

XIX SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

EQUAÇÃO DE INTENSIDADE-DURAÇÃO-FREQUÊNCIA E DISTRIBUIÇÃO TEMPORAL DAS CHUVAS INTENSAS PARA O MUNICÍPIO DE UBERLÂNDIA APLICADAS NA ESTIMATIVA DE VAZÕES CRÍTICAS GERADAS EM LOTES

Marcelo Martinelli Francischet¹; José Eduardo Alamy Filho²

Resumo – A obtenção da equação intensidade-duração-frequência e a caracterização da distribuição temporal das chuvas intensas para um município criam oportunidade para vários campos de estudos que têm, como fator determinante, a utilização destes instrumentos, quantificando e qualificando os efeitos ocasionados, servindo como parâmetro de entrada e buscando resolução específica para projetos de engenharia que lidam com a infraestrutura urbana. Neste artigo, foram analisados dados históricos das precipitações diárias máximas anuais, de 1981 a 2010, de uma estação climatológica e uma estação meteorológica no município de Uberlândia, estado de Minas Gerais. As distribuições temporais das fitas pluviográficas aproximaram-se das curvas do método SCS, para as maiores tormentas dos anos de 1996, 1999, 2002, 2003 e 2005, embora nos anos de 1998, 2000, 2001 e 2004 as precipitações máximas tenham se aproximado da distribuição temporal de Huff. Porém, na análise de vazões críticas geradas em lotes, uma distribuição temporal adequada para ser adotada para o Município de Uberlândia é a tormenta máxima do ano de 2006, que provocou as maiores vazões no lote padrão.

Abstract – The elaboration of intensity-duration-frequency equations and the characterization of the temporal distribution of intense rains create opportunity for a municipality to various fields of studies that have as a decisive factor to use these tools, quantifying and qualifying the effects caused and seeking resolution of specific projects of engineering and urban infrastructure. In this paper was analyzed historical data of annual maximum daily rainfall from 1981 to 2010 from a climatological station and a meteorological station in the city of Uberlandia. The temporal distributions of pluviograph tapes were similar to the curves of SCS method, for the years of 1996, 1999, 2002, 2003 and 2005. Despite this, in the years of 1998, 2000, 2001 and 2004 the observed curves were close to the temporal distribution of Huff. However, the temporal distribution to be adopted for the municipality of Uberlândia (MG) is the maximum storm of 2006, causing the highest rates in the standard allotment.

Palavras-Chave: precipitação, equação de chuva, distribuição temporal.

¹ Mestrando em Engenharia Civil, área de Planejamento e Infra-Estrutura Urbana. Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Av. João Naves de Ávila, 2121 – Bloco 1Y – Campus Santa Mônica, CEP: 38.400-902 - Uberlândia – Minas Gerais – Brasil, E-mail: mmfrancischet@bol.com.br.

² Professor da Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Av. João Naves de Ávila, 2121 – Bloco 1Y – Campus Santa Mônica, CEP: 38.400-902 - Uberlândia – Minas Gerais – Brasil, E-mail: zealamy@yahoo.com.br

1 INTRODUÇÃO

A determinação da equação intensidade-duração-frequência e a caracterização da distribuição temporal das chuvas intensas são decisivas para a quantificação das vazões de cheia, podendo auxiliar na prevenção ou solução dos efeitos de inundações acarretados por estes eventos extremos em áreas urbanas, um dos problemas de relevância da engenharia hidrológica.

A prevenção, ou solução, dos efeitos de inundações estão vinculadas ao controle da chuva excedente, exigindo sua quantificação e caracterização, obtidas a partir da transformação chuva-vazão por modelos matemáticos, que buscam representar o processo de maneira simples, “fornecendo resultados compatíveis com os observados através de medições de precipitações e de vazões” (RIGHETTO, 1998).

O conhecimento da precipitação máxima é de relevância para os projetos de canalizações de drenagem, pois é o fenômeno que ocasionará o pico de deflúvio a ser conhecido e escoado, e que estabelece as características dos elementos hidráulicos drenantes. Contudo, segundo Canholi (2005), para obras de armazenamento pluvial, a importância está vinculada ao conhecimento do hietograma da precipitação e do volume de deflúvio.

Na determinação da equação de chuva, conforme afirma Righetto (1998), a distribuição de Gumbel é uma das mais apropriadas para as análises de fenômenos extremos, como as precipitações máximas (RIGHETTO, 1998) para o caso de projetos de sistemas hidráulicos e avaliação de cheias, o que permite o trabalho com dados de pluviômetros, para locais desprovidos de pluviógrafos.

O conhecimento da distribuição temporal das precipitações é importante para a “caracterização do regime das variáveis meteorológicas de uma região” (BLAIN et al., 2007). Os referidos autores estudaram a distribuição temporal de precipitação pluvial mensal no posto meteorológico do Instituto Agrônomo de Campinas, “buscando-se tendências no regime desse elemento”.

Longo, Sampaio e Suszek (2006) elaboraram a equação de chuvas intensas e a precipitação provável para o município de Cascavel (PR), por meio da série de dados históricos de precipitação de 1972 a 1996 de uma estação climatológica situada no município, “visando contribuir para o planejamento de atividades que são influenciadas pela quantidade de água precipitada, em que os resultados condicionam decisões de ordem tática ou estratégica em atividades como agropecuária, construção civil e turismo”.

Cruciani, Machado e Sentelhas (2002) analisaram dados de pluviogramas do período de 1966 a 2000 da cidade de Piracicaba (SP), para a determinação da distribuição temporal de chuvas intensas de 60 e de 120 min de duração, justificando que o “estudo da variação temporal de chuvas

intensas é de grande importância na hidrologia, para a análise e previsão de eventos extremos, necessárias em projetos de controle de engenharia”.

Sentelhas et al. (1998) descrevem estudos de vários autores em torno dos temas propostos para o desenvolvimento deste trabalho, ou seja, equação de intensidade-duração-frequência e distribuição temporal de chuvas intensas: Occhipinti & Santos (1965) estudaram as máximas precipitações ocorridas na cidade de São Paulo, investigando as relações "intensidade-duração-frequência"; já Setzer (1972), elaborou um estudo com 55 postos pluviométricos, distribuídos nas mais diversas regiões do Estado de São Paulo, apresentando resultados quanto à duração e recorrência de chuvas máximas. Estudos semelhantes foram realizados por Vieira & Medeiros (1980), Vieira & Souza (1983) e Vieira et al. (1988), respectivamente, para as regiões de Limeira, Ribeirão Preto e Piracicaba, e por Goulart et al. (1992) para Pelotas, RS. Trabalhos voltados para a área agrícola têm determinado a probabilidade de ocorrência de chuvas máximas em 24 horas (Piccinini & Angelocci, 1997; Silva et al., 1997). Outros trabalhos têm tratado da distribuição espacial das chuvas intensas, como o realizado por Goulart (1992) para a região de Pelotas, RS, da probabilidade de ocorrência de totais pluviais máximos horários, como o realizado por Mello et al. (1994) para Campinas, SP, e, ainda, da caracterização da chuva horária (Pezzopane et al., 1995), todos eles tendo grande aplicação na área agrícola.

Desta forma, devido ao interesse e à importância das aplicações que desperta os temas deste trabalho, o mesmo foi executado, primeiramente, pela análise dos dados pluviométricos para a obtenção da equação de chuva, prosseguindo pela obtenção do hietograma característico por meio da análise dos dados pluviográficos, comparando-os às distribuições de *Huff* e do método *SCS*, com análise das vazões de cheia e das vazões efluentes dos reservatórios de retenção, calculadas pelos métodos Santa Bárbara e de *Pulz*, respectivamente.

Os objetivos deste trabalho residem no estabelecimento da equação intensidade-duração-frequência e na caracterização do modelo representativo da distribuição temporal da chuva de 24 h, em Uberlândia, MG. A equação de chuva foi construída com uma maior abrangência da série de registros de precipitação, utilizando valores até o ano de 2010, tornando-a mais representativa e atual para o município.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Para a análise das precipitações, foram utilizados os dados da Estação Meteorológica do Parque do Sabiá, nº 83.527, Latitude: 18° 55' S – Longitude: 48° 17' W, com período de 1981 a 1995 (15 anos), e da Estação Climatológica do Instituto de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Latitude: 18° 55' S – Longitude: 48° 15' W, com período de 1996 a 2010 (15

anos). Ambas são estações pluviométricas urbanas pertencentes à bacia do Córrego São Pedro, com localizações próximas, distanciadas de 1,82 km.

O emprego dos dados de ambas é justificado por estarem dentro de uma mesma distribuição espacial pluviométrica, conforme critérios adotados por *Drainage Criteria Manual*, de Denver, apud DAEE/CETESB (1980), em que os valores pluviométricos não sofrem redução e são representativos para o entorno de um posto pluviométrico, para áreas de 1 km² a 25 km².

Desta forma, as chuvas de 1 dia foram definidas por meio da Equação (1), conforme Righetto (1998), a partir da série anual elaborada com o período de 1981 a 2010.

$$\frac{(P' - \alpha)}{\beta} = -Ln(Ln(\frac{1}{F})) \quad (1)$$

Na Equação (1), P' é a altura de precipitação, em mm; α e β são parâmetros adimensionais; F é a frequência; Tr é o período de retorno (anos).

Com as chuvas de 1 dia, calculadas para diversos períodos de retorno e as relações de durações para chuvas de menores durações de Magni (1984) e DNOS (Departamento Nacional de Obras de Saneamento) apud Tomaz (2002), foi determinada a equação de chuva na forma normalmente empregada para a determinação da equação intensidade-duração-frequência, Equação (2), conforme elucidam Villela e Mattos (1975).

$$i = \frac{C}{(t + t_0)^n} \quad (2)$$

Na Equação (2), i é a intensidade máxima média, $[i] = LT^{-1}$, para a duração t ; C , t_0 e n são parâmetros da equação a serem determinados.

Os parâmetros da Equação (2) foram desta forma obtidos: o valor de t_0 foi calculado em planilhas, para os períodos de retorno de 02, 05, 10, 20, 50, 100 e 200 anos, de acordo com o melhor ajuste de cada reta, analisando-se o coeficiente de determinação R^2 , quanto à aproximação da unidade. Os valores de C e n foram calculados pelo Método dos Mínimos Quadrados.

Logo, para a determinação do hietograma característico da chuva de 24 h, foi analisada a série anual, com as tormentas máximas anuais com período de 15 anos de dados, correspondente aos anos de 1996 a 2010 referentes aos dados pluviográficos de chuva de 1 dia, da Estação Climatológica do Instituto de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia.

A leitura das fitas pluviográficas possibilitou a obtenção da duração e da altura pluviométrica de cada precipitação que, acumuladas em frações de chuva a cada hora, permitiram a geração dos hietogramas reais. Estes foram comparados com os hietogramas das distribuições de Huff, 1º quartil, 2º quartil, 3º quartil e 4º quartil, com 10%, 50% e 90% de probabilidades, e com as curvas

tipo I, tipo IA, tipo II e tipo III do método SCS, permitindo a construção do hietograma característico do município de Uberlândia.

Na construção do hietograma característico, também foi considerada a distribuição temporal que provocasse o maior caudal na saída de um lote padrão adotado e a utilização de um reservatório de retenção domiciliar na saída deste lote padrão.

O lote padrão adotado, que recebeu o estímulo e ocasionou a resposta, utilizado no cálculo das vazões, tem como características físicas: área do lote de 300 m², área construída com 70% de área de telhado, 20% de área gramada e 10% de piso pavimentado.

As vazões finais de saída do lote em questão, para a verificação da tormenta crítica, foram calculadas pelo método Santa Bárbara conforme a Equação (3), segundo Tomaz (2002).

$$Q_j = Q_{j-1} + K_r \cdot (I_{j-1} + I_j - 2 \cdot Q_{j-1}) \quad (3)$$

Na Equação (3), Q_j é a vazão de saída do reservatório no tempo (j), em m³/s; Q_{j-1} é a vazão de saída do reservatório no tempo (j-1), em m³/s; I_j é a vazão de entrada para o reservatório no tempo (j), em m³/s; I_{j-1} é a vazão de entrada para o reservatório no tempo anterior (j-1), em m³/s; K_r é o coeficiente de retardo (adimensional).

Salienta-se que o Método Santa Bárbara trata a área como um reservatório imaginário. Assim, o lote responde com uma vazão de entrada I induzida por uma precipitação, que gera a vazão de saída no lote, que equivale aos termos Q da Equação (3).

O coeficiente de retardo pode ser calculado pela Equação (4).

$$K_r = \frac{\Delta t}{(2 \cdot t_c + \Delta t)} \quad (4)$$

Na Equação (4), t_c é o tempo de concentração do lote, em segundos; Δt é o intervalo de tempo, também em segundos.

Já o reservatório de retenção domiciliar foi utilizado devido à possibilidade do mesmo gerar uma vazão de saída não proporcional à vazão de saída do lote, ou seja, a maior vazão de saída do lote não implica que necessariamente seja originada a maior vazão de saída do reservatório de retenção domiciliar. cujo dimensionamento foi efetuado utilizando-se a própria distribuição temporal real da Estação Climatológica do Instituto de Geografia no momento da análise.

Assim, o reservatório de retenção utilizado foi dimensionado pelo método de Baker, conforme Equação (5), sendo verificado o funcionamento de suas características adotadas preliminarmente, como cota máxima fixada para o pico de vazão máxima, volume e dispositivos hidráulicos de saída, dois orifícios de fundo com 5 cm e vertedor retangular de parede espessa. Esta

verificação utilizou o processo de propagação *routing*, onde foi obtido o hidrograma de saída do dispositivo de detenção.

$$\frac{V_s}{V_{depois}} = 1 - \alpha \quad (5)$$

Na Equação (5), V_s é o volume do reservatório de detenção (m^3); V_{depois} é o volume do *runoff* do escoamento (m^3); $\alpha = Q_{antes} / Q_{depois}$, sendo Q_{antes} a vazão de pico do terreno natural do lote e Q_{depois} a vazão de pico do lote ocupado, em (m^3/s).

O método de armazenamento, ou seja, o método modificado de Pulz foi elaborado em 1928 conforme equação da continuidade da forma da Equação (6).

$$\frac{dS}{dt} = I - Q \quad (6)$$

Na Equação (6), S é o armazenamento; t é o tempo; I é a vazão de entrada do reservatório; Q é a vazão de saída do reservatório.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As chuvas de 1 dia, calculadas pela distribuição de *Gumbel* a partir da série anual, podem ser verificadas na Tabela 1, de acordo com o período de retorno requerido.

Tabela 1 – Precipitações de 1 dia (P), pelo método de Gumbel

T (anos)	2	5	10	20	50	100	200
F	0,5	0,8	0,9	0,95	0,98	0,99	0,995
Ln(1/F)	0,693	0,223	0,105	0,051	0,02	0,01	0,005
P (mm)	81,96	105,02	120,28	134,93	153,88	168,08	182,24

Com os dados de chuva de 1 dia estabelecidos pela distribuição de Gumbel, foram calculados os valores das alturas pluviométricas para as chuvas de durações menores, por meio das relações entre chuvas de diferentes durações. Em gráfico mono-logarítmico, foram elaboradas as curvas de tendência da relação altura pluviométrica-duração-frequência, para cada período de retorno, conforme Figura 1.

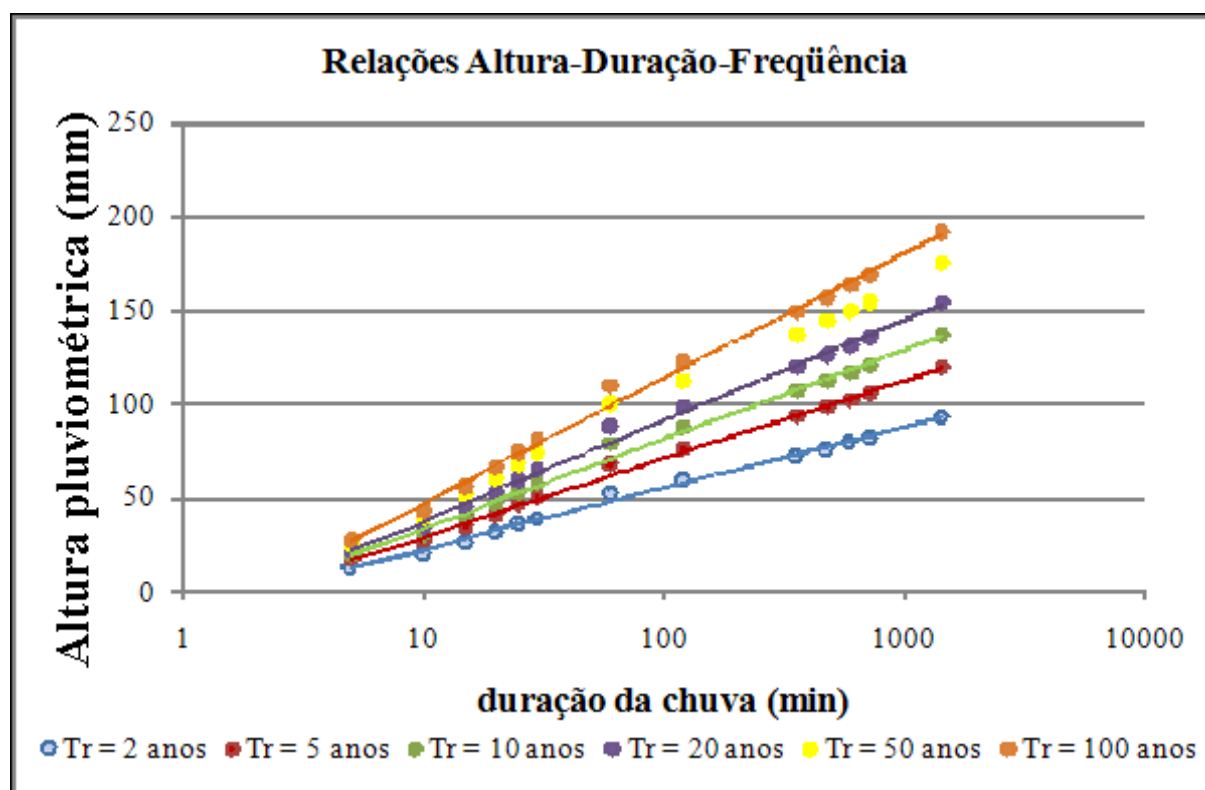


Figura 1 – Curvas das relações altura-duração-frequência

Com as chuvas de 1 dia e as relações de durações para chuvas menores, a fórmula para cálculos e projetos hidrológicos, que melhor relaciona intensidade-duração-frequência das precipitações da cidade de Uberlândia, é representada pela Equação (7) .

$$i = \frac{35,576 \times Tr^{0,179}}{(t + 16,0)^{0,879}} \quad (7)$$

Na Equação (7), i é a intensidade de chuva, em mm/min; Tr é o período de retorno, em anos; e t é a duração da chuva, em minutos.

Para a determinação do hietograma característico, primeiramente foram obtidas as curvas temporais de cada precipitação: as durações e as alturas pluviométricas lidas nas fitas pluviográficas que, acumuladas em frações de chuva a cada hora, foram inseridas em gráfico cartesiano, permitindo a geração dos hietogramas reais citados, ocorridos no município.

A maioria destas curvas possui inclinação suave no início e no fim das tormentas, com forte pico durante a precipitação. Porém, o momento da ocorrência destes picos é variado, algumas no início outras no final da chuva. Já uma parcela pouco menor dessas curvas possui dois picos, com duas inclinações diferentes, entre traçados também suaves no início e no fim da tormenta, tendo um patamar entre estes picos, indicando a cessão momentânea da chuva. Houve ainda precipitações com traçado suave do início ao fim da tormenta, sem pico de chuva.

A Figura 2 ilustra esta variedade de curvas de distribuição temporal das precipitações diárias máximas anuais do município.

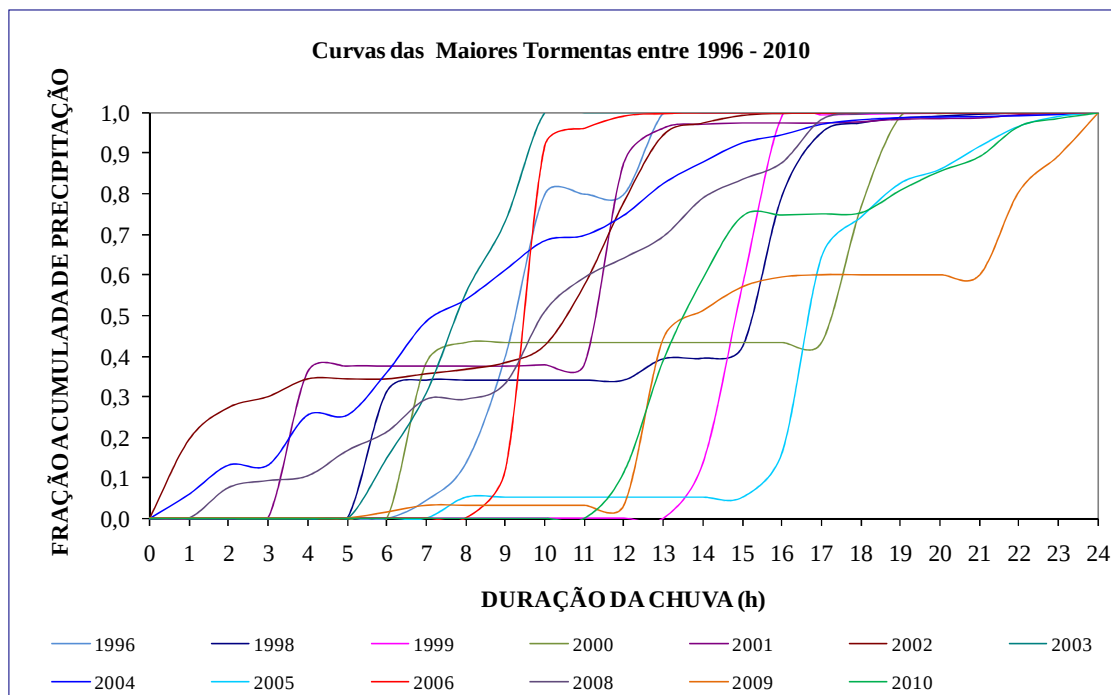


Figura 2 – Curvas das precipitações diárias máximas anuais registradas no município

Assim, a análise foi iniciada pela comparação das variações temporais da chuva do município com as curvas de distribuição de *Huff*, coletadas em Tucci, Porto e Barros (1995), onde aquelas assumiram características mais próximas do 3º quartil com 10%, 50% e 90% de probabilidades, conforme se verifica na Figura 3. Apesar disso, os picos de chuva observados foram bem mais acentuados que os das curvas de distribuição, enquanto que para os outros quartis, os traçados fugiram completamente das curvas das tormentas observadas.

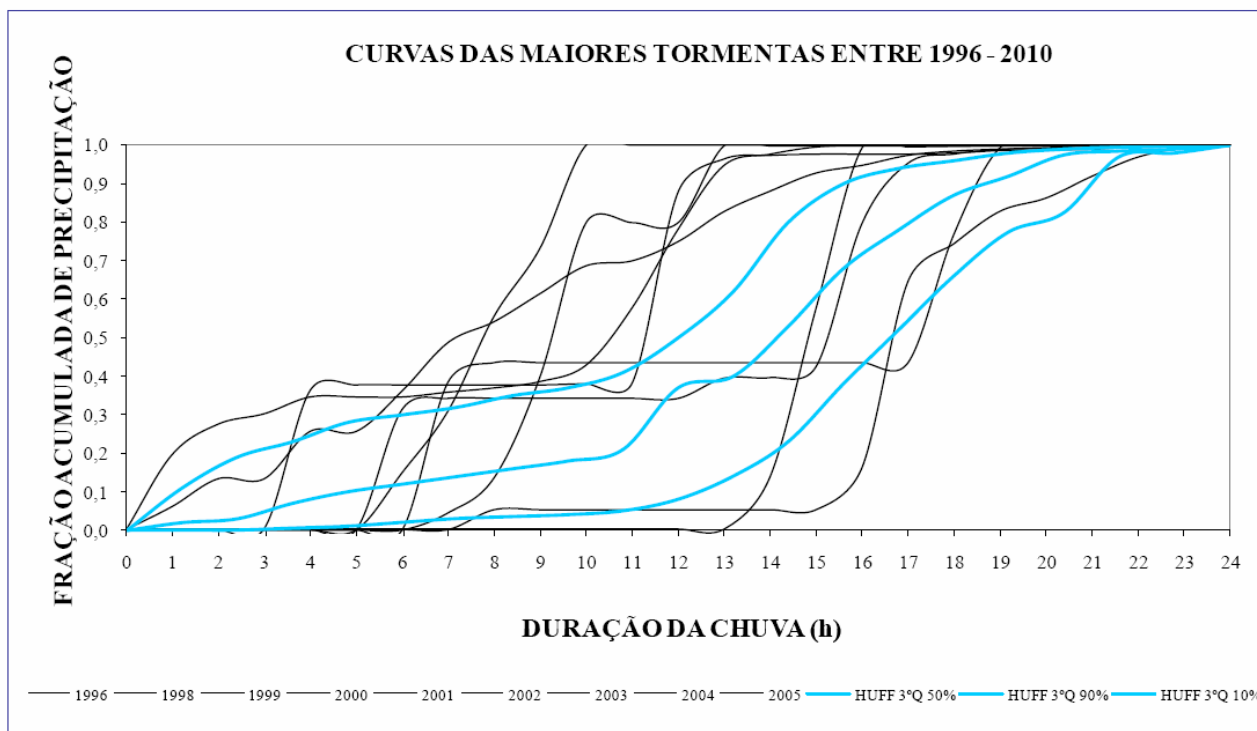


Figura 3 – Curvas das precipitações diárias máximas anuais e de Huff 3º quartil, 10%, 50% e 90%

Por outro lado, se comparadas as mesmas tormentas registradas no município com as curvas tipo I, tipo IA, tipo II e tipo III do método SCS, coletadas em Tomaz (2002), foi verificado que aquelas possuíam características mais próximas destas curvas, se confrontadas às curvas da distribuição de *Huff*. Nesta comparação, foram verificados picos de tormenta mais próximos, porém, com momentos de ocorrência e porcentagens de precipitação diferentes, conforme se verifica a Figura 4.

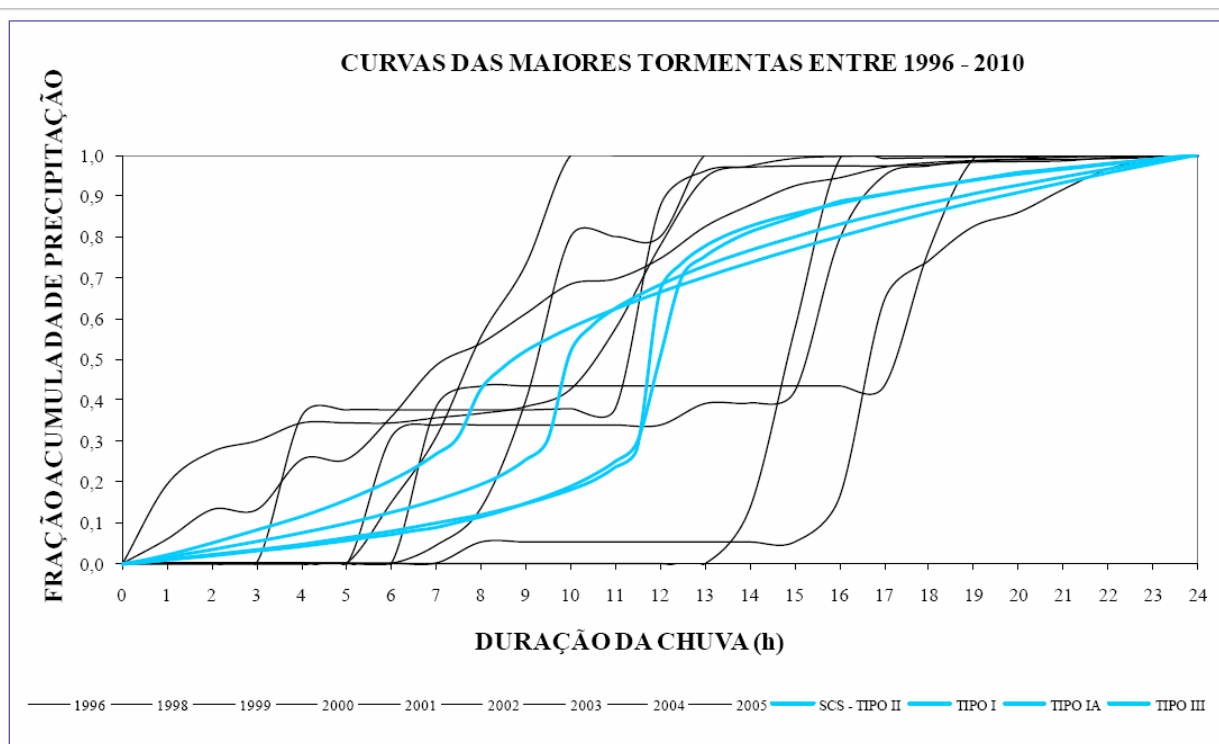


Figura 4 – Curvas das precipitações diárias máximas anuais e do método SCS

Percebe-se, na Figura 4, que as inclinações dos picos das tormentas em estudo e do método SCS, são diferentes umas das outras, o que despertou o interesse em avaliar não apenas a semelhança entre as distribuições, mas as referidas inclinações das linhas de tendência, pois quanto maior a inclinação, provavelmente, maior é a vazão ocasionada, desde que a precipitação acumulada também seja maior. Desta forma, foram calculadas as retas de tendência por regressão linear entre os pontos formadores destas.

Assim, as declividades das retas das chuvas dos anos de 1998, 1999, 2000, 2001, 2005 e 2009 ficaram em torno do valor 0,4, enquanto que as chuvas dos anos de 1996, 2002, 2003, 2004, 2008 e 2010 apresentaram valores abaixo deste ou abaixo da média geral de 0,345. Apenas a tormenta do ano de 2006 extrapola todos estes valores possuindo uma inclinação 0,80, podendo ser a tormenta que ocasiona maior vazão. A Figura 5 ilustra a distribuição temporal da precipitação de 2006, comparando-a com a precipitação de 2004. Nota-se que, na primeira, a inclinação é muito mais acentuada, caracterizando uma tormenta mais concentrada no tempo.

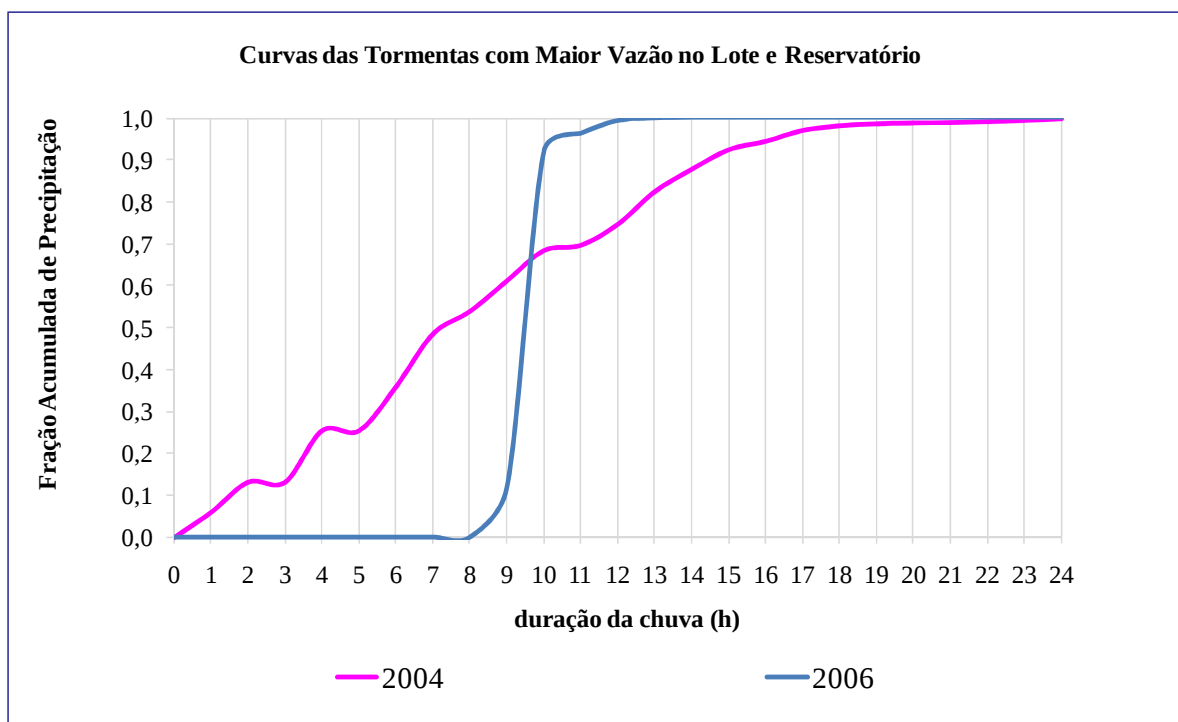


Figura 5 – Curvas das precipitações diárias máximas anuais dos anos de 2004 e 2006

Portanto, nota-se uma multiplicidade de modelos de curvas de distribuições temporais reais obtidas com os dados pluviográficos. Pelo fato destas não possuírem uma tendência comum que levasse ao hietograma característico e que possibilitasse uma aderência satisfatória aos métodos *Huff* e *SCS*, optou-se, em uma primeira análise, por considerar a tormenta crítica como sendo aquela cuja distribuição temporal produz a maior vazão na saída do lote padrão adotado. Assim, foi confirmado que o hietograma crítico foi o do ano de 2006, produzindo um hidrograma com vazão máxima de $0,0230 \text{ m}^3/\text{s}$ (Tabela 2).

Porém, também foi verificado que a utilização de um reservatório domiciliar na saída do lote padrão, dimensionado pela própria distribuição temporal em análise, gera uma vazão não proporcional à vazão do lote. Ou seja, a maior vazão do lote não significa que originará a maior na saída do reservatório. Por isto, foi verificado outro possível hietograma crítico, onde o maior pico de vazão ocorreu com a distribuição temporal do ano de 2004, com o valor de $0,0048 \text{ m}^3/\text{s}$ (Tabela 2). Ambos os cálculos foram realizados na etapa de dimensionamento com período de retorno de 10 anos. Estes resultados provavelmente confirmam o que Canholi (2005) elucida: “para os projetos de canalizações basta considerar a vazão de projeto, ou seja, o pico dos deflúvios associado a uma precipitação crítica”, enquanto que para a reservação destes deflúvios “é fundamental o hietograma da precipitação”.

Portanto, foi feita a análise do dimensionamento e verificação para as duas tormentas.

A Tabela 2 traz os resultados desta análise, onde mostra primeiramente o dimensionamento do dispositivo pela chuva de 2004 e o teste pela chuva de 2006 e, logo após, o dimensionamento do dispositivo pela chuva de 2006 e o teste pela chuva de 2004.

Tabela 2 – Vazões de saída: resultados da análise do dimensionamento pelos hietogramas

Dimensionado com 2004 e testado com 2006				Dimensionado com 2006 e testado com 2004			
Reservatório 01				Reservatório 02			
Dimensionado 2004				Dimensionado 2006			
Tr = 10 anos		Tr = 100 anos		Tr = 10 anos		Tr = 100 anos	
lote	reservatório	lote	reservatório	lote	reservatório	Lote	reservatório
0,0139	0,004	0,0198	0,0109	0,023	0,004	0,0474	0,0178
m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s
Verificação 2006				Verificação 2004			
Tr = 10 anos		Tr = 100 anos		Tr = 10 anos		Tr = 100 anos	
lote	reservatório	lote	reservatório	lote	reservatório	lote	reservatório
0,023	0,0041	#REF!	#REF!	0,0139	0,004	0,0198	0,0131
m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s

Verifica-se que o dispositivo dimensionado pela chuva com maior pico na saída do reservatório, ano de 2004, e verificado com a chuva de 2006, utiliza os orifícios e o vertedor para o escoamento do volume amortecido para o período de retorno de 10 anos e não trabalha para o período de retorno de 100 anos. Por outro lado, se o reservatório é dimensionado pela chuva de 2006 e verificado pela de 2004, para o período de retorno de 10 anos, o reservatório trabalha próximo do limite, enquanto que para o período de retorno de 100 anos, trabalha com folga.

Se a análise ocorrer entre os reservatórios 01 e 02 na etapa de verificação, pode ser apurado que o segundo além de trabalhar para período de retorno igual a 100 anos, tem as vazões efluentes menores que o primeiro, sendo a opção de adoção para este estudo.

Portanto, o hietograma característico escolhido foi o que produz o hidrograma com vazão máxima, ou seja, a tormenta do ano de 2006.

A configuração do reservatório no estudo da tormenta crítica que causa a vazão máxima é basicamente o da Figura 6, que retrata as dimensões para a tormenta do ano de 2006.

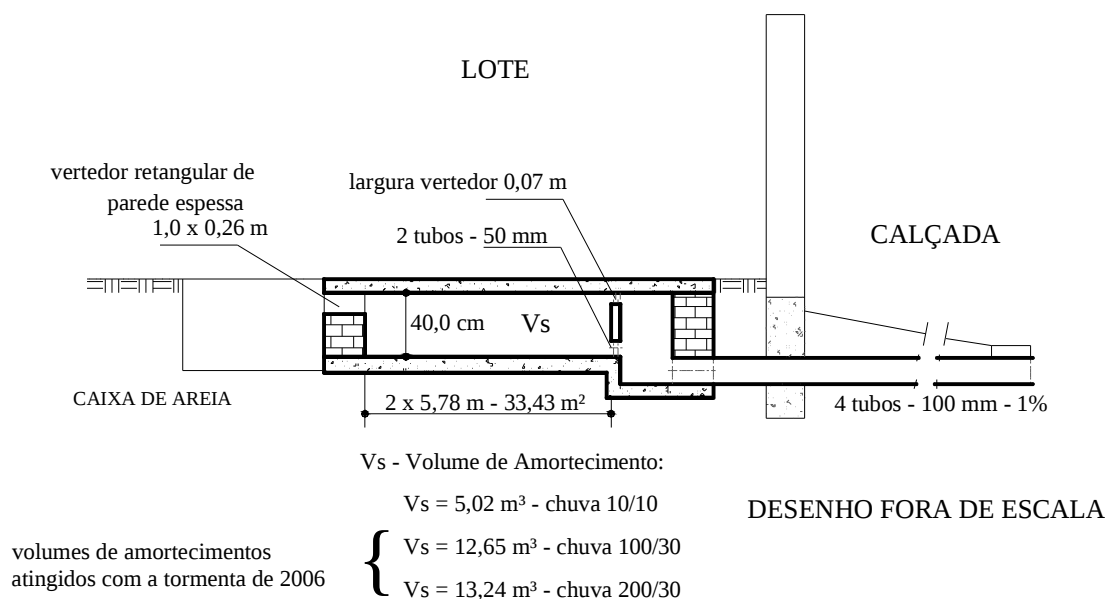


Figura 6 – Configuração do reservatório de retenção utilizado para o ano de 2006

Já com o reservatório dimensionado pela tormenta de 2006, na etapa de verificação do funcionamento do reservatório, quando cada hietograma para os períodos de retorno de 100 e 200 anos foram aplicados, ocorreu que a maior vazão de saída do lote foi obtida pelo hietograma do ano de 1999, enquanto que a maior vazão de saída do reservatório de retenção foi obtida pelo hietograma do ano de 2006 (Tabela 3). Isto possivelmente ocorre pelo fato desta distribuição temporal perder a inclinação no final da curva, enquanto que, para o ano de 1999, a distribuição segue com a mesma inclinação do início até o término da chuva.

Tabela 3 – Vazões de saída: resultados da análise da verificação pelos hietogramas

Ano	Tr = 100 anos		Tr = 200 anos	
	lote	reservatório	lote	reservatório
	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s
1999	0,0490	0,0178	0,0534	0,0200
2006	0,0474	0,0178	0,0517	0,0202

Assim, verificou-se que o dimensionamento do dispositivo pela chuva de 1999 e seu teste para a chuva de 2006, bem como o dimensionamento do dispositivo pela chuva de 2006 e verificação para a chuva de 1999, fornecem vazões de saída muito próximas, haja vista que o volume amortecido é praticamente o mesmo para ambas as chuvas.

Desta forma, mantém-se a opção do hietograma característico para a tormenta do ano de 2006.

4 CONCLUSÕES

A chuva de duração de 5 minutos e Tr de 5 anos, calculada pela equação obtida neste trabalho, apresentou ser 12,63% maior em relação ao posto de Catalão/GO, que é o posto de referência indicado pela NBR 10844/1989 para locais próximos à referida cidade e que tenham condições meteorológicas semelhantes. Muitos projetos mais antigos, no município de Uberlândia, utilizavam os dados do referido posto. Este é apenas um indicador de que a equação de chuva construída neste trabalho, utilizando dados locais de 30 anos, não fornece resultados tão próximos do posto indicado pela norma. Isto destaca a importância de se construir equações, as quais descrevem com maior verossimilhança as condições locais de precipitação.

A distribuição temporal mais indicada para ser adotada para a cidade de Uberlândia, para cálculos de projetos e estudos hidrológicos relativos a reservatórios de detenção domiciliares, é a tormenta relativa ao ano de 2006, que apresentou maior volume amortecido e maior pico de vazão do lote urbanizado para fins de dimensionamento, para o período de retorno de 10 anos.

Para a etapa de verificação de funcionamento do reservatório de detenção domiciliar, as distribuições temporais relativas aos anos de 1999 e 2006, deveriam ser adotadas, pois enquanto a primeira apresentou maior pico de vazão no lote urbanizado, tanto para o período de retorno de 100 anos quanto para o de 200 anos, a tormenta relativa ao ano de 2006 apresentou maior pico de vazão no reservatório de detenção, também para ambos os períodos de retorno.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG).

BIBLIOGRAFIA

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 10844: Instalações prediais de águas pluviais*. Rio de Janeiro, 1989.

BLAIN, G.C. et al. *Distribuição da precipitação pluvial mensal observada no posto meteorológico do Instituto Agrônomo, em Campinas, SP*. Bragantia, Campinas, v.66, n.2, p.347-355, 2007.

Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/brag/v66n2/19.pdf> >. Acesso em: 10/09/2011.

CANHOLI, A. P. *Drenagem urbana e controle de enchentes*. São Paulo: Oficina de Textos, 2005.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. Departamento de Águas e Energia Elétrica. *Drenagem urbana: manual de projeto*. 2. ed. Corrigida. São Paulo, 1980.

- CRUCIANI, D. E.; MACHADO, R. E.; SENTELHAS; P.C. *Modelos da distribuição temporal de chuvas intensas em Piracicaba, SP*. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.6, n.1, p.76-82, 2002, Campina Grande, PB, DEAg/UFPB. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/%0D/rbeaa/v6n1/v6n1a14.pdf>>. Acesso em: 10/09/2011.
- LONGO, A. J.; SAMPAIO, S. C.; SUSZEK, M. *Equação de chuvas intensas e precipitação provável para o município de Cascavel, PR*. Revista Varia Scientia v. 06, n. 11, p. 119-127, 2006. Disponível em: <<http://e-revista.unioeste.br/index.php/variascientia/article/viewArticle/712>>. Acesso em: 10/09/2011.
- RIGHETTO, A. M. *Hidrologia e recursos hídricos*. São Carlos: Ed. EESC/USP, 1998.
- SENTELHAS, P.C. et al. *Distribuição horária de chuvas intensas de curta duração: um subsídio ao dimensionamento de projetos de drenagem urbana*. Revista Brasileira de Meteorologia, v.13, n.1, 45-52, 1998. Disponível em: <www.rbmet.org.br>. Acesso em: 10/09/2011.
- TOMAZ, P. *Cálculos hidrológicos e hidráulicos para obras municipais*. 1. ed. São Paulo: Editora Navegar, 2002.
- TUCCI, C. E. M.; PORTO, R. L. L.; BARROS, M. T. *Drenagem urbana*. 1. ed. Porto Alegre: ABRH/Editora da Universidade/UFRGS, 1995.
- VILLELA, S. M.; MATTOS, A. *Hidrologia aplicada*. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975.