pq.cnpq.br.

no mínimo, 30 anos de dados (Cruciani 1986, Tucci 2000). É, também, recomendável que sejam utilizados dados resultantes de pluviógrafos, nos quais é possível o acompanhamento da variação da precipitação, ao longo do tempo.

Segundo Ferreira (1999), a informação mais comumente disponível em dados de estações pluviométricas é a altura pluviométrica, observada diariamente, em horário fixado pelo órgão coordenador da estação. Deste modo, a chuva máxima de um dia é o total de chuva acumulada diariamente, até esse horário. Estas alturas pluviométricas máximas de um dia não devem ser confundidas com as máximas de 24 horas, pois estas são registradas continuamente, a partir de qualquer instante, com o uso do pluviógrafo (Ferreira 1999, Tucci 2000).

Vários autores têm relatado a escassez de registros pluviográficos (Assad et al. 1992, Wadt 2003, Ferreira 2005, Back 2009), dificultando a sua utilização. Back (2009) salienta que, como as leituras nos pluviômetros são realizadas sempre no mesmo horário, estas podem mostrar-se inferiores à precipitação máxima de 24 horas. Esta diferença não é desejável para dimensionamento de projetos hidroagrícolas, que devem ser projetados para suportar as máximas chuvas previstas para um determinado intervalo de tempo, normalmente relacionado ao custo e risco da obra.

Para a superação deste problema, tem sido comumente utilizada a metodologia da desagregação de chuvas de 24 horas, proposta por DAEE-Cetesb (São Paulo 1980, Oliveira et al. 2005), principalmente em estudos que necessitam de chuvas de curta duração. Por meio desta metodologia, é possível a estimativa da chuva de 24 horas, ou de intervalos menores, com base na aplicação de coeficientes, transformando-se, assim, o volume precipitado em intensidade.

Back (2009) observa que diferentes trabalhos têm evidenciado que a proporção entre a chuva máxima de 24 horas e a chuva máxima de 1 dia é, praticamente, constante e Tucci (2000) observa que esses fatores apresentam uma leve tendência de variar com o tempo de retorno. Back (2009) obteve, através de ajuste da equação de Bell, relações da precipitação máxima, com duração de 24 horas, sobre a precipitação máxima de 1 dia, para Urussunga, SC, que variam de 1,17, para o período de retorno de 2 anos, a 1,11, para o período de retorno de 100 anos,

com valor médio de 1,13. Esses valores são muito próximos ao proposto por DAEE-Cetesb (São Paulo 1980), que é de 1,14.

Mesmo para projetos que necessitam de volume precipitado, como é o caso de terraceamento em nível, ou bacias de acumulação de água em estradas, é de interesse o conhecimento da precipitação máxima, ocorrida em um período de tempo estabelecido em horas ou em minutos, relacionado a um tempo de retorno. O período de retorno utilizado dependerá do tipo de obra e da margem de segurança que se deseja obter. Quanto maior o período de retorno considerado, maior será a precipitação esperada e as dimensões da obra a ser dimensionada.

Em projetos hidroagrícolas, como a construção de terraços em nível, é comum o uso de tempo de retorno de 10 anos. A construção de terraços é uma das práticas agrícolas mais difundidas e utilizadas pelos agricultores, para o controle da erosão (Bertoni & Lombardi Neto 1985, Wadt 2003). Moreti et al. (2003), estudando terraceamento em nível para São Manuel, São Paulo, obteve precipitações esperadas de 63,4 mm; 98,4 mm; 115,0 mm; 130,8 mm; 151,4 mm; e 166,9 mm, respectivamente, para períodos de retorno de 2, 5, 10, 20, 50 e 100 anos.

Para o dimensionamento correto do terraço em nível, é necessário conhecer a precipitação máxima, em um período de 24 horas, que deverá ser interceptada pelo camalhão e infiltrada em seu canal. Para o terraço em desnível, o dimensionamento é realizado considerando-se a intensidade máxima de chuva, para um determinado tempo de concentração, que é função da área de captação da chuva (Cruciani 1989, Wadt 2003).

Mesmo determinando-se estes dados, a partir de precipitações diárias, eles ainda representam uma informação pontual, pois são obtidos e representativos da estação pluviométrica na qual foram obtidos. Para a obtenção de informações em locais nos quais não haja a disponibilidade de dados, é necessária a sua estimativa, a partir da transferência ou interpolação de valores registrados na vizinhança, o que pode ser realizado por meio do uso de técnicas de Geoprocessamento.

O termo “Geoprocessamento” denota uma área do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais, para o tratamento da informação geográfica, e que vem influenciando, de maneira crescente, as áreas de Cartografia, Análise de

Recursos Naturais, Transportes, Comunicações, Energia e Planejamento Urbano e Regional. As ferramentas computacionais para Geoprocessamento, chamadas de Sistemas de Informação Geográfica (SIG), permitem realizar análises complexas, ao integrar dados de diversas fontes e ao criar bancos de dados georreferenciados. Tornam, ainda, possível automatizar a produção de documentos cartográficos (Câmara et al. 2001, Assad & Sano 2003). O objetivo principal de um SIG é processar informações espaciais, por meio do uso de interpoladores, os quais permitem a espacialização de dados pontuais, possibilitando a estimativa em locais distantes daqueles nos quais os dados foram coletados. Mello et al. (2003) salientam que a comparação entre os interpoladores é de fundamental importância nos estudos de variáveis que apresentam dependência espacial, melhorando a qualidade das informações.

Com base no acima exposto, este trabalho teve por objetivo determinar e espacializar valores máximos de precipitação esperados para períodos de retorno de 5, 10, 15, 20 e 25 anos, para as regiões central e sudeste de Goiás, e, assim, contribuir para o dimensionamento de práticas conservacionistas de contenção de volume, principalmente terraceamento em nível.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado na Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Goiás. Foram utilizados dados de 36 estações pluviométricas, para determinação de precipitações máximas.

Os dados de precipitação foram obtidos através da Agência Nacional de Águas (2006). Foram selecionadas as estações localizadas entre as coordenadas 47°30' e 51°00' de longitude oeste e 15°30' e 19°00' de latitude sul, na região central e sudeste de Goiás, conforme apresentado na Figura 1. Nesta, é apresentada a divisão da área estudada em sub-regiões, visando a facilitar a orientação na área do estudo. Assim, a área é subdividida em noroeste (NW), norte (N), nordeste (NE), oeste (W), centro (C), leste (E), sudoeste (SW), sul (S) e sudeste (SE). É também apresentado um recorte da área selecionada para o estudo, com a divisão municipal e a localização das estações utilizadas.

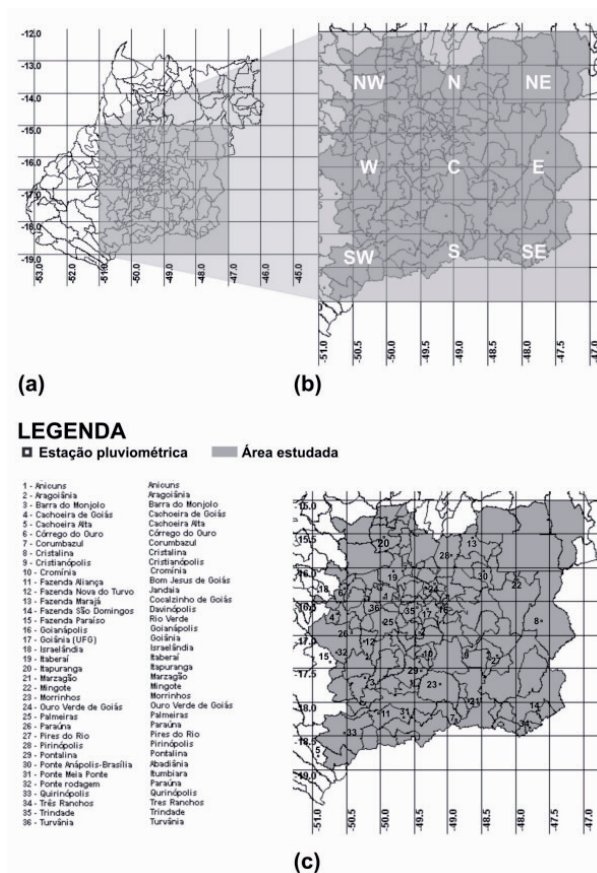


Figura 1. Estado de Goiás (a), divisão da área estudada em regiões (b) e recorte da área selecionada para estudo (c).

Visando a obter dados pluviométricos para a região, foram descartadas as estações localizadas fora da área delimitada por estas coordenadas, uma vez que estas estações não dispunham de uma série razoável de observações. Na análise dos dados, em cada estação, foram eliminados os anos da série que apresentavam falhas nas suas medições, sendo considerados somente os anos cujos dados estavam completos para a realização do trabalho. Foram, ainda, descartadas as estações com menos de 15 anos de dados válidos.

Na Tabela 1, são apresentadas as 36 estações selecionadas, indicando seu nome, localização, intervalo, anos descartados e número de anos válidos.

Os dados de precipitação, após exclusão dos anos falhos, foram organizados, separadamente, para cada estação, utilizando-se planilha eletrônica. Nesta planilha, foram extraídos os valores máximos de precipitação diária, associados a cada ano da

Tabela 1. Estações pluviométricas, localização (latitude e longitude) e número de anos da série.

Estação	Localização		Intervalo	Anos falhos na série	Série (anos)
	Latitude	Longitude			
Anicuns	16°27'55"	49°56'34"	1972-2003	73, 84, 90, 92, 93, 91	26
Aragoiânia	16°54'43"	49°27'08"	1974-2003	99	29
Barra do Monjolo ¹	17°43'56"	50°10'57"	1972-2003	73, 74, 94, 97	28
Cachoeira de Goiás	16°40'05"	50°38'56"	1974-2003	93	29
Cachoeira Alta	18°54'31"	50°51'01"	1973-2001	85- 96	17
Córrego do Ouro	16°17'55"	50°33'24"	1975-2003	77, 93	27
Corumbazul	18°14'31"	48°51'30"	1973-2003	78, 80, 81, 91, 93	26
Cristalina	16°45'23"	47°36'22"	1974-2003	---	30
Cristianópolis	17°11'31"	48°42'52"	1974-2003	91	27
Cromínia	17°17'28"	49°22'44"	1979-2003	87, 91, 92, 93, 94	20
Fazenda Aliança ²	18°06'17"	50°01'53"	1972-2003	91	31
Fazenda Nova do Turvo ³	17°04'45"	50°17'22"	1972-2003	91, 92, 93, 02	28
Fazenda Marajá ⁴	15°33'11"	48°34'38"	1985-2003	89, 90	17
Fazenda São Domingos ⁵	18°06'11"	47°41'41"	1970-2003	90, 93, 98	31
Fazenda Paraíso ⁶	17°27'57"	50°46'27"	1975-2003	80, 92, 93, 94	25
Goianópolis	16°30'59"	49°01'13"	1974-2003	92, 93	28
Goiânia	16°35'12"	49°21'14"	1975-2004	77	29
Israelândia	16°18'59"	50°54'19"	1974-2003	76	29
Itaberaí	16°01'49"	49°48'01"	1974-2003	88	29
Itapuranga	15°33'51"	49°56'37"	1970-2003	74	33
Marzagão	17°58'58"	48°38'29"	1974-2003	---	30
Mingote	16°09'21"	47°56'12"	1974-2003	77, 91, 96, 97, 99	25
Morrinhos	17°43'57"	49°06'55"	1976-2002	91, 93, 96, 00	25
Ouro Verde	16°13'41"	49°08'37"	1975-2002	88, 93	26
Palmeiras	16°48'11"	49°55'43"	1975-2003	86, 91, 99	27
Paraúna	16°56'56"	50°26'49"	1979-2003	83, 96	23
Pires do Rio	17°18'14"	48°16'15"	1977-2003	82, 84, 85, 91, 99, 02	21
Pirenópolis	15°51'00"	48°57'00"	1970-2003	98, 99	32
Pontalina	17°31'00"	49°26'28"	1974-2003	88	29
Ponte Anápolis-Brasília ⁷	16°05'00"	48°30'30"	1969-2003	92	34
Ponte Meia-Ponte ⁸	18°20'20"	49°36'39"	1972-2003	----	32
Ponte Rodagem ⁹	17°19'33"	50°40'55"	1975-2003	78, 79, 81	25
Quirinópolis	18°29'54"	50°31'43"	1972-2003	85, 88, 91-93, 97-00, 02	22
Três Ranchos	18°21'46"	47°46'46"	1972-2003	91,93	29
Trindade	16°39'34"	49°29'11"	1973-2003	91,93	29
Turvânia	16°36'34"	50°07'58"	1974-2003	94	29

¹ Município de Turvelândia; ² Município de Bom Jesus; ³ Município de Paraúna; ⁴ Município de Cocalzinho de Goiás; ⁵ Município de Catalão; ⁶ Município de Rio Verde; ⁷ Município de Alexânia; ⁸ Município de Itumbiara; ⁹ Município de Rio Verde.

série, obtendo-se, assim, uma lista de valores de precipitação máxima diária.

Estes valores foram, então, organizados, em ordem decrescente, independentemente do ano, sendo convertidos em precipitação de 24 horas, por meio da metodologia desenvolvida por DAEE-Cetesb (São Paulo 1980). Nesta metodologia, considera-se que chuvas de um dia possam ser convertidas em chuvas de 24 horas, multiplicando-se a intensidade observada por 1,14.

Posteriormente, foi determinada a probabilidade (P) de ocorrência de precipitação, utilizando-se a equação de Kimball,

$$P = \frac{m}{(N+1)}, \quad (1)$$

em que m corresponde à posição de cada um dos valores na ordenação decrescente de precipitação e N é o número total de anos da série.

O período de retorno (TR) foi determinado por meio do uso da equação 2.

$$TR = \frac{1}{P} \quad (2)$$

Com os dados obtidos das estações, foram obtidos valores variados de TR, os quais, no presente

trabalho, foram organizados em valores de TR de 5, 10, 15, 20 e 25 anos, cujos valores são, comumente, utilizados em projetos hidroagrícolas. Para esta separação, construiu-se um gráfico em que os valores de TR obtidos pela equação (2) foram lançados no eixo X e os valores de precipitação máxima de 24 horas no eixo Y. A estes dados, foi ajustado um modelo logarítmico, conforme exemplificado na Figura 2, para duas localidades do estudo, possibilitando-se a obtenção da precipitação máxima para cada TR.

Os valores pontuais de precipitação máxima, para os TRs de 5, 10, 15, 20 e 25 anos, foram espacializados no software Surfer (Golden Software Inc. 1996), utilizando-se o método do inverso da potência da distância, com expoente 2. A área considerada foi delimitada pelas coordenadas 51° e 47° de longitude oeste e 19° e 15° de latitude sul, resultando em uma malha de 421,3 km x 421,3 km, com pixel de 4,41”.

Todos os arquivos gerados foram armazenados no formato ASCII (texto). Na sequência, os arquivos gerados foram importados pelo software Idrisi (Clark University 1997). Para facilitar a visualização, as precipitações esperadas foram separadas em classes, que variaram de acordo com a amplitude dos dados originais. Esta variação foi de 6, 6, 8, 9 e 10, respectivamente, para os TRs de 5, 10, 15, 20 e 25 anos.

Após a geração das classes, a área selecionada para o estudo foi recortada, utilizando-se, no software Idrisi, uma operação de sobreposição, por meio de multiplicação entre as imagens geradas e uma imagem com os limites da região selecionada.

Aos arquivos gerados, foi associada uma paleta de cores, que permitisse diferenciar o intervalo de

classes das imagens geradas e abrangesse o máximo número de classes destas imagens. Adicionou-se uma grade de coordenadas, em graus decimais, dividida de 0,5 em 0,5 grau (30’), objetivando-se uma melhor interpretação e localização dos dados espacializados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2, são apresentados os valores máximos de precipitação de 24 horas, esperados para cada estação, e TR considerado, bem como as equações de ajuste geradas e os coeficientes de determinação. Observa-se, nesta Tabela, por meio dos coeficientes de determinação, que as curvas apresentaram, de maneira geral, bons ajustes aos dados de precipitação máxima de 24 horas.

Tomando-se os valores extremos apresentados na Tabela 2, verifica-se que as diferenças de precipitação máxima de 24 horas, entre as estações com valores maiores e menores, são de 52,3 mm; 61,2 mm; 67,2 mm; 76,1 mm; e 83,4 mm, para valores de TR de 5, 10, 15, 20 e 25 anos, respectivamente. Estas diferenças mostram-se expressivas, indicando que a simples extrapolação de dados, de uma localidade para outra, poderá elevar o risco de rompimento de estruturas, devido ao subdimensionamento, ou aumentar o custo, pelo superdimensionamento, de obras que venham a utilizar estas informações.

Observa-se, também, que as diferenças aumentam com o aumento do período de retorno, as quais, para quaisquer valores de TR, ultrapassam 50% do valor esperado para a localidade com menor valor de precipitação esperada, ressaltando-se, assim, que são valores bastante expressivos.

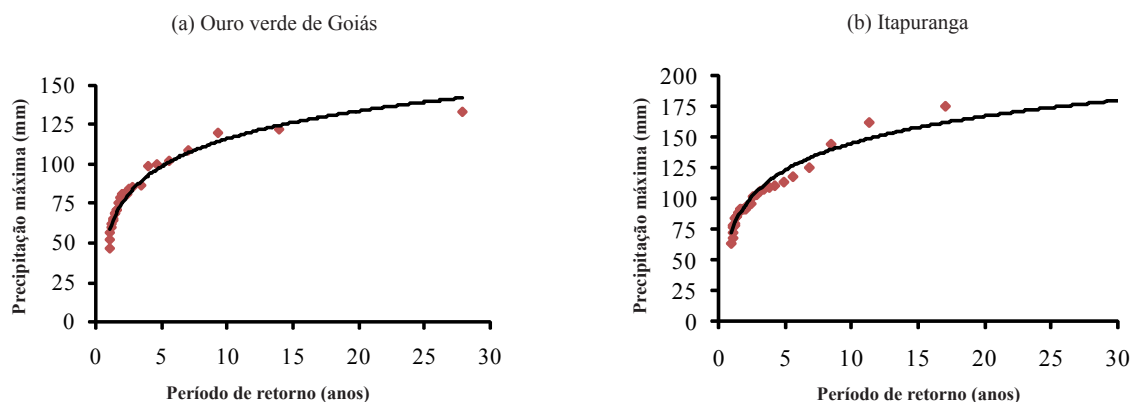


Figura 2. Curva de ajuste aos valores de precipitação máxima, para diferentes períodos de retorno.

Tabela 2. Estações pluviométricas e precipitações máximas de 24 horas, esperadas para diferentes períodos de retorno, e respectivas equações.

Estação	Período de retorno (anos)					Equação	r ²
	5	10	15	20	25		
Anicuns	108,9	134,3	149,2	159,8	168,0	36,713 Ln(TR) + 49,797	0,94
Aragoiânia	100,9	112,9	119,9	124,9	128,7	17,296 Ln(TR) + 73,052	0,90
Barra do Monjolo	123,7	144,0	155,9	164,4	170,9	29,353 Ln(TR) + 76,453	0,83
Cachoeira Alta	121,1	146,5	161,3	171,8	180,0	36,614 Ln (TR) + 2,171	0,75
Cachoeira de Goiás	118,1	138,2	150,0	158,3	164,8	28,609 Ln(TR) + 54,536	0,75
Córrego do Ouro	141,6	169,8	186,3	198,1	207,2	40,752 Ln(TR) + 66,655	0,90
Corumbazul	96,9	113,0	122,3	129,0	134,1	23,104 Ln(TR) + 59,760	0,85
Cristalina	107,1	133,0	148,2	159,0	167,4	37,448 Ln(TR) + 46,815	0,86
Cristianópolis	105,4	127,9	141,0	150,4	157,6	32,419 Ln(TR) + 53,251	0,75
Cromínia	121,8	146,5	161,0	171,2	179,2	35,691 Ln(TR) + 64,218	0,93
Fazenda Aliança	109,9	126,2	135,7	142,4	147,6	23,440 Ln(TR) + 72,184	0,86
Fazenda Marajá	107,7	124,5	134,3	141,3	146,7	24,178 Ln(TR) + 68,835	0,91
Fazenda Nova do Turvo	117,8	141,6	155,6	165,4	173,1	34,349 Ln (TR) + 2,558	0,89
Fazenda Paraíso	118,5	144,5	159,7	170,6	178,9	37,588 Ln(TR) + 57,957	0,91
Fazenda São Domingos	104,2	121,3	131,4	138,5	144,0	24,769 Ln(TR) + 64,305	0,92
Goianápolis	103,8	120,8	130,8	137,9	143,4	24,624 Ln(TR) + 64,138	0,91
Goiânia	109,0	127,2	137,9	145,5	151,3	26,285 Ln(TR) + 66,714	0,96
Israelândia	130,9	156,9	172,1	182,8	191,2	37,415 Ln(TR) + 70,730	0,94
Itaberaí	135,6	164,0	181,5	193,5	202,5	41,815 Ln(TR) + 68,255	0,91
Itapuranga	122,9	145,1	158,1	167,4	174,5	32,113 Ln(TR) + 71,166	0,96
Marzagão	89,3	108,6	119,9	127,9	134,2	27,848 Ln(TR) + 44,521	0,92
Mingote	101,6	122,4	134,6	143,2	150,0	28,623 Ln(TR) + 56,250	0,89
Morrinhos	122,7	143,9	156,3	165,1	171,9	30,592 Ln(TR) + 73,418	0,96
Ouro Verde de Goiás	112,4	132,5	144,2	152,5	159,0	28,923 Ln(TR) + 65,864	0,96
Palmeiras de Goiás	102,3	122,2	133,8	142,0	148,4	30,066 Ln(TR) + 53,170	0,85
Paraúna	129,0	154,4	169,3	179,8	188,0	36,678 Ln(TR) + 69,948	0,90
Pires do Rio	134,6	166,4	185,0	198,2	208,5	45,872 Ln(TR) + 60,820	0,95
Pirenópolis	107,6	133,0	147,8	158,3	166,5	39,591 Ln(TR) + 48,728	0,88
Pontalina	118,2	138,1	149,7	158,0	164,4	28,716 Ln(TR) + 71,952	0,95
Ponte Anápolis-Brasília	100,1	112,1	119,1	124,1	128,0	17,329 Ln(TR) + 72,215	0,93
Ponte Meia-Ponte	116,2	138,5	151,6	160,9	168,1	32,236 Ln(TR) + 4,340	0,97
Ponte Rodagem	126,8	154,5	170,7	182,2	191,1	39,951 Ln(TR) + 62,543	0,83
Quirinópolis	124,2	147,1	160,6	170,1	177,5	33,102 Ln (TR) + 0,939	0,93
Três Ranchos	130,7	165,4	185,8	200,2	211,4	50,158 Ln(TR) + 49,957	0,79
Trindade	112,8	129,2	138,8	145,6	150,9	23,688 Ln(TR) + 74,635	0,88
Turvânia	112,0	132,4	144,3	152,8	159,4	29,423 Ln(TR) + 64,669	0,98
Anicuns	108,9	134,3	149,2	159,8	168,0	36,713 Ln(TR) + 49,797	0,94

Nas Figuras 3 a 7, são apresentadas as superfícies geradas pela interpolação, considerando-se TR de 5, 10, 15, 20 e 25 anos, respectivamente.

Observa-se, nestas figuras, que, de maneira geral, independentemente do TR analisado, são esperadas maiores precipitações na região noroeste e sudeste da área e menores na região central, nordeste e sul.

Para TR de 5 anos (Figura 3), observa-se que a maior parte da área apresenta precipitação máxima esperada na faixa de 110 mm a 120 mm. A faixa de 90 mm a 110 mm localiza-se no oeste, centro, leste, norte, nordeste e, esparsamente, no noroeste, oeste,

centro, sudoeste, sul e sudeste da região em estudo, no entorno das estações de Anicuns, Fazenda Nova do Turvo, Cristianópolis, Corumbazul e Marzagão, sendo que a faixa de 90 mm a 100 mm concentra-se no entorno das estações de Corumbazul e Marzagão. A faixa de precipitação máxima, de 120 mm a 130 mm, localiza-se no noroeste e oeste desta região e, esparsamente, no centro, leste, sudoeste, sul e sudeste, no entorno das estações de Cromínia, Barra do Monjolo, Morrinhos, Quirinópolis, Pires do Rio e Três Ranchos. A faixa de 130 mm a 150 mm está concentrada no entorno das estações de Itaberaí, Córrego do Ouro, Pires do Rio e Três Ranchos,

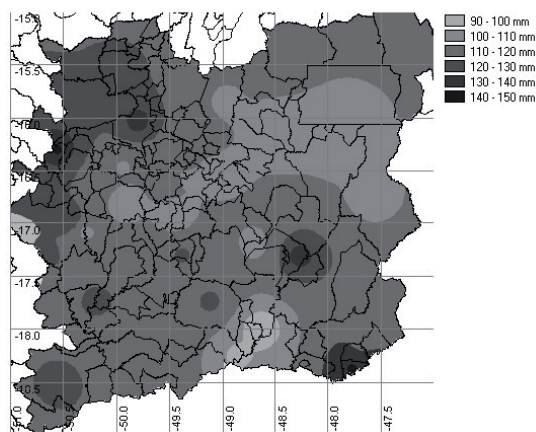


Figura 3. Precipitações máximas esperadas para o período de retorno (TR) de 5 anos, para as regiões central e sudeste de Goiás.

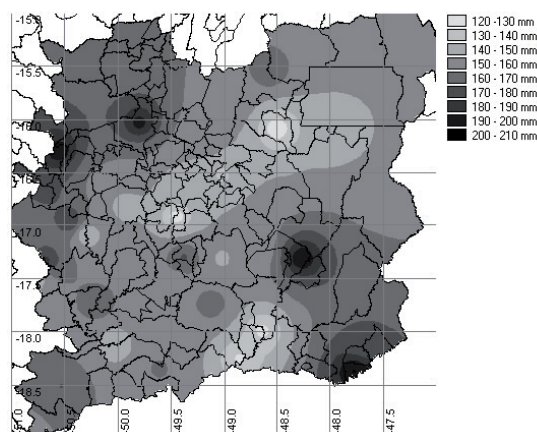


Figura 6. Precipitações máximas esperadas para o período de retorno (TR) de 20 anos, para as regiões central e sudeste de Goiás.

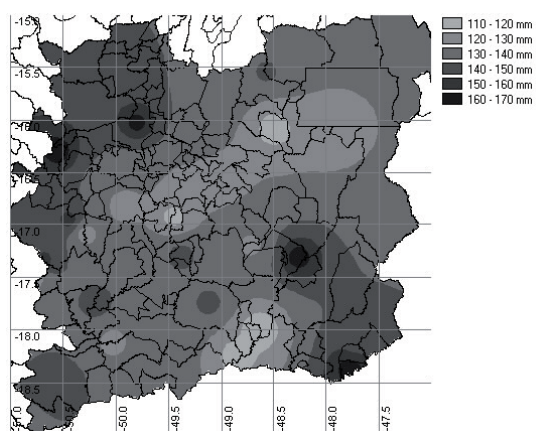


Figura 4. Precipitações máximas esperadas para o período de retorno (TR) de 10 anos, para as regiões central e sudeste de Goiás.

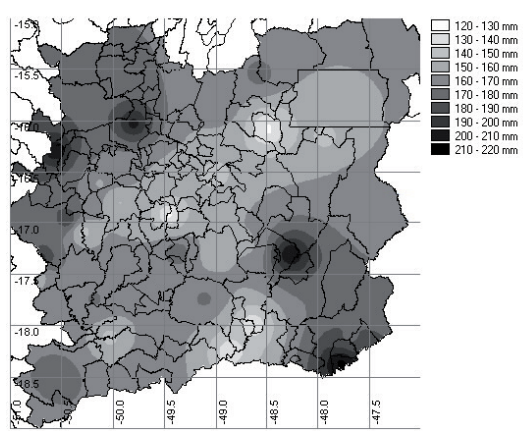


Figura 7. Precipitações máximas esperadas para o período de retorno (TR) de 25 anos, para as regiões central e sudeste de Goiás.

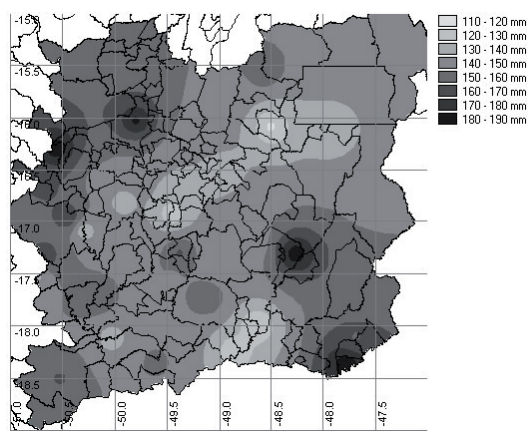


Figura 5. Precipitações máximas esperadas para o período de retorno (TR) de 15 anos, para as regiões central e sudeste de Goiás.

chegando a 141,6 mm, no entorno da estação de Córrego do Ouro, conforme pode ser verificado na Tabela 2.

Para TR de 10 anos (Figura 4), observa-se que, semelhante à figura anterior, a faixa de 130 mm a 140 mm predomina em quase toda a área. A faixa de precipitação de 110 mm a 130 mm localiza-se no oeste, centro, leste, norte, nordeste e, esparsamente, no oeste, centro, sudoeste, sul e sudeste da região, no entorno das estações de Fazenda Nova do Turvo, Cristianópolis, Fazenda Aliança, Marzagão e Corumbazul. A faixa de 110 mm a 120 mm concentra-se no entorno das estações de Aragoiânia, Ponte Anápolis-Brasília, Corumbazul e Mingote. A faixa de 140 mm a 170 mm localiza-se no noroeste, norte, oeste, leste, sul e sudeste e, esparsamente, no norte,

nordeste, centro, sudoeste e sul da região estudada, no entorno das estações de Quirinópolis, Barra do Monjolo, Morrinhos, Cromínia e Fazenda Marajá. A faixa de 150 mm a 170 mm está localizada no entorno das estações de Itaberaí, Córrego do Ouro, Fazenda Nova do Turvo, Fazenda Paraíso, Pires do Rio e Três Ranchos. A faixa de 160 mm a 170 mm se concentra no entorno das estações de Itaberaí, Pires do Rio e Três Ranchos, chegando a 169,8 mm, na localidade de Córrego do Ouro.

Para TR de 15 anos (Figura 5), observa-se que a maior parte da área apresenta faixa de 140 mm a 150 mm. De forma semelhante às outras figuras, a faixa de precipitação de 110 mm a 140 mm localiza-se no norte, nordeste, oeste, centro e, esparsamente, no oeste, sudoeste, sul e sudeste, no entorno das estações de Palmeiras de Goiás, Fazenda Nova do Turvo, Fazenda Aliança, Marzagão e Corumbazul, sendo que a faixa de 110 mm a 130 mm localiza-se no entorno das estações de Ponte Anápolis-Brasília, Aragoiânia, Corumbazul e Marzagão. A faixa de 150 mm a 190 mm localiza-se no noroeste, norte, oeste, centro, leste, sudoeste, sul e sudeste e, esparsamente, no norte, nordeste, oeste, centro, sudoeste, sul e sudeste, ao redor das estações de Fazenda Marajá, Cromínia, Morrinhos, Quirinópolis e Ponte Meia-Ponte. A faixa de 170 mm a 190 mm localiza-se no entorno das estações de Itaberaí, Pires do Rio e Três Ranchos, chegando a um valor de 186,3 mm, na localidade de Córrego do Ouro. Observa-se, também, que as estações de Itaberaí, Córrego do Ouro, Fazenda Nova do Turvo e Fazenda Paraíso tiveram suas áreas de influência aumentadas, quando comparadas às Figuras 3 e 4.

Para TR de 20 anos (Figura 6), observa-se que a maior parte da área apresenta precipitação no valor de 150 mm a 160 mm. A faixa de precipitação máxima de 120 mm a 150 mm localiza-se no nordeste, norte, oeste e centro e, esparsamente, no oeste, sudoeste, sul e sudeste da região, no entorno das estações de Fazenda Nova do Turvo, Fazenda Aliança, Marzagão e Corumbazul. A faixa de 120 mm a 140 mm localiza-se no entorno das estações de Ponte Anápolis-Brasília, Aragoiânia, Corumbazul e Mingote. A faixa de 160 mm a 210 mm localiza-se no noroeste, norte, oeste, centro, leste, sudoeste, sul, sudeste e, esparsamente, no norte e nordeste, centro, sudoeste e sul da região, no entorno das estações de Fazenda Marajá, Cromínia, Barra do Monjolo, Morrinhos, Ponte Meia-Ponte e Quirinópolis. A

faixa de 180 mm a 210 mm localiza-se no entorno das estações de Itaberaí, Córrego do Ouro e Pires do Rio, chegando a um valor de 200,2 mm para Três Ranchos. Verifica-se, nesta Figura, que a estação de Quirinópolis diminui a sua área de abrangência, quando comparada à Figura 3.

Para TR de 25 anos (Figura 7), a maior parte da área apresenta precipitação de 160 mm a 170 mm. Observa-se, na Figura, que a faixa de 120 mm a 150 mm localiza-se no norte, nordeste, oeste, centro, sudoeste, sul e sudeste da região de estudo e a faixa de 120 mm a 140 mm no entorno das estações de Ponte Anápolis-Brasília e Aragoiânia. A faixa de máxima de 170 mm a 220 mm localiza-se no noroeste, norte, oeste, centro, leste e sudeste e, esparsamente, no norte, nordeste, centro, sudoeste e sul da região, no entorno das estações de Fazenda Marajá, Cromínia, Barra do Monjolo, Morrinhos e Quirinópolis. A faixa de 180 mm a 220 mm localiza-se no entorno das estações de Itaberaí, Córrego do Ouro e Pires do Rio, chegando a um valor de 211,4 mm para Três Ranchos.

Na Figura 2 (2a e 2b), utilizada para demonstrar a forma de determinação das equações e obtenção dos valores de TR para os intervalos considerados, observa-se que as precipitações máximas tendem a se concentrar nos menores valores de TR. Isto se deve ao fato de estas precipitações estarem associadas a maiores probabilidades de ocorrência, ou seja, os maiores valores de precipitações máximas estão associados a menores probabilidades. Na Figura 2a, as curvas de ajuste tendem a um valor constante, assemelhando-se a uma reta e reduzindo as diferenças esperadas com a variação nos valores de TR. Na Figura 2b, ocorre o contrário, ou seja, a curva tende a ser mais aberta, tendendo a haver uma diferença maior entre os valores de TR, principalmente entre os de maiores valores. Isto pode ser observado na Tabela 1, quando comparadas as diferenças entre as precipitações máximas, de diferentes valores de TR, para uma mesma estação. Estas diferenças nas intensidades interferem no dimensionamento e, conseqüentemente, no custo de obras, quando se altera o valor de TR de projeto, para curvas de ajustes de precipitações máximas mais inclinadas, ou seja, quanto maior a variação entre o valor mínimo e máximo nos dados de precipitação máxima anual, maior será a diferença esperada, em termos de dimensionamento e custo esperado, quando da alteração do valor de TR utilizado.

CONCLUSÕES

1. A diferença entre os valores extremos de precipitações máximas, para diferentes estações pluviométricas, para um mesmo TR na área estudada, ultrapassou 50% da menor intensidade. Isto evidencia a necessidade do conhecimento da precipitação máxima local, para o dimensionamento de obras hidráulicas.
2. A região noroeste e sudeste da área estudada apresentam lâminas máximas de precipitação esperadas maiores, enquanto as regiões central e leste da área estudada apresentam lâminas máximas de precipitação esperadas menores, para um mesmo valor de TR.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. *Hidroweb*: sistema de informações hidrográficas. 2005. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br/>>. Acesso em: 31 fev. 2006.
- ASSAD, E. D.; MASUTOMO, R.; ASSAD, M. L. L. Estimativa das precipitações máximas prováveis com duração de 24 horas e de 30 minutos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v. 27, n. 5, p. 677-686, 1992.
- ASSAD, E. D.; SANO, E. E. *Sistemas de informações geográficas: aplicações na agricultura*. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa-SPI/ Embrapa-CPAC, 2003.
- BACK, A. J. Relações entre precipitações intensas de diferentes durações ocorridas no município de Urussunga, SC. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 13, n. 2, p. 170-175, 2009.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. *Conservação do solo*. Piracicaba: Livrocere, 1985.
- CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. *Fundamentos de geoprocessamento*. São José dos Campos: INPE, 2001.
- CLARK UNIVERSITY. *Idrisi for Windows: user's guide*. Worcester: Clark University, 1997.
- CRUCIANI, D. E. *A drenagem na agricultura*. São Paulo: Nobel, 1986.
- CRUCIANI, D. E. Dimensionamento de sistemas de drenagem superficial e terraços com base nas características hidrológicas locais. In: SIMPÓSIO SOBRE TERRACEAMENTO AGRÍCOLA, 1., 1988, Campinas. *Anais...* Campinas: Fundação Cargill, 1989. p. 26-59.
- DAKER, A. *A água na agricultura*. 4. ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1976. v. 3.
- FERREIRA, J. C. *Mapas mensais de precipitação máxima e erosividade para o Estado de São Paulo de interesse à engenharia*. 1999. 144 f. (Doutorado em Engenharia Agrícola)–Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1999.
- FERREIRA J. C.; DANIEL, L. A.; TOMAZELA, M. Parâmetros para equações mensais de estimativas de precipitação de intensidade máxima para o Estado de São Paulo – Fase I. *Ciência Agrotécnica*, Lavras, v. 29, n. 6, p. 1175-1187, 2005.
- GOLDEN SOFTWARE INC. *Surfer for Windows*. Version 6.04. [S. l.]: Golden Software Inc., 1996.
- MELLO, C. R. et al. Krigagem e inverso do quadrado da distância para interpolação dos parâmetros da equação de chuva intensas. *Revista Brasileira de Ciência Solo*, Viçosa, v. 27, n. 5, p. 925-933, set./out. 2003.
- MORETI, D. et al. Importantes características de chuva para a conservação do solo e da água no município de São Manuel (SP). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 27, n. 4, p. 713-725, 2003.
- OLIVEIRA, L. F. C. et al. Intensidade-duração-frequência de chuvas intensas para localidades no Estado de Goiás e Distrito Federal. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiânia, v. 35, n. 1, p. 13-18, 2005.
- PINTO, N. S. et al. *Hidrologia básica*. São Paulo: Edgar Blücher, 1976.
- SÃO PAULO (Estado). Departamento de Água e Energia Elétrica/Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (DAEE-Cetesb). *Drenagem urbana: manual de projeto*. São Paulo: DAEE/Cetesb, 1980.
- TUCCI, C. E. M. *Hidrologia: ciência e aplicação*. 2. ed. Porto Alegre: ABRH, 2000.
- VILLELA, M. S.; MATTOS, A. *Hidrologia aplicada*. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975.
- VIEIRA, D. B.; LOMBARDI NETO, F.; SANTOS, R. P. Análise das intensidades de chuvas em Pindorama (SP). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 18, n. 2, p. 255-260, maio/ago. 1994.
- WADT, P. G. S. *Construção de terraços para controle de erosão pluvial no Estado do Acre*. Rio Branco: Embrapa Acre, 2003. (Documentos, 85).