

DIMENSIONAMENTO DE CISTERNAS PARA REDUZIR O PICO DE DESCARGA EM ZONAS URBANAS¹

DIMENSIONING OF WELLS TO REDUCE THE PEAK OF SURFACE FLOW IN URBAN AREAS

Maria Amélia Zazycki², Afranio Almir Righes³ e Galileo Adeli Buriol⁴

RESUMO

A crescente urbanização das cidades brasileiras e os diferentes usos e cobertura do solo com superfícies cada vez mais impermeabilizadas, tem provocado aumento do pico de vazões referentes ao escoamento superficial, resultando em frequentes alagamentos de áreas urbanas. Como alternativa para amenizar esses impactos, tem-se a utilização de cisternas para armazenamento de águas pluviais. O objetivo deste trabalho foi apresentar um sistema de dimensionamento de cisternas, com capacidade de armazenar toda precipitação pluviométrica geradora dos picos de vazão, visando a redução do escoamento superficial causador dos frequentes alagamentos no exutório da microbacia do Arroio Esperança, localizado no centro de Santa Maria - RS. Para a determinação dos volumes necessários para o dimensionamento das cisternas, utilizou-se valores de intensidades máximas e tempo de retorno diário da precipitação pluviométrica para Santa Maria, e as áreas dos telhados das construções localizadas na área da bacia hidrográfica. A área média das coberturas das edificações na bacia hidrográfica do arroio Esperança é de 347 m². Pela equação, $Y = 33.378 \ln(Tr) + 20.793$ determina-se a precipitação máxima diária para os tempos de retorno (Tr) entre 2 a 75 anos e o dimensionamento de cisternas obtém-se pela aplicação das equações lineares para a determinação da profundidade da cisterna em função do volume de água a ser armazenado e o comprimento.

Palavras-chave: alagamentos, precipitação pluviométrica, armazenamento de água.

ABSTRACT

The increasing urbanization of Brazilian cities and the different uses and soil cover, with more impermeable surface areas, have caused an increase in the peak of surface runoff, with frequent flooding on urban areas. An alternative to mitigate the impacts has been the use of wells for storing water from rainfall. The objective of this work is to present a system to scale cisterns with capacity to storage all rainfall that cause the peak of surface flow in order to reduce the frequent floods in the outlet of Esperança watershed located downtown Santa Maria - RS. In order to find the necessary volumes to scale the size of the wells, rainfall data of daily maximum intensities and daily returning time of precipitation in Santa Maria and the area of building roofs on the watershed area. The average area of roofs on this area is 347m². The equation $Y = 33,378 \ln(Tr) + 20,793$ shows the maximum daily rainfall for the time of return (Tr) between 2 and 75 years and the scale of wells is obtained by applying the linear equations to determine the depth of the well concerning the water volume to be stored and the length of the well.

Keywords: floods, rainfall, water storage.

¹ Trabalho Final de Graduação - TFG.

² Acadêmica do Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária - Centro Universitário Franciscano. E-mail: amelinhazazycki@hotmail.com

³ Orientador - Centro Universitário Franciscano. E-mail: righes@unifra.br

⁴ Coorientador - Centro Universitário Franciscano. E-mail: galileo@unifra.br

INTRODUÇÃO

O processo acelerado e não planejado de urbanização dos municípios brasileiros, nas últimas décadas, desencadeou grandes alterações no ambiente urbano, as quais se projetaram principalmente em impactos significativos sobre o escoamento superficial. Destacam-se, principalmente, as inundações e a contaminação dos mananciais superficiais e subterrâneos, interferindo negativamente na qualidade de vida da população. Na medida em que ocorrem alterações do uso do solo decorrentes das atividades humanas (construções e edificações), aumenta a impermeabilização da superfície do solo urbano e, conseqüentemente, diminui as áreas de cobertura vegetal reduzindo a infiltração de água no solo.

Em decorrência desses impactos, surge a necessidade da utilização de sistemas de armazenamento e aproveitamento da água da precipitação pluviométrica para fins não potáveis e que reduzam os picos de descarga que provocam os alagamentos. O uso de cisternas para o armazenamento da água é uma das alternativas que visa suprir a demanda da população em relação ao uso de água para fins não potáveis e reduzir o volume do escoamento superficial. Essa água pode ser utilizada em descarga de vasos sanitários, irrigação de jardins, lavagem de roupas, calçadas e automóveis. Esse procedimento, segundo Salles et al. (2009), pode reduzir o consumo de água potável, minimizar alagamentos, enchentes, racionamentos de água e preservar o meio ambiente minimizando a escassez dos recursos hídricos.

O controle do pico de enxurrada em zonas urbanas pode ser minimizado, retendo-se o volume da água captada pelo telhado em cisternas, sendo liberado lentamente para os coletores pluviais, evitando, dessa forma, o alagamento de áreas mais baixas. De acordo com Fernandes, Neto e Matto (2007), a captação de água da precipitação pluviométrica, além de contribuir para o uso racional da água, minimiza os impactos das inundações em regiões de maior impermeabilização dos solos provocadas pelas precipitações pluviométricas.

As técnicas mais comuns de coleta da água da precipitação pluviométrica são as que utilizam a água proveniente de telhados ou da superfície no solo. O sistema de coleta da água dos telhados é considerado mais simples, e resulta em água de melhor qualidade quando comparado aos sistemas de coleta da água do fluxo de superfície no solo. O funcionamento do sistema de coleta e aproveitamento de água pluvial consiste na captação da água da precipitação pluviométrica que cai sobre os telhados ou lajes de edificações. A água é conduzida até o local de armazenamento por meio de calhas, condutores horizontais e verticais, passando por equipamentos de filtragem e descarte de impurezas. Em alguns sistemas são utilizados dispositivos que desviam as primeiras águas de precipitação pluviométrica. Após passar pelo filtro, a água é armazenada em reservatório enterrado (cisterna) e bombeada a um segundo reservatório (elevado), do qual as tubulações específicas de água pluvial irão distribuí-la para o consumo não potável (MARINOSKI, 2007).

O percentual de impermeabilização do solo em lotes urbanos é estipulado pelo Plano Diretor de cada município. Em Santa Maria, no estado do Rio Grande do Sul, consta na Lei do Uso do Solo, Lei Complementar Nº 072, de 04 de Novembro de 2009 (PMSM, 2009).

Na Lei de Uso do Solo do município está estabelecido que no mínimo 18% da área do lote urbano devem ser permeáveis e os outros 82% podem ser de área construída. Maus et al. (2008) identificaram que a área da microbacia do arroio Esperança é de 56,81 ha, sendo que 40% da área é coberta por pátios pavimentados, 31% por edificações, 16% por ruas e 13% de cobertura vegetal, ou seja, 87% da área da microbacia urbana é impermeável. Assim, considerando a legislação vigente do Município, constata-se que nessa bacia hidrográfica o total de área construída ultrapassou o limite permitido.

Conforme o Mapa Hidrogeológico da folha de Santa Maria (CPRM, 1994 apud RAUBER, 2008), a precipitação pluviométrica média anual é de 1.769mm, e os meses de maio, junho e setembro são os mais chuvosos, enquanto novembro e dezembro são os de menor precipitação média.

Pelo tempo de retorno pode-se determinar as chances de um evento extremo ocorrer novamente em um espaço de tempo, permitindo a prevenção de catástrofes naturais e subsidiando o planejamento de atividades econômicas (MESQUITA et al., 2009). Em outras palavras, tempo de retorno representa o número médio de anos, durante o qual se espera que a precipitação pluviométrica determinada seja igualada, ou superada uma única vez (TUCCI, 2001).

Precipitações intensas na bacia hidrográfica do Arroio Esperança, com 87% de área impermeável provocam altos picos de descarga no exutório com alagamentos e transporte de grande quantidade de resíduos sólidos para os mananciais (MAUS et al., 2008). Assim, para reduzir esse escoamento de forma efetiva, ecológica e econômica, pode-se usar em cada residência cisternas para armazenar a água das precipitações pluviométricas.

Portanto, o objetivo principal deste trabalho foi desenvolver um sistema de dimensionamento de cisternas para captação da água de edificações delimitadas pela microbacia do Arroio Esperança, no centro da cidade de Santa Maria - RS e, como objetivos específicos: determinar a área média de telhados em edificações; desenvolver equações para dimensionar o tamanho de cisternas em função da área média dos telhados e das características das precipitações pluviais do local e do tempo de retorno.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido na microbacia hidrográfica do Arroio Esperança, com área de aproximadamente 51,81ha, localizada na região central da cidade de Santa Maria - RS. A maior parte dessa bacia hidrográfica está localizada na zona 3.a do mapa de zoneamento urbanístico de Santa Maria e uma pequena parte da área na zona 2 (Figura 1).

Estimou-se a área de ocupação urbana coberta por edificações utilizando o *software Google Earth Pro*. Foram delimitadas e quantificadas as áreas da projeção ortogonal dos telhados das edificações (Figura 2).

Tendo-se como base o valor médio de área dos telhados na bacia hidrográfica, foram estabelecidos valores superiores e inferiores, a serem utilizados para calcular os volumes de água proveniente da precipitação pluviométrica para diferentes tempos de retorno.

Para o dimensionamento das cisternas, foram utilizados a probabilidade de ocorrência, o tempo de retorno e os valores mínimos estimados da maior precipitação pluviométrica diária de cada mês para Santa Maria, RS (Tabela 1).

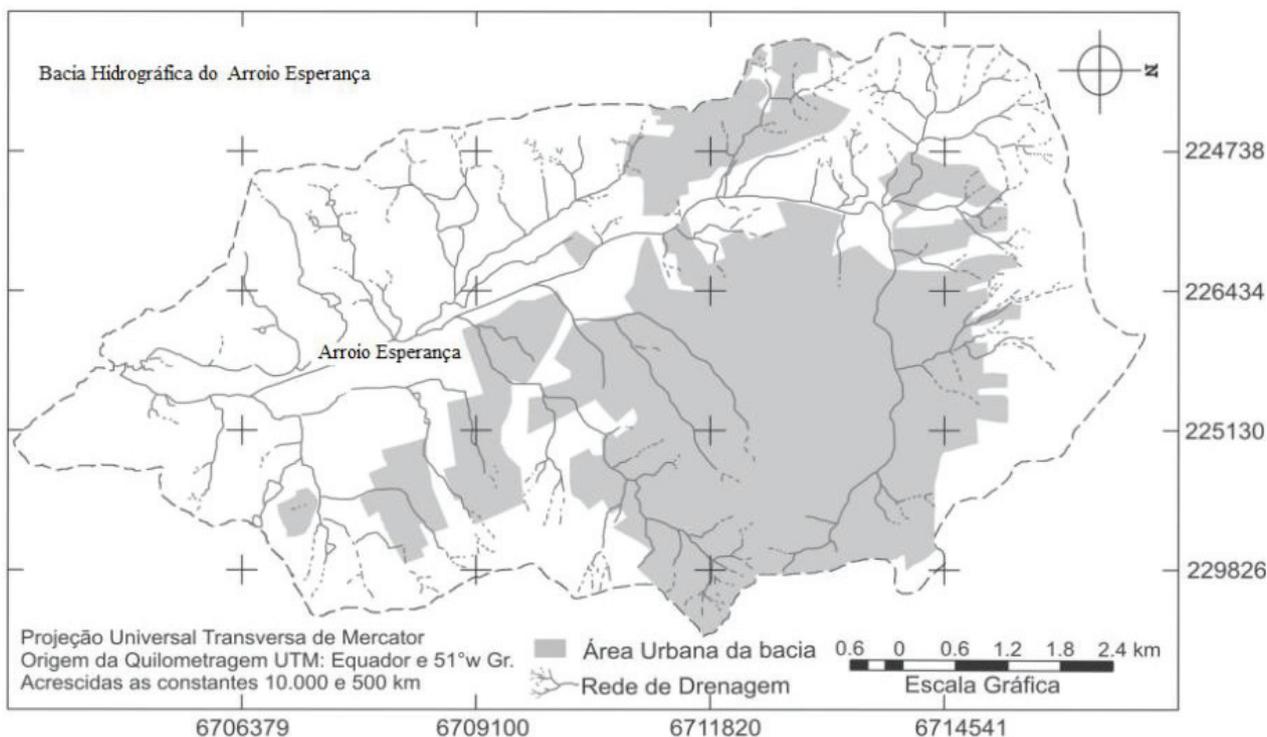


Figura 1 - Microbacia hidrográfica do Arroio Esperança, Santa Maria - RS.
Fonte: Ucker, Foletto e Kemerich (2009).

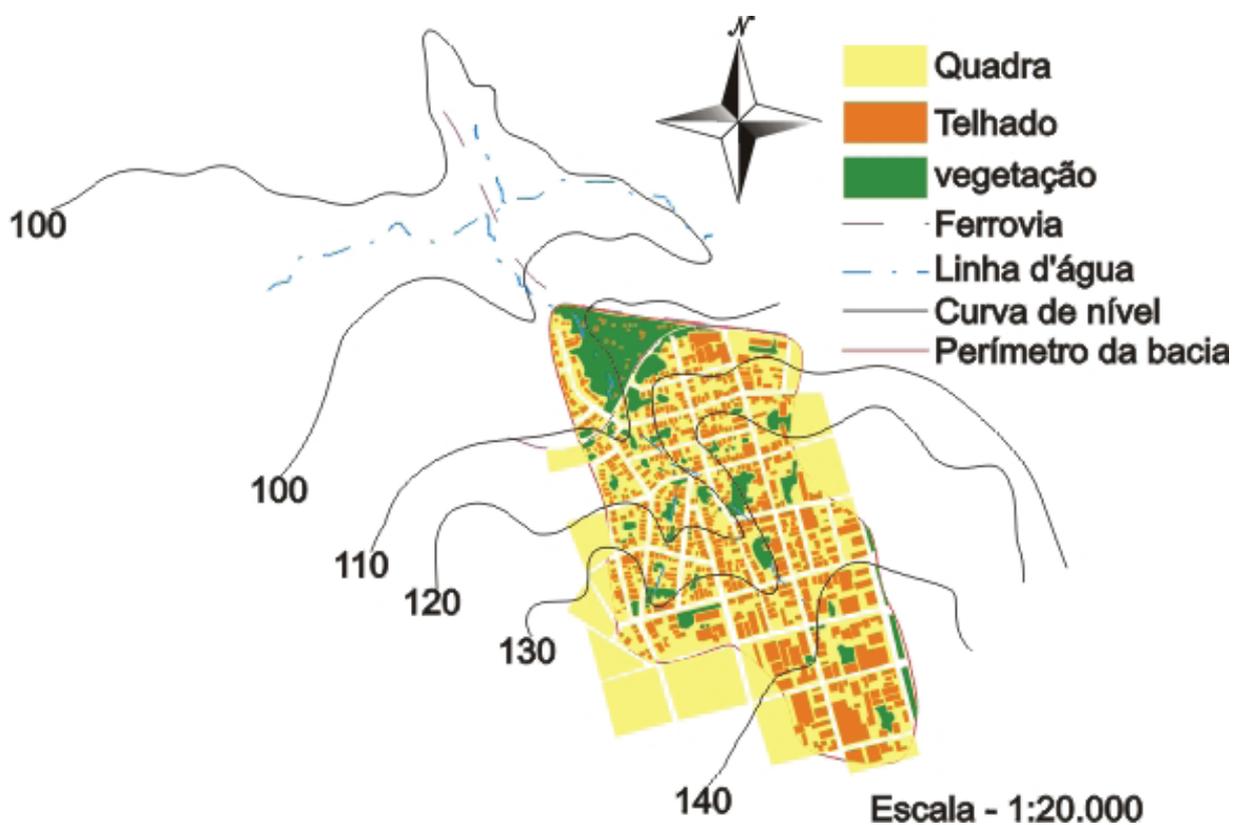


Figura 2 - Ocupação do solo na área da microbacia hidrográfica do arroio Esperança, Santa Maria - RS.
Fonte: Maus et al. (2008).

As probabilidades dos valores mínimos de precipitação pluviométrica máxima mensal diária foram determinadas utilizando a distribuição empírica e o valor da precipitação máxima diária em função do tempo de retorno (Tr), estimado com a equação $Y = a + b \ln (Tr)$, em que Y é o valor estimado da maior precipitação pluviométrica diária do mês, Tr é o tempo de recorrência, a e b são coeficientes estimados e \ln é o logaritmo neperiano. O uso dessa equação permitiu interpolar o valor de precipitação diária máxima de cada mês (Tabela 1).

No dimensionamento do volume de água captado do telhado não foram consideradas perdas devido à porosidade do material e inclinação. Em geral, a eficiência de captação do telhado é de 85%, ou seja, 15% do volume da água precipitada é perdida (BRAGA et al., 2010). O volume de água a ser armazenado depende da área do telhado, intensidade máxima de precipitação pluviométrica e respectivo tempo de retorno. As cisternas foram dimensionadas para o volume de água coletada da área média das residências com a utilização da equação 1,

$$V_p = A * P, \tag{1}$$

sendo V_p o volume de água (m^3), A a área da projeção ortogonal do telhado (m^2) e P a precipitação pluviométrica da região (m).

Tabela 1 - Probabilidade de ocorrência, tempo de retorno e valores mínimos estimados da maior precipitação pluviométrica diária de cada mês para Santa Maria - RS, obtidos a partir dos dados diários, período 1912-2004, registrados na estação meteorológica pertencente ao 8º Distrito de Meteorologia (8º DISME) do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) (latitude: 29°41'25"S, longitude: 53°48'42"W e altitude: 138 m).

P ¹ (xX)	T.R. ² (Anos)	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
------(mm dia ⁻¹)-----													
0,01	75	133,0	134,0	137,9	161,6	164,9	147,8	143,8	125,9	121,6	152,7	120,9	137,1
0,02	50	122,6	123,2	127,0	148,3	151,4	136,2	136,1	119,2	115,8	144,4	114,6	130,2
0,02	40	116,9	117,3	121,0	140,9	143,9	129,8	125,3	109,8	107,7	132,8	105,7	120,5
0,03	30	109,5	109,7	113,3	131,5	134,3	121,5	119,3	104,7	103,2	126,4	100,8	115,2
0,05	20	99,1	99,0	102,5	118,2	120,8	109,9	111,7	98,0	97,4	118,2	94,4	108,3
0,10	10	81,3	80,7	83,9	95,4	97,7	90,1	100,8	88,7	89,2	106,5	85,5	98,6
0,11	9	78,6	77,9	81,1	91,9	94,1	87,1	82,3	72,6	75,3	86,6	70,2	82,0
0,12	8	75,6	74,8	78,0	88,1	90,2	83,7	79,5	70,2	73,2	83,6	67,9	79,5
0,14	7	72,2	71,3	74,4	83,7	85,7	79,9	76,4	67,5	70,8	80,2	65,3	76,6
0,16	6	68,2	67,2	70,3	78,6	80,6	75,4	72,8	64,4	68,1	76,4	62,4	73,4
0,20	5	63,5	62,4	65,4	72,6	74,5	70,2	68,7	60,8	65,0	72,0	59,0	69,8
0,25	4	57,8	56,5	59,4	65,3	67,1	63,8	63,8	56,6	61,4	66,7	55,0	65,4
0,33	3	50,4	48,9	51,7	55,8	57,5	55,6	57,9	51,4	56,9	60,3	50,1	60,1
0,50	2	40,0	38,2	40,9	42,5	43,9	44,0	50,2	44,8	51,1	52,1	43,7	53,2
a		22,2	19,8	22,3	19,7	20,7	24,1	20,8	19,3	29,0	20,5	19,5	26,8
b		25,6	26,4	26,7	32,8	32,8	28,6	26,7	23,1	20,1	28,6	22,0	23,94
R ²		0,93	0,96	0,94	0,96	0,96	0,95	0,98	0,94	0,91	0,97	0,91	0,90
x		148,2	132,2	137,7	145,7	150,9	156,5	142,7	125,9	160,1	161,4	119,0	132,8
n		94	95	95	95	95	95	96	95	96	95	96	96

¹Probabilidade de ocorrência e ²Tempo de retorno.

Fonte: Dados cedidos por Galileo Adeli Buriol e Valduino Estefanel.

A profundidade efetiva da cisterna foi determinada em função da profundidade do coletor pluvial, utilizando-se como largura 2,5 m (espaçamento limitado, 2,5 a 3,0 m, para largura máxima das entradas de garagens) e o comprimento em função da área do telhado e da precipitação pluviométrica para o tempo de retorno considerado que determinará o volume em m^3 (V_c), conforme a equação 2:

$$V_c = S * p, \quad [2]$$

sendo S a superfície em m^2 (largura da cisterna 2,5 m, pelo comprimento em m) e p a profundidade da cisterna em m .

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme o levantamento da área dos telhados das edificações contidas na microbacia hidrográfica do arroio Esperança (junho 2012), o total de quadras é de 28, com 374 edificações, área total de telhados de $129.685m^2$, a área média de telhados por quadra é de $4.631,6m^2$ e a área média dos telhados das edificações é de $347m^2$.

Analisando o valor da área média dos telhados das edificações verificou-se que é superior a $340m^2$, como não existem levantamentos com dados oficiais sobre as áreas de telhados para Santa Maria - RS, esse valor parece excessivamente elevado considerando a área média das residências na cidade. Entretanto, esse valor pode ser explicado pelo fato de que essa microbacia hidrográfica ocupa principalmente a área central da cidade, em que a maioria das edificações são prédios de médio e grande porte, ocupando 31% da área (MAUS et al., 2008).

Nas figuras 3a, 3b e 3c são apresentados os valores das precipitações pluviométricas na variação anual com os respectivos tempos de retorno para Santa Maria - RS. Os maiores valores de precipitação pluviométrica, independentes do tempo de retorno, ocorreram no mês de maio e os menores no mês de novembro (Figura 3). Quanto maior o tempo de retorno sempre será maior a precipitação pluviométrica.

Tendo como base os dados dos meses de maio e novembro com maiores e menores valores de precipitação pluviométrica diária, respectivamente, ocorridas durante o ano em função do tempo de retorno (Figura 4), desenvolveu-se duas funções de regressão que permitem obter a precipitação pluviométrica diária a partir do tempo de retorno.

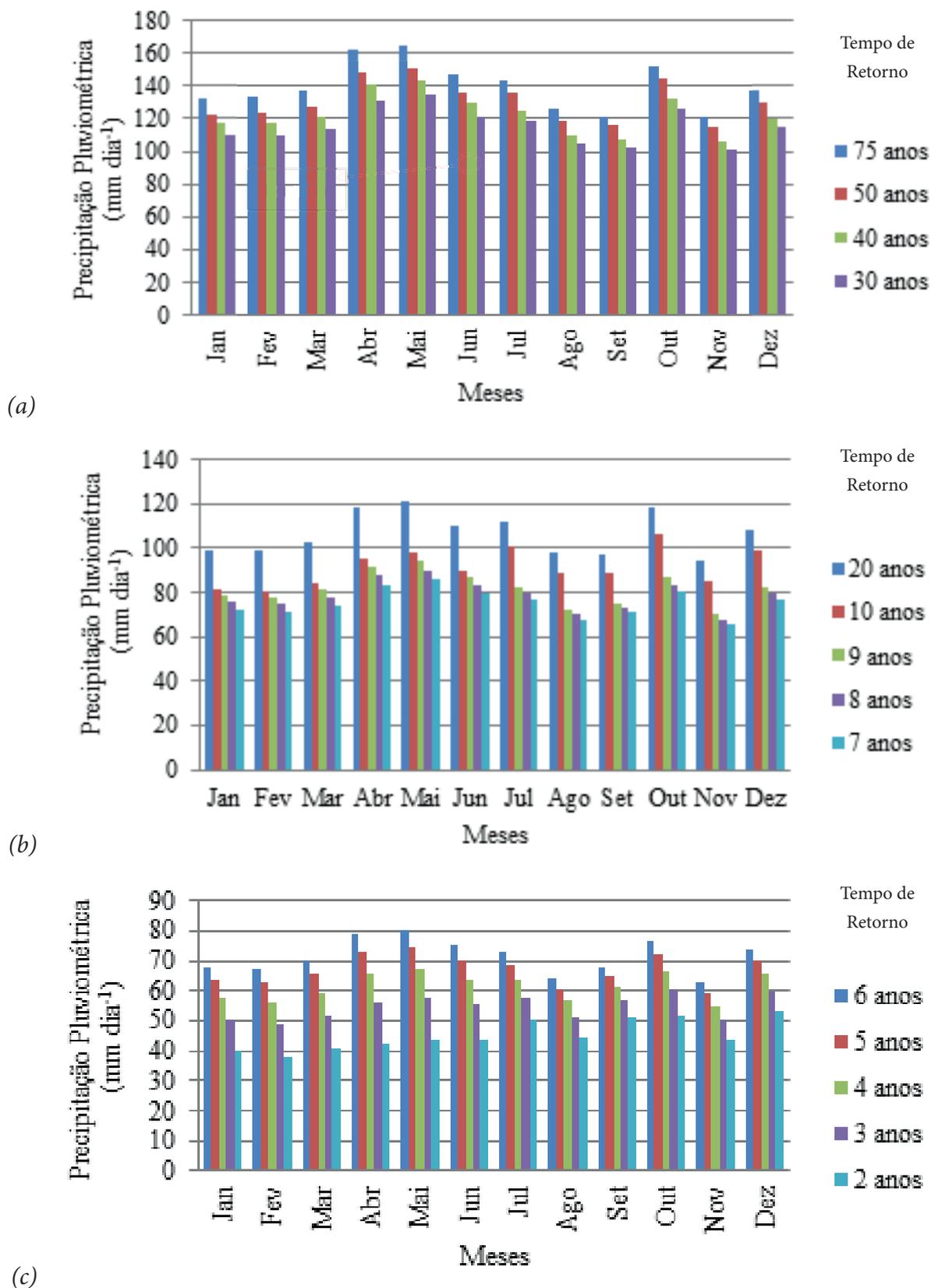


Figura 3 - Variação anual da precipitação pluviométrica e tempo de retorno para Santa Maria - RS.

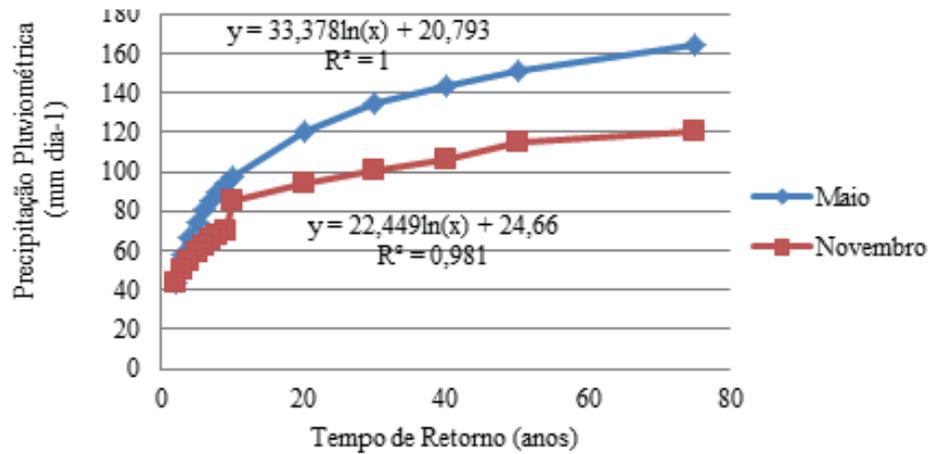


Figura 4 - Precipitação pluviométrica diária para os meses de maio e novembro em função do tempo de retorno entre 5 e 75 anos para Santa Maria - RS.

Avaliando a variação da precipitação pluviométrica para o mês de maio e novembro, constata-se na figura 4, que o período mais crítico para ocorrer inundações em áreas urbanas ocorre no outono principalmente no mês de maio, indicação importante para ações de prevenção de eventos extremos com catástrofes naturais (MESQUITA et al., 2009). Considerando 20, 40 e 75 anos como tempos de retorno, a precipitação máxima diária pode atingir 121, 144 e 165 mm dia⁻¹ respectivamente, já a precipitação mínima diária, considerando tempos de retorno de 20, 40 e 75 anos, pode atingir valores de 94, 106 e 121 mm dia⁻¹, respectivamente.

Com base na equação da curva de precipitação pluviométrica máxima diária para Santa Maria - RS (mês de maio), em função do tempo de retorno, determinou-se a altura da lâmina de água precipitada que foi utilizada para determinar o volume de água que poderá ser coletada dos telhados com áreas entre 50 e 500m² (Figuras 4 e 5).

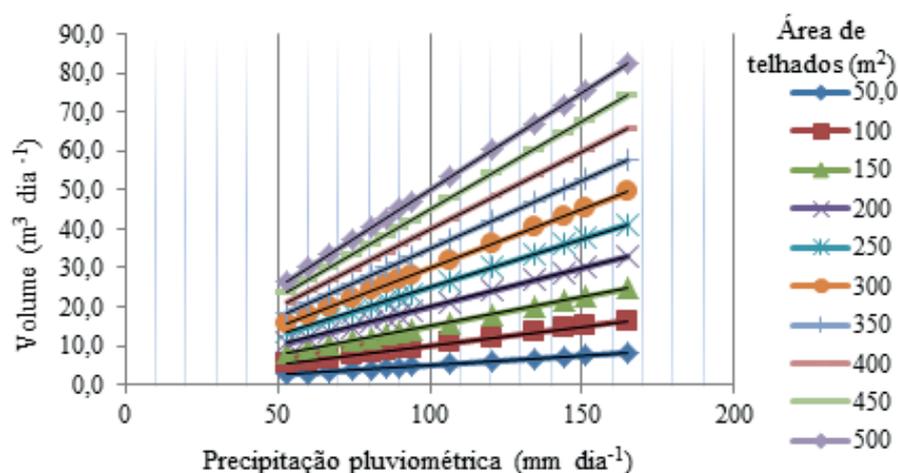


Figura 5 - Volume de água a ser retido em cisternas em função da precipitação pluviométrica e área de telhados.

O volume de água a ser armazenado obteve-se pelo produto (área do telhado x altura da precipitação pluviométrica). É possível dimensionar o tamanho de cisternas, por meio da figura 6,

mantendo a largura de 2,5 m (largura da entrada de carros em garagens), ao definir o comprimento pode-se obter a profundidade, aplicando-se a respectiva equação (Tabela 2).

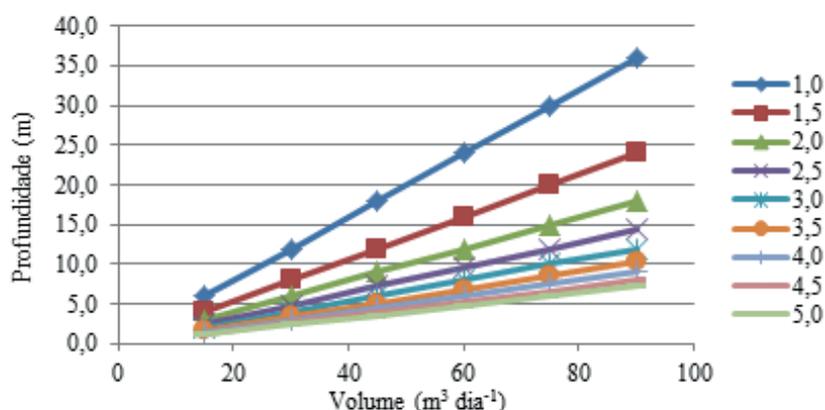


Figura 6 - Dimensionamento da profundidade e comprimento de cisternas em função do volume diário a ser armazenado.

Visando facilitar ao usuário que deseja instalar uma cisterna na entrada de garagens, espaço possível para instalação em áreas urbanas já edificadas, foram determinadas equações de regressão que permitem calcular a profundidade da cisterna sendo fixada a largura em 2,5m. Assim, foi gerado para cada comprimento de cisterna um coeficiente “**K**” para o seu dimensionamento (Equação 3).

$$Y = K * x, \tag{3}$$

sendo *Y* a profundidade em (m); *K* o coeficiente em função do comprimento da cisterna (Tabela 2); e *X* o volume de água da chuva a ser armazenado (m³ dia⁻¹).

Tabela 2 - Coeficientes da equação para determinar a profundidade da cisterna em função de diferentes comprimentos.

Comprimento da cisterna (m)	Coefficiente K
1,0	0,400
1,5	0,266
2,0	0,200
2,5	0,160
3,0	0,133
3,5	0,114
4,0	0,100
4,5	0,088
5,0	0,080

Para melhor entendimento do método, será exemplificado o dimensionamento de uma cisterna em área urbana com capacidade para armazenar a precipitação máxima diária com tempo de retorno de 20 anos. A precipitação máxima diária para o tempo de retorno de 20 anos, conforme tabela 1, é de 121 mm dia⁻¹. Considerando um telhado com área de 100 m² o volume a ser armazenado será de

12,1 m³ dia⁻¹. Com base nesse valor, utilizando a equação 3 com os coeficientes da tabela 2 obtém-se a dimensão da cisterna, conforme apresentado a seguir:

Dimensionamento:

$$\text{Precipitação} = 121 \text{ mm dia}^{-1} = 0,121 \text{ m dia}^{-1}$$

$$\text{Volume (X)} = 100\text{m}^2 * 0,121\text{m dia}^{-1} = 12,1\text{m}^3 \text{ dia}^{-1}$$

$$\text{Largura} = 2,5 \text{ m (fixado); comprimento} = 3,5\text{m (Tabela 2)}$$

Aplicando a equação 3 tem-se:

$$Y = k * x. \text{ Profundidade } Y = 0,1143 * X, \text{ logo}$$

$$Y = 0,114 * 12,1\text{m}^3 \text{ dia}^{-1} = 1,38\text{m.}$$

A cisterna dimensionada mede 2,5m de largura x 3,5m de comprimento x 1,38m de profundidade e terá a capacidade de armazenar todo o volume de água precipitada de 12,1m³ dia⁻¹, portanto não sobrá água para os coletores fluviais.

Para que o sistema de armazenamento da água da precipitação pluviométrica seja considerado eficiente para reduzir o volume do escoamento superficial nas vias públicas, é necessário conhecer os fatores que interferem no sistema. Pode-se dizer que a eficiência do sistema está diretamente relacionada com a quantidade de água que é captada. Esta pode variar de acordo com a área de captação e o volume de armazenamento pode ser influenciado pela precipitação pluviométrica da região. Quanto maior for a área de captação, maior será o volume de água a ser coletado; a precipitação pluviométrica máxima depende do tempo de retorno. Assim, quanto mais regular for a ocorrência de precipitação, mais confiável será o sistema. O volume do reservatório de armazenamento define a eficiência do sistema, pois quanto maior o reservatório, maior volume de água proveniente da precipitação pluviométrica poderá ser armazenada.

De acordo com May (2004), a eficácia do sistema de dimensionamento de cisternas depende essencialmente de três fatores, os quais são a precipitação pluviométrica do local, área de captação e demanda. O reservatório de água da chuva deve ser projetado de acordo com as necessidades do usuário e com a disponibilidade pluviométrica local para dimensioná-lo corretamente, sem inviabilizar economicamente o sistema. O armazenamento da água da precipitação pluviométrica contém benefícios, como a viabilidade econômica de redução no consumo de água potável, a redução de alagamentos e inundações em áreas baixas, o favorecimento da conservação e preservação do meio ambiente, reduzindo a escassez dos recursos hídricos.

Os benefícios decorrentes da coleta e aproveitamento da água proveniente da precipitação pluviométrica são visíveis, sendo necessária a adoção de políticas públicas voltadas para a utilização racional e sustentável desse recurso. Para isso, o poder público precisa estabelecer leis e normas que rejam o aproveitamento de águas da precipitação pluviométrica, dando incentivos de redução no Imposto Predial e Territorial Urbano (IPTU) aos proprietários que implantarem cisternas em suas residências.

CONCLUSÕES

A área média das coberturas em edificações delimitadas pela microbacia do arroio Esperança, localizada na área central da cidade de Santa Maria - RS é de 347m².

A precipitação pluviométrica máxima diária para os tempos de retorno (Tr) entre 2 a 75 anos se obtém pela equação de regressão exponencial $Y = 33,378 \ln(Tr) + 20,793$ e o dimensionamento da profundidade de cisternas com equações de regressão lineares.

REFERÊNCIAS

BRAGA, M. B. et al. Construção de captadores de água de chuva para uso em pequenas propriedades rurais. **Instruções Técnicas da Embrapa Semiárido Online**, Petrolina, nov. 2010. Disponível em: <<http://bit.ly/1vUQfWu>>. Acesso em: 02 dez. 2012.

FERNANDES, D. R. M.; NETO, V. B. M.; MATTO, K. M. C. Viabilidade econômica do uso da água da chuva: um estudo de caso da implantação de cisterna na UFRN/RN. 2007. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, XIII, Foz do Iguaçu, 2007. **Anais...** Foz do Iguaçu: Encontro Nacional de Engenharia de Produção - ENEGEP, 2007.

MARINOSKI, A. K. **Aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis em instituição de ensino**: estudo de caso em Florianópolis - SC. 2007. 107 f. Trabalho de Conclusão de Curso - Departamento de Engenharia Civil, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007. Disponível em: <http://www.labee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/tccs/TCC_Ana_Kelly_Marinoski.pdf>. Acesso em: 15 maio 2012.

MAUS, V. W. et al. Coeficiente de deflúvio e ocupação do solo em micro bacia urbana de Santa Maria - RS. In: VI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AMBIENTAL, 2008, Serra Negra. **Anais...** Serra Negra: São Paulo, 2008.

MAY, S. **Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações**. 2004. 189 f. Dissertação (mestrado) - Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

MESQUITA, W. O.; GRIEBELER, N. P.; OLIVEIRA, L. F. C. Precipitações máximas diárias esperadas para as regiões central e sudeste de Goiás. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 39, n. 2, p. 73-81, 2009.

PMSM - PREFEITURA MUNICIPAL DE SANTA MARIA. Lei Complementar nº 072 de 04 de novembro de 2009. Institui a Lei de Uso e Ocupação do Solo, Parcelamento, Perímetro Urbano e Sistema Viário do Município de Santa Maria. de Uso e Ocupação do Solo. **Diário Oficial do Município de Santa Maria**, Santa Maria, 05 nov. 2009.

RAUBER, A. C. C. **Diagnóstico ambiental urbano do meio físico de Santa Maria - RS**. 2008. 97 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.

SALLES, J. C. A.; CALLEGARI, T. V.; SANTOS JR., E. L. dos. Viabilidade da utilização da água de chuva no Censa - Campos, RJ. **Rev. Perspectivas Online**, v. 3, n. 9, 2009. Disponível em: <<http://bit.ly/1vsrKhj>>. Acesso em: 15 maio 2012.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2. ed. Porto Alegre: ABRH, 2001.

UCKER, F. E.; FOLETTTO, C.; KEMERICH, P. D. C. Índice de qualidade da água em Bacia-Escola urbana na cidade Santa Maria - RS. **Engenharia Ambiental: pesquisa e tecnologia**, v. 6, n. 3, p. 660-670, set./dez. 2009.