

APROVEITAMENTO DA ÁGUA DE CHUVA PARA IRRIGAÇÃO DE ESPAÇOS PÚBLICOS URBANOS ABERTOS: O CASO DA PRAÇA SANTOS DUMONT NO MUNICÍPIO DE UMUARAMA - PR

JANAÍNA CONVERSANI BOTARI¹ E GIULIANI DO PRADO²

¹ Arquiteta, Mestre, Departamento de Tecnologia, Universidade Estadual de Maringá, Umuarama - PR, CEP 87.506-370, e-mail: jcbotari2@uem.br

² Eng. Agrônomo, Doutor, Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Maringá, Cidade Gaúcha - PR, CEP 87.820-000, e-mail: gprado@uem.br

1 RESUMO

O trabalho objetivou analisar séries históricas de chuvas da região de Umuarama/PR para definir tempos de retorno com fins ao dimensionamento de reservatórios para aproveitamento de água da chuva para irrigação em praças. O dimensionamento do reservatório foi realizado para a Praça Santos Dumont, localizada na cidade de Umuarama/PR. Séries históricas de 36 anos (1977 a 2012) de precipitações diárias de três estações meteorológicas foram empregadas para determinar a precipitação média diária para o local em estudo. A demanda média diária de água para irrigação foi definida com os dados de evapotranspiração de referência da região com base nos anos de 2014 e 2015. A área irrigada de 506 m² foi estabelecida a partir da disponibilidade (1482 mm) e da demanda (1318 mm) total anual média de água. Ao simular a entrada e saída de água diária, entre os anos de 1977 e 2012, foi estabelecido um reservatório com volume 200 m³ que, ao longo do tempo permanece com 80,1% do seu volume de água. Simulando o volume do reservatório com as séries históricas mensal, quinzenal e decenal, respectivamente, observou-se que esse volume de reservatório é obtido com tempos de retornos de 11,8, 5,5 e 4,3 anos.

Palavras-chave: dimensionamento de reservatório, série histórica, tempo de retorno

BOTARI, J. C.; PRADO, G
RAINWATER STORAGE AND ITS USE FOR IRRIGATION IN OPEN URBAN PUBLIC AREAS: CASE STUDY OF SANTOS DUMONT SQUARE IN UMUARAMA COUNTY, PARANÁ STATE, BRAZIL

2 ABSTRACT

This study aimed at analyzing rainfall historical series data of Umuarama County in Paraná State, Brazil, in order to determine return periods for dimension of reservoirs to store rainwater for irrigation in squares. The reservoir design was made for Santos Dumont Square, located in Umuarama County in Paraná State. Daily rainfall historical series data covering 36 years (1977 to 2012) from three weather stations were used to estimate the average daily rainfall. The average daily water demand for irrigation was defined with reference evapotranspiration data from the region, based on the years 2014 and 2015. The irrigated area of 506 m² was established based on the total annual average water available (1482 mm) and

demanded (1318 mm). By simulating the daily input and output of water, between 1977 and 2012, it was computed a reservoir with 200 m³ volume, which remains with 80.1% of its water volume over time. Simulating the reservoir volume with the daily historical series data of 30, 15 and 10 days, respectively, it was observed that this reservoir volume is obtained with return periods of 11.8, 5.5, and 4.3 years.

Keywords: reservoir design, historical data series, return period.

3 INTRODUÇÃO

O município de Umuarama, situado na região noroeste do Paraná, apresenta um grande número de espaços públicos que possuem uma expressiva superfície vegetada (gramados) e uma marcante paisagem arbórea e paisagística. A disponibilidade hídrica e a sazonalidade das chuvas ao longo do ano na região (SILVA et al., 2015) torna a irrigação imprescindível para repor a demanda hídrica das espécies vegetais cultivadas em praças e jardins.

A utilização das águas servidas para fins de uso não potável, como em espaços públicos, por exemplo, apresenta-se como uma ferramenta mitigadora dos problemas ocasionados pela escassez e má utilização destes recursos, proporcionando o aumento da oferta de água e garantindo sua economia (TORDO, 2004; CARLON, 2005; MOTA et al., 2007).

O volume de água da chuva precipitado nunca poderá ser o mesmo volume a ser utilizado num sistema de aproveitamento de água de chuva, fato que ocorre em razão da infiltração desta água na superfície utilizada na captação, que poderá ter um maior ou menor grau de escoamento em função de sua porosidade (KHASTAGIR; JAYASURIYA, 2010).

Nos cálculos do volume escoado superficialmente, utiliza-se um valor chamado de coeficiente de escoamento superficial (coeficiente de runoff), apresentado pela letra C. Este coeficiente representa uma porcentagem, ou seja, um valor de 0 a 1, que indica quanto do volume precipitado é escoado. Em ambientes naturais, com cobertura vegetal, este valor varia de 0 a 0,3 (WILKEN, 1978). Todavia, para as superfícies mais adotadas em captação de água de chuva adotam-se os valores respectivos de 0,8 a 0,9 e 0,7 a 0,9 para telhas cerâmicas e telhas corrugadas de metal (PACEY; CULLIS, 1986).

Para a determinação do dimensionamento de reservatórios a NBR 15.527 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007) descreve seis métodos de cálculo (método de Rippl, método da Simulação, método Azevedo Neto, método Prático Alemão, método Prático Inglês e método Prático Australiano), sendo empregados na captação da água de chuva para fins não potáveis em áreas urbanas (NASCIMENTO; MORUZZI, 2009). Sobretudo esta mesma norma também define que o cálculo da capacidade do reservatório de água pluvial pode ser realizado a partir de qualquer método, a critério do projetista, desde que essa escolha seja adequadamente justificada.

No caso do Método da Análise da Simulação, a norma NBR 15.527 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007) preconiza que duas hipóteses devem ser satisfeitas: (i) o reservatório deve estar cheio no início da contagem do tempo; e (ii) os dados históricos são representativos para as condições futuras.

Para o dimensionamento de estruturas hidráulicas, sejam urbanas ou rurais, é necessário o conhecimento da precipitação provável, de modo que a estrutura planejada possa resistir adequadamente. Assim, o entendimento da precipitação, em estudos hidrológicos, é

amplamente empregado o conceito de tempo de recorrência ou período de retorno (Tr) (VIEIRA; LOMBARDI; SANTOS, 1994). Este representa o número médio de anos, durante o qual se espera que a precipitação determinada seja igualada, ou superada pelo menos uma vez (PINTO et al., 1976; CRUCIANI, 1986; TUCCI; SILVEIRA, 2009).

Segundo Villela e Mattos (1975), Pinto et al. (1976) e Cruciani (1986), para períodos de retorno menores que o número de anos de observações, é possível empregar o método de Kimball, ou o método de Califórnia, sem a necessidade de usar uma distribuição probabilística. Cruciani (1986) e Tucci e Silveira (2009) também mencionam que as precipitações devem ser extraídas de séries históricas locais, sendo ideal o emprego de no mínimo 30 anos de registros.

O aproveitamento da água de chuva para fins não potáveis, com enfoque na redução de volume da água de chuva despejada nas galerias e ruas, pode diminuir os danos às vias públicas e enchentes nas cidades, assoreamento e poluição promovendo também a minimização dos impactos financeiros para os gestores públicos em cada município. Desta forma, o presente trabalho visa analisar séries históricas de totais mensais, quinzenais e decendiais da região de Umuarama/PR para definir tempos de retorno com fins ao dimensionamento de reservatórios para o aproveitamento de água da chuva com o intuito de irrigar espaços públicos urbanos abertos.

4 MATERIAL E MÉTODOS

A condução do estudo visando o aproveitamento de água da chuva para irrigação foi realizado para a Praça Santos Dumont, que apresenta as coordenadas geográficas: 23°45'42" S e 53°18'41" W. Essa praça, conforme Figura 1, está localizada no município de Umuarama/PR, possui área de 12.000 m², superfície permeável vegetada de 3.277 m² e área de cobertura para captação de água de chuva igual a 500 m².

A área disponível para a captação de água foi definida a partir da análise do levantamento planialtimétrico da área em estudo. Dessa forma, verificaram-se as cotas de níveis da praça que proporcionam a captação das águas e seu armazenamento em pontos mais baixos para evitar o emprego de um sistema de bombeamento.

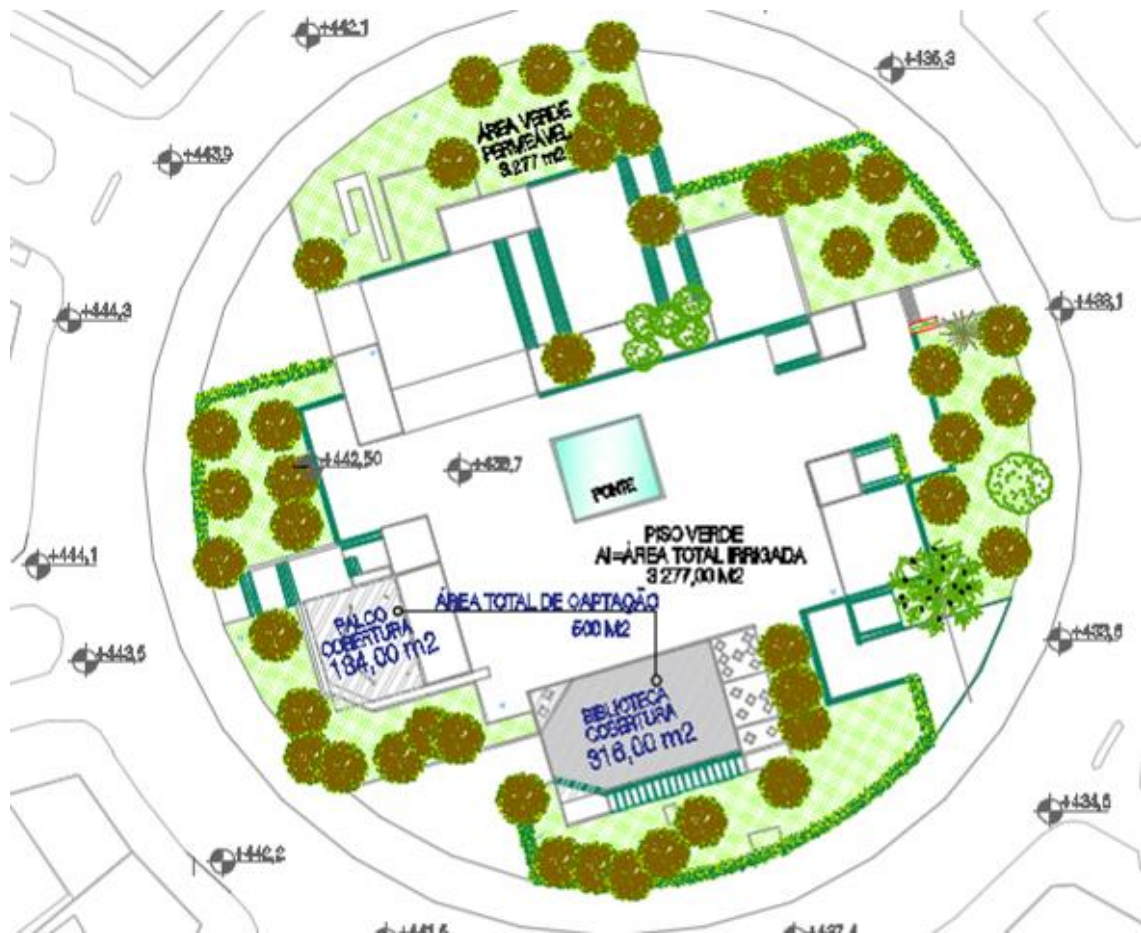
Para a análise dos dados de precipitação foram utilizados dados pluviométricos de três estações localizadas na região de Umuarama/PR, conforme observado na Tabela 1. Estes dados foram obtidos junto ao Sistema de Informação Hidrológica (Hidroweb) pertencente à Agência Nacional de Águas (ANA, 2014).

Os dados das séries históricas de precipitação diária de 36 anos das três estações apresentadas na Tabela 1 foram empregados para constituir as séries de precipitações totais mensais (12 séries), quinzenais (24 séries) e decendiais (36 séries). Os valores dessas séries foram organizados em ordem decrescente e a frequência de excedência foi calculada pela equação de Kimball (VILLELA; MATTOS, 1975):

$$F = \frac{m}{n+1} \quad (1)$$

Em que: F é a frequência observada; m o número de ordem do evento de precipitação e; n o número de anos da série analisada.

Figura 1. Disposição das áreas permeáveis vegetadas e de captação de água da chuva da Praça Santos Dumont, Umuarama/PR.



A partir da frequência de ocorrências de chuva para cada série de cada estação pluviométrica, obtida pela equação 1, os dados foram ajustados a distribuição de probabilidade de excedência de Gumbel (TUCCI; SILVEIRA, 2009), que é dada pela equação 2:

$$P(x \geq x_i) = 1 - e^{-e^{-\alpha(x_i - \mu)}} \quad (2)$$

$$\text{sendo: } \alpha = \frac{1,2826}{s} \quad ; \quad \mu = \bar{x} - 0,451 \cdot s$$

Em que: $P(x \geq x_i)$ é a probabilidade de um valor da série ser maior ou igual à magnitude de um determinado evento; s o desvio padrão da amostra (mm) e; \bar{x} a média da amostra (mm).

Para estimativa da precipitação (x), em função do tempo de retorno (Tr), aplica-se a equação 3, que foi obtida da manipulação da equação de probabilidade de Gumbel (equação 2) e considerando o Tr como função da probabilidade de excedência.

$$x_{Tr} = \bar{x} + \left\{ -0,45 + 0,7797 \cdot -\ln \left[-\ln \left(\frac{1}{Tr} \right) \right] \right\} \cdot s \quad (3)$$

Em que: x_{Tr} é a precipitação em função do tempo de retorno (mm) e; Tr o tempo de retorno (anos).

Tabela 1. Estações pluviométricas utilizadas para a obtenção de séries históricas da região de Umuarama/PR

Código	Estação	Latitude	Longitude	Distância a praça (km)	Anos
02353022	Serra dos Dourados	23°37'00" S	53°22'00" W	17,1	36
02353025	Marco Preto	23°28'46" S	53°43'37" W	52,8	36
02353027	Santa Eliza	23°31'39" S	53°27'46" W	30,3	36

A precipitação total mensal, quinzenal e decenal para o ponto de interesse foi determinada utilizando-se uma ponderação (equação 4) pelo inverso do quadrado da distância (MELLO et al., 2003) da estação pluviométrica à Praça Santos Dumont (Tabela 1), onde as distâncias entre os pontos foram determinadas através da latitude e longitude.

$$\bar{P}_m = \frac{\sum_{i=1}^n P_i \cdot \left(\frac{1}{d_i} \right)^2}{\sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{d_i} \right)^2} \quad (4)$$

Em que: \bar{P}_m é a precipitação média no local de interesse (mm); P_i a precipitação de cada estação (mm); d_i a distância linear entre a estação pluviométrica e o local de interesse (km) e; n o número de estações pluviométricas.

No dimensionamento de reservatórios para aproveitamento de água da chuva, a variação do armazenamento ao longo do tempo é representada pela diferença entre o volume de chuva coletado menos o volume de água demandado. Dessa maneira, o volume de água armazenado é dado pela equação 5:

$$S_{t+\Delta t} = S_t + V_e - V_s \quad (5)$$

com: $0 < S_{t+\Delta t} < V_r$

Em que: $S_{t+\Delta t}$ é o armazenamento de água no reservatório no tempo $t + \Delta t$ (m^3); S_t o armazenamento de água no reservatório no tempo t (m^3); V_e o volume de água que entra no reservatório (m^3); V_s o volume de água que sai do reservatório (m^3) e; V_r o volume do reservatório (m^3).

Nos sistemas irrigados, a evapotranspiração da cultura representa a demanda hídrica, que pode ser corrigida por um coeficiente de localização, que é dependente do sistema de irrigação empregado. Nas condições de evapotranspiração superior que a precipitação haverá uma redução do nível de água no reservatório e o volume de água que sai é calculado na equação 6:

$$V_s = \begin{cases} \text{para : } P \geq (ET_c \cdot KI) & \rightarrow V_s = 0 \\ \text{para : } 0 \leq P < (ET_c \cdot KI) & \rightarrow V_s = \frac{(ET_c \cdot KI) - P}{1000} \cdot A_i \end{cases} \quad (6)$$

Em que: ET_c é a evapotranspiração da cultura ao longo do tempo t (mm); P a precipitação ocorrida ao longo do tempo t (mm); KI o coeficiente de localização ($KI \leq 1$) (decimal) e; A_i a área irrigada (m^2).

O volume de água que entra no reservatório depende da precipitação incidente, da área de captação da chuva e do coeficiente de escoamento superficial, sendo calculado na equação 7:

$$V_e = P \cdot A_c \cdot C \quad (7)$$

Em que: C é o coeficiente de escoamento superficial (decimal) e; A_c a área de coleta da chuva (m^2).

Devido à ocorrência de falhas nas coletas de precipitação diária, observadas em cinco anos diferentes (1990, 1991, 1992, 2006 e 2009), esses dados foram desconsiderados nas simulações. Dessa forma, para definir o tempo de retorno a ser empregado para obtenção da precipitação, nas séries históricas mensais, quinzenais e decendiais, primeiramente foi calculado o volume do reservatório com a série histórica diária para os 31 anos de dados de precipitação. Os cálculos foram realizados na planilha eletrônica Excel e o volume do reservatório foi determinado iterativamente, pelo método das simulações, com auxílio da ferramenta Solver da referida planilha.

Nas simulações com as três séries históricas foram empregados os dados de área de captação ($A_c = 500 \text{ m}^2$) da Praça Santos Dumont e o coeficiente de escoamento superficial para telhados igual a 0,9 (PACEY; CULLIS, 1986). A área irrigada (A_i) foi estimada a partir da disponibilidade hídrica média anual total (precipitação total anual) e a demanda de água anual pela cultura irrigada, dada pela equação 8:

$$A_i = \frac{P_{\text{anual}} \cdot A_c \cdot C}{ET_{c_{\text{anual}}} \cdot KI} \quad (8)$$

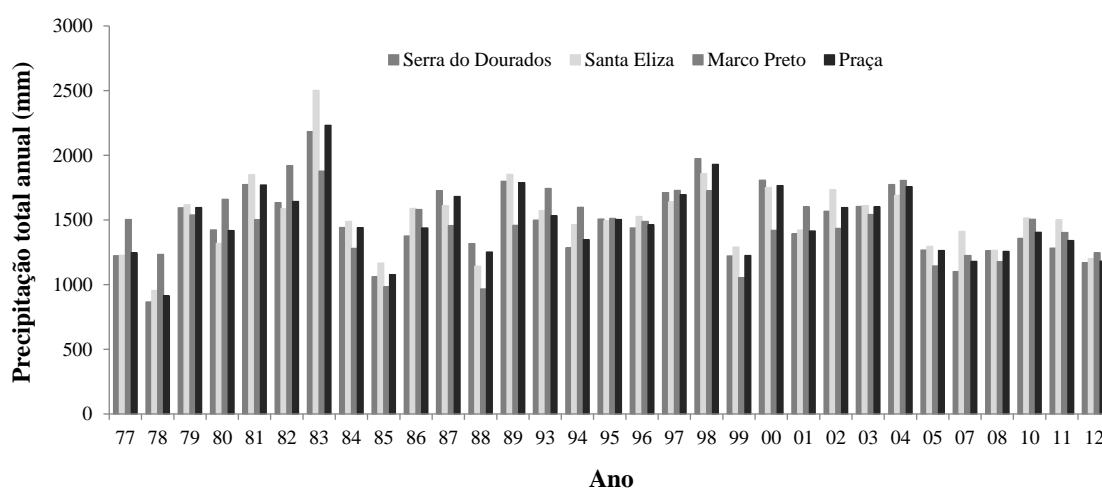
Em que: P_{anual} é a precipitação total anual média (mm) e; $ET_{c_{\text{anual}}}$ a evapotranspiração total anual da cultura (mm).

Para a determinação da demanda de água da cultura foram empregados os valores de evapotranspiração de referência (ET_0) médios diários de dois anos consecutivos e coeficientes de cultivo (k_c) e de localização (KI) iguais a unidade. Esses valores foram estimados pela equação de Penman-Monteith (ALLEN et al., 1998), para os anos de 2014 e 2015, com base nos dados meteorológicos de Cidade Gaúcha/PR, que também está localizada na região Noroeste do Paraná.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 2 são apresentados os valores de precipitação total anual das três estações pluviométricas empregadas e o valor médio para a Praça Santos Dumont, estimado pelo método do inverso do quadrado da distância. Como a estação Serra dos Dourados se encontra mais próxima (17,1 km) da Praça, esses dados têm maior preponderância no cálculo do valor médio precipitado. Isso é nítido na Figura 2, principalmente, quando há grandes variações entre os três valores de precipitação totais anuais observados nas estações. Conforme Mello et al. (2003), o método do inverso do quadrado da distância tem sido empregado e sugerido para o cálculo da precipitação em locais que não tem estações pluviométricas.

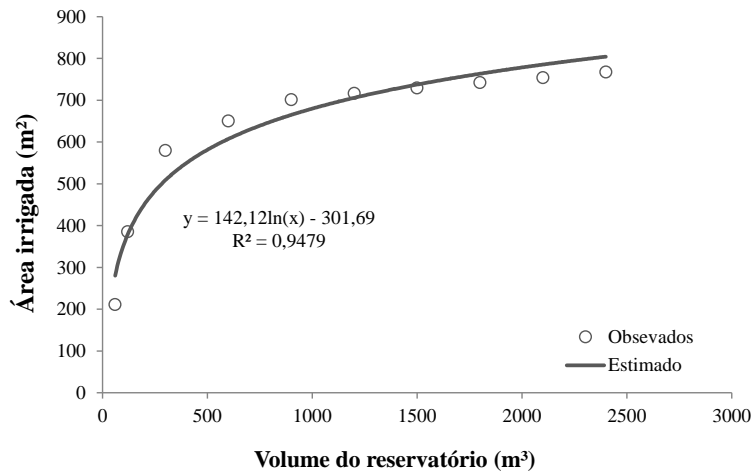
Figura 2. Precipitação total anual na região de Umuarama/PR entre os anos de 1977 e 2012.



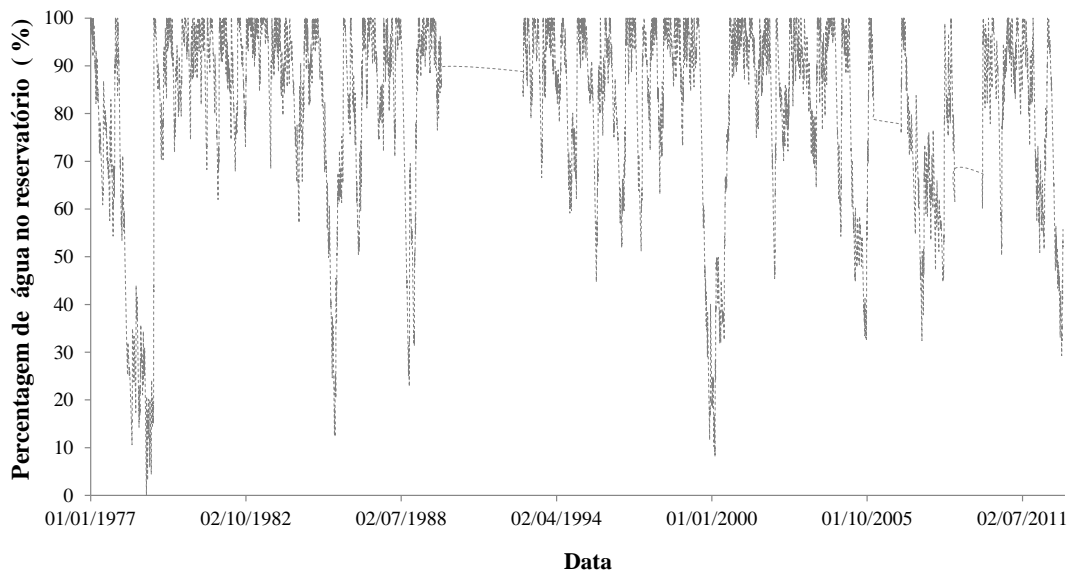
Nas simulações (Figura 2) foram desconsiderados os anos 1990, 1991, 1992, 2006 e 2009, devido à ausência de coleta de alguns dados de precipitação diária. Ao longo dos 31 anos de dados de precipitação, observou-se que, o menor (913 mm) e o maior (2232 mm) total anual ocorreram, respectivamente, em 1978 e 1983 e a precipitação total anual média foi de 1482 mm. Segundo Silva et al. (2015), a região Noroeste do Paraná figura como uma das regiões em que predominam os menores índices pluviométricos do Estado (entre 1400 e 1500 mm).

Com a disponibilidade hídrica média anual de 1482 mm e uma demanda hídrica média anual de 1318 mm (ET_0), a área total possível de ser irrigada, construindo um reservatório de 200 m³, é de 506 m², caso adote-se sistemas de irrigação localizada, esse valor pode ser majorado pelo coeficiente de localização (KI). Conforme a Figura 3, com o balanço de entrada e saída de água no reservatório, a área irrigada tende a um valor constante de 700 m² a partir de um volume de reservatório de 1000 m³.

Em função das tipologias construtivas existentes na praça em estudo serem retangulares pode-se optar por reservatórios retangulares em cotas favoráveis ao escoamento por gravidade, podendo ser otimizado seu volume em relação a minimização da área se obedecer a relação preconizada por Tsutiya (2005).

Figura 3. Área irrigada em função do volume do reservatório.

Na Figura 4 é apresentada a variação diária do volume de água no reservatório de $200 m^3$ ao longo dos 31 anos, para a qual foram efetuadas as simulações. O nível de água atingiu o valor mínimo e igual a zero no ano de 1978, ano em que houve o menor valor de precipitação total anual (913 mm). Em média, ao longo do tempo, o reservatório fica com 80,1% ($163,8 m^3$) do volume total de água. Entretanto, como para Tsutiya (2005), o volume mínimo deve ser aquele que permita uma lâmina de água que impeça a formação de vórtices e cavitação (no caso de haver bombeamento) e arraste de sedimentos do fundo do reservatório, neste caso, o volume determinado, conforme Figura 4, satisfaz a condição de mínimo volume (cerca de 10%), mesmo em situações críticas, excetuando-se o caso de mínima.

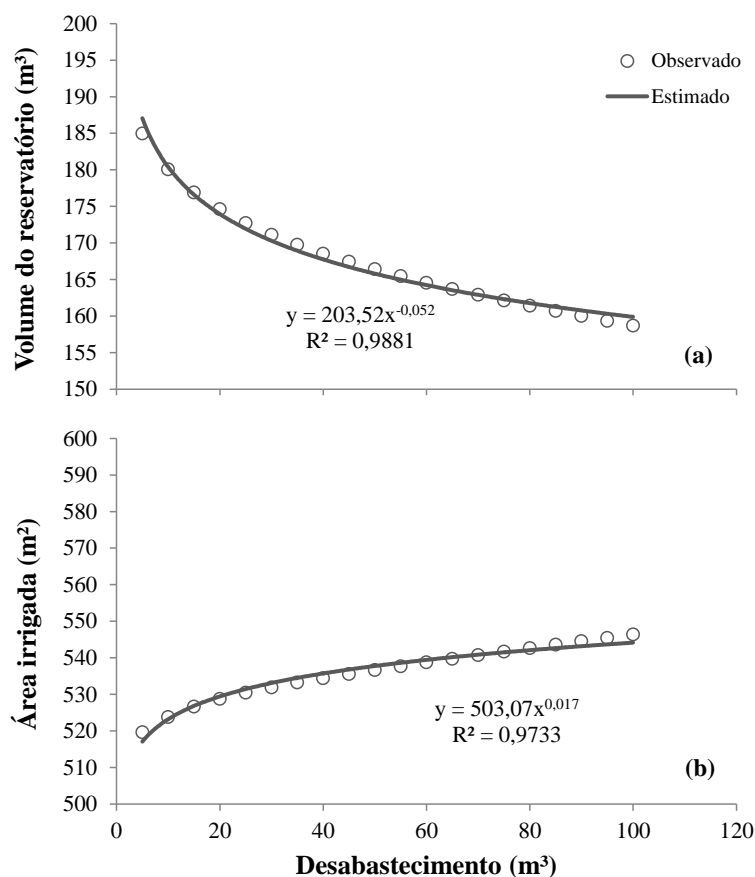
Figura 4. Volume percentual diário de água no reservatório para os anos compreendidos entre 1977 e 2012.

O desabastecimento de água ao longo do tempo proporciona uma redução do volume do reservatório (Figura 5a) e pode também proporcionar um incremento de área irrigada

(Figura 5b). Para um desabastecimento anual de 40 m^3 , ao longo do tempo, o reservatório poderia apresentar um volume de 168 m^3 ou aumentar a área irrigada para 536 m^2 . Esses valores representariam uma redução no volume do reservatório de 15% e um incremento de área de 6%.

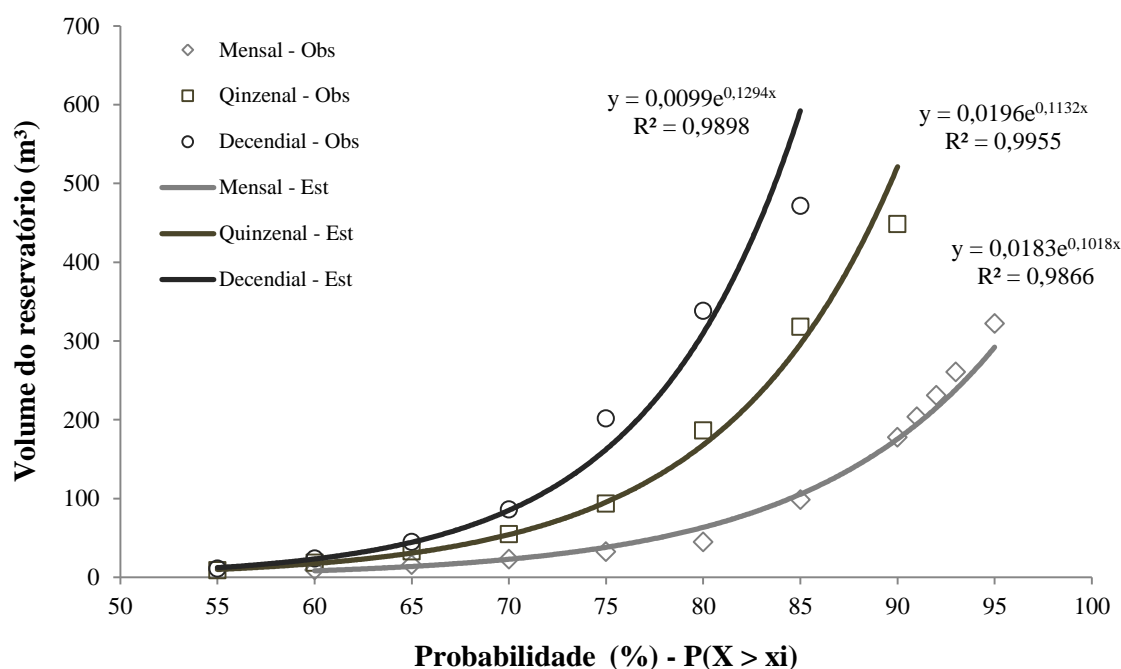
Ao proceder as simulações de volume de reservatório com as séries mensais, quinzenais e decendiais, observou-se que agrupando os valores em intervalos de tempos menores (decêndio) é possível empregar probabilidades de ocorrência menores no dimensionamento de reservatórios (Figura 6). Também, os dados de volume de reservatório, em função da probabilidade de ocorrência de chuva, apresentam bom ajuste ($R^2 > 98\%$) a equações de tipo exponencial e para probabilidades de chuva menores que 50%, não houve necessidade de armazenamento de água.

Figura 5. Volume do reservatório (a) e área irrigada (b) em função do desabastecimento de água.



Para o reservatório de 200 m^3 , dimensionando pelo método das simulações, verificou-se que para as séries mensal, quinzenal e decendial, respectivamente, é necessário empregar uma probabilidade de excedência de chuva de 91,5%, 81,7% e 76,7%. Esses valores equivalem, respectivamente, a tempos de retornos de 11,8, 5,5 e 4,3 anos. Conforme Bernardo, Soares e Mantovani (2006), normalmente, em irrigação trabalha-se com probabilidades de excedência de 75 a 80%, que equivale a tempos de retornos de 4 a 5 anos.

Figura 6. Volume do reservatório em função da probabilidade $P(X > x_i)$ para séries históricas mensal, quinzenal e decencial.



6 CONCLUSÕES

Com base nos resultados conclui-se que: i) a disponibilidade anual de precipitação pluviométrica na região de Umuarama/PR é próxima a demanda anual, entretanto, essas precipitações são irregulares ao longo do ano, havendo a necessidade de armazenamento de água; ii) ao longo do tempo, o reservatório dimensionado conterá em média 80,1% do seu volume e; iii) no dimensionamento de reservatórios com tempos de retorno de 4 a 5 anos, deve-se empregar séries históricas quinzenais ou decenciais.

7 REFERÊNCIAS

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 319 p. (FAO Irrigation and Drainage paper, 56).

ANA. HidroWeb: sistemas de informações hidrológicas: series históricas. Brasília, 2014. Disponível em: <hidroweb.ana.gov.br>. Acesso em: 11 fev. 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15527**: água de chuva: aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis: requisitos. São Paulo, 2007. 11 p.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. Viçosa: UFV, 2006. 625 p.

CARLON, M. R. **Percepção dos atores sociais quanto as alternativas de implantação de Sistemas de captação e aproveitamento de água de chuva em Joinville – SC**. 2005. 203 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental)-Universidade do Vale do Itajaí, Itajaí, 2005.

CRUCIANI, D. E. **A drenagem na agricultura**. São Paulo: Nobel, 1986. 333 p.

KHASTAGIR, A.; JAYASURIYA, N. Optimal sizing rain water tanks for domestic water conservation. **Journal of Hydrology**, Amsterdam, v. 381, p. 181-188, 2010.

MELLO, C. R.; LIMA, J. M.; SILVA, A. M.; MELLO, J. M.; OLIVEIRA, M. S. Krigagem e inverso do quadrado da distância para interpolação dos parâmetros da equação de chuvas intensas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, p. 925-933, 2003.

MOTA, S.; AQUINO, M. D.; SANTOS, A. B. Reuso de águas: conceitos, importância, tipos. In: MOTA, S.; AQUINO, M. D.; SANTOS, A. B. **Reuso de águas em irrigação e piscicultura**. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 2007. p. 21-37.

NASCIMENTO, P. H. R.; MORUZZI, R. B. Programa computacional de suporte à decisão para cálculo de reservatório de armazenamento em sistemas de captação e aproveitamento de água pluvial em áreas urbanas. In: CONGRESSO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 25., 2009, Recife. **Anais...** Rio de Janeiro: ABES, 2009. p. 1-9.

PACEY, A; CULLIS, A. **Rainwater harvesting**: the collection of rainfall and run-off in rural areas. London: Intermediate Technology Publications, 1986. 216 p.

PINTO, N. L. S.; HOLTZ, A. C. T.; MARTINS, J. A.; GOMIDE, F. L. S. **Hidrologia Básica**. São Paulo: Edgard Blücher; Rio de Janeiro: Fundação Nacional de Material Escolar, 1976. 304 p.

SILVA, W. L.; DEREZYNSKI, C.; CHANG, M.; FREITAS, M.; MACHADO, B. J.; TRISTÃO, L.; RUGGERI, J. Tendências observadas em indicadores de extremos climáticos de temperatura e precipitação no estado do Paraná. **Revista Brasileira de Meteorologia**, Rio de Janeiro, v. 30, n. 2, p. 181-194, 2015.

TORDO, O. C. **Caracterização e avaliação do uso de águas de chuva para fins potáveis**. 2004. 122 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental)-Centro de Ciências Tecnológicas, Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, 2004.

TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de água**. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2005. 643 p.

TUCCI, C. E. M.; SILVEIRA, A. L. L. **Hidrologia**: ciência e aplicação. 4. ed. Porto Alegre: ABRH, 2009. 943 p.

VIEIRA, D. B.; LOMBARDI, N. 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, 1994.

VILLELA, M. S.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975. 245 p.

WILKEN, P. S. **Engenharia de drenagem superficial**. São Paulo: CETESB, 1978. 477 p.