

AVALIAÇÃO DO POTENCIAL E DIMENSIONAMENTO DE RESERVATÓRIOS PARA APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS NO MUNICÍPIO DE VIÇOSA – MG

Eduardo Vicente do Prado¹
Carlos Ícaro Monteiro da Silva²
Saulo de Souza Paoli³

¹ Centro Universitário Amparense - UNIFIA, Amparo – SP, Brasil.

^{2,3} Faculdade de Ciências e Tecnologia de Viçosa - UNIVIÇOSA, Viçosa – MG, Brasil.

Resumo:

Uma das maneiras de racionalizar o consumo de água é através do desenvolvimento de técnicas para utilização de outras fontes de água, como a água de chuva, para uso não potável. O objetivo desse trabalho foi avaliar o potencial da água de chuva em construções e dimensionar o reservatório necessário para o armazenamento da água de chuva coletada, para a cidade e Viçosa, no estado de Minas Gerais. Para os cálculos foram utilizados uma área de 100 m² e a demanda de consumo de água de uma pessoa. Os métodos utilizados para o dimensionamento do reservatório foram os propostos na NBR 15527/2007. Para os métodos de Azevedo Neto, Prático Australiano e Prático Inglês, o volume dimensionado do reservatório foi muito grande, tornando inviável sua construção em residências. Os melhores resultados foram obtidos utilizando os métodos Rippl, Prático Alemão e Simulação, com um volume do reservatório estimado em 2,5 m³.mês⁻¹.pessoa⁻¹.

Palavras-chave: Chuva, água, pluvial, reservatório, dimensionamento.

Abstract:

One of the ways to rationalize water consumption is through the development of techniques for using other sources of water, such as rainwater, for non-potable use. The objective of this work was to evaluate the potential of rainwater in constructions and to dimension the water tank necessary for the storage of collected rainwater, for the city and Viçosa, in the state of Minas Gerais. For the calculations, an area of 100 m² and the demand for water consumption of a person were used. The methods used to design the water tank were those proposed in NBR 15527/2007. For the methods of Azevedo Neto, Prático Australiano and Prático Inglês, the dimensioned volume of the water tank was very large, making its construction in homes unfeasible. The best results were obtained using the Rippl, Practical German and Simulation methods, with an estimated water tank volume of 2.5 m³.month⁻¹.person⁻¹.

Keywords: Rain, water, rainwater, water tank, designing.

1. INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural, finito e vulnerável, essencial para a vida animal, para o meio ambiente, além de ser imprescindível para o desenvolvimento da sociedade (NOSHANG, 2011). O uso racional da água é essencial, especialmente em grandes cidades. A população mundial está preocupada com este problema. Várias alternativas emergem para tentar solucionar esse problema, uma delas é utilizar a água da chuva coletada de telhados para usos em atividades não potáveis em residências.

As chuvas acontecem de acordo com o ciclo hidrológico da água. Esse ciclo move a água ao redor do globo terrestre em diferentes formas: água, neve, gelo ou vapor (TIGRE, 2013). De acordo com Garcez e Avarez (2014) esse ciclo pode ser considerado em duas fases principais: uma atmosférica e outra terrestre, em ambas há a função de, temporariamente, armazenar, transportar a permitir a mudança de fase do estado da água. A água que precipita, parte dela é perdida por evaporação (GRIBBIN, 2007). Parte dessa água se transforma em escoamento superficial, que escoar sobre as superfícies em lugares com declividade. Em áreas urbanas o escoamento superficial causa sérios problemas, o mais comum são as inundações. Um fator que tem grande contribuição com as inundações são as construções urbanas que impermeiam o solo, redes de águas pluviais não suportam a quantidade de água da chuva e transbordam para as ruas, causando inconvenientes e danos à população.

A quantidade de água potável disponível para o consumo humana está diminuindo. Em algumas partes do planeta o acesso à água potável está muito difícil (SILVA et al., 2018). A maioria da água disponível no planeta está nos oceanos e mares, que são impróprias para o consumo humano devido a sua salinidade. Cerca de 97% da água de todo o planeta está nos oceanos e mares. O restante 3% é água doce, deste 2,7% estão em geleiras e em aquíferos a grande profundidade, o que torna seu uso indisponível. Somente 0,3% da água doce do planeta estão disponíveis na superfície na forma de rios e lagos e são acessível ao consumo humano (UFPI, 2019). Mas nem sempre a qualidade da água encontrada em rios e lagos estão em boas condições para o consumo humano devido ao uso de defensivos agrícolas em plantações que alcançam os cursos de água.

As águas das chuvas são responsáveis por suprir os rios e estes são responsáveis por suprir a demanda de água nas cidades. O uso da água da chuva é possível e começa a surgir novas formas de sua coleta em construções no Brasil, através dos telhados dessas construções. Esses sistemas de coleta de água da chuva são utilizados há vários anos em outros países. Em países como Alemanha, Estados Unidos e Japão, os sistemas de utilização da água da chuva geram economia superior a 30% no consumo de água doce. Esse valor pode variar de acordo com a área do telhado da construção (THOMAZ, 2009).

Na península de Yucatan, no México, há reservatórios para a água da chuva que foram construídos antes da chegada de Cristóvão Colombo a América e estão em funcionamento até hoje (THOMAZ, 2009).

A cidade de Viçosa, no estado de Minas Gerais, apresenta alguns problemas relacionados com o abastecimento de água. Nos últimos anos a cidade tem vivido com o racionamento na distribuição da água, por causa da falta de chuva. Um sistema de utilização da água da chuva, para fins não potáveis, em residências pode ser uma alternativa para a cidade, que ajudaria na redução do consumo de água tratada e aumentaria os níveis dos reservatórios. De acordo com Thomaz (2009) é importante perceber que o uso de águas da chuva em atividades como limpeza, irrigação de jardins, gramados e na descarga de banheiro, previne o uso de água tratada.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o potencial de uso de água da chuva para fins não potáveis na cidade de Viçosa, no estado de Minas Gerais. Para tanto, foi feito o dimensionamento do volume necessário do reservatório para armazenar a água coletada utilizando sete métodos de cálculos propostos na NBR15527/2007. Os volumes dos reservatórios foram calculados em três situações de acordo com a média anual de precipitação da região em: o melhor ano, o ano médio e o pior ano.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Os dados de precipitação foram obtidos para a cidade de Viçosa, no estado de Minas Gerais, que se localiza na latitude 20°45'14" Sul e longitude 42°52'55" Oeste. Os principais pontos determinados neste estudo foram o volume do reservatório de água da chuva e a demanda por água, que foi calculada para uso em descargas de banheiros. Foram considerados 5 descargas diariamente com um consumo de 13 litros por descarga em cada residência. Cada reservatório necessita ter o tamanho suficiente para armazenar a quantidade de água necessária para as atividades e ser economicamente possível.

O tipo de telhado utilizado para os cálculos possuía uma área de 100m² (Figura 1). Para calcular o volume de água coletada foram utilizados métodos propostos na NBR 10844 (ABNT, 1989). Para o cálculo da área de contribuição foi utilizada a Equação 1:

$$A = \left(a + \frac{h}{2}\right) \cdot b \quad \text{Equação 1.}$$

Onde:

A = área do telhado, m²;

a = altura horizontal do telhado, m;

b = comprimento do telhado, m;

h = altura vertical do telhado, m.

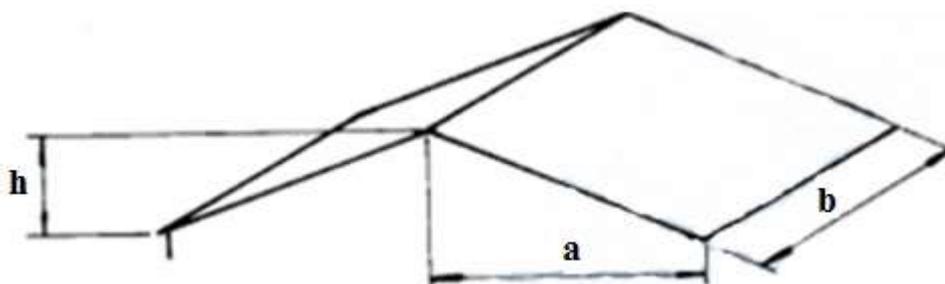


Figura 1. Modelo do telhado considerado e as variáveis envolvidas nos cálculos.

Fonte: Autor.

Foram utilizados os dados históricos de precipitação entre os anos de 1968 até 2014, obtidos em uma estação pluviométrica padrão na cidade de Viçosa (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2018; UFV, 2015). Foram utilizados sete métodos para calcular o volume do reservatório para o armazenamento da água da chuva, que estão disponíveis na NBR 15527 (ABNT, 2007).

Os métodos utilizados foram:

1) **NBR 15527 (ABNT, 2007)** (Equação 2):

$$V = P.A.C.\eta \quad \text{Equação 2.}$$

Onde:

V = volume anual, mensal ou diário de água da chuva;

P = média anual, mensal ou diária de água da chuva;

A = área de coleta;

C = coeficiente de escoamento da cobertura;

η = eficiência do sistema de coleta, levando em consideração o dispositivo de descarga de sólidos e o desvio de fluxo inicial, caso este seja utilizado.

2) Rippl (Equação 3):

$$S_t = D_t - Q_t \quad \text{Equação 3.}$$

Onde:

$Q_t = C \times \text{precipitação da chuva}_{(t)} \times \text{area de coleta}$;

$V = \sum S_t$, somente para valores $S_t > 0$;

Para: $\sum D_t < \sum Q_t$;

$S_t = \text{volume de água no reservatório no tempo } t$;

$Q_t = \text{volume de chuva aproveitável no tempo } t$;

$D_t = \text{demanda ou consume no tempo } t$;

$V = \text{volume do reservatório}$.

3) Simulação (Equação 4):

$$S_t = Q_t + S_{t-1} - D_t \quad \text{Equação 4.}$$

Onde:

$Q_t = C \times \text{precipitação da chuva}(t) \times \text{área de coleta}$;

Para: $0 \leq S_t \leq V$;

$S_t = \text{volume de água no reservatório no tempo } t$;

$S_{t-1} = \text{volume de água no reservatório no tempo } t-1$;

$Q_t = \text{volume de chuva no tempo } t$;

$D_t = \text{demanda ou consume no tempo } t$;

$V = \text{volume do reservatório}$;

$C = \text{coeficiente de escoamento superficial}$.

4) Azevedo Neto (Equação 5):

$$V = 0,042 \times P \times A \times T \quad \text{Equação 5.}$$

Onde:

$P = \text{valor numérico da precipitação média anual, em mm}$;

T = valor numérico do número de meses com pouca chuva ou seca;

A = valor numérico da área de coleta em projeção, em m²;

V = valor numérico do volume do reservatório, em L.

5) Prático Alemão (Equação 6):

Trata-se de um método empírico onde se toma o menor valor do volume do reservatório; 6 % do volume anual de consumo ou 6 % do volume anual de precipitação aproveitável.

$V_{\text{adotado}} = \text{mínimo de (volume anual precipitado aproveitável e volume anual de consumo)} \times 0,06$;

$$V_{\text{adotado}} = \text{minimum}_{(V,D)} \cdot x 0,06 \quad \text{Equação 6.}$$

Onde:

V = valor numérico do volume aproveitável de água da chuva anual, em L;

D = valor numérico da demanda anual de água não aproveitável, em L;

V_{adotado} = valor numérico do volume de água do reservatório, em L.

6) Prático Inglês (Equação 7):

$$V = 0,05 \times P \times A \quad \text{Equação 7.}$$

Onde:

P = valor numérico da precipitação media anual, em mm;

A = valor numérico do valor da área de coleta em projeção, em m²;

V = valor numérico do volume do reservatório, in L.

7) Prático Australiano (Equação 8):

$$Q = A \cdot C \cdot (P - I) \quad \text{Equação 8.}$$

Onde:

C = coeficiente de escoamento superficial, geralmente 0,80;

P = precipitação media mensal;

I = interceptação da água que molha as superfícies e perdas por evaporação, geralmente 2 mm;

A = área de coleta;

Q = volume mensal produzido pela chuva.

O potencial de coleta de água da chuva a partir dos telhados de residências foi comparado com a média de consumo *per capita* na cidade de Viçosa. Com o resultado foi possível saber quanto a cidade pode economizar de água tratada nas residências que implantarem o sistema de coleta de água da chuva.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para o cálculo da demanda de água da chuva foi considerado 5 descargas diárias por pessoa (Tabela 1). A área do telhado utilizada no cálculo foi de 100 m².

Tabela 1. Cálculos da demanda mensal de água da chuva.

Número de pessoas	Número de descargas diárias	Consumo de água por descarga (L)	Dias	Demanda mensal (m ³)
1,0	5,0	13,0	30,0	2,0

Para o dimensionamento do reservatório, os dados médios anuais de precipitação foram divididos em: o melhor ano, o ano médio e o pior ano (Tabela 2).

Tabela 2. Dados médios anuais de precipitação utilizados nos cálculos.

Meses	Dados de precipitação (mm)												Total
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	
Melhor ano	362,1	512,0	83,6	42,2	50,2	0,4	20,4	31,6	34,1	34,8	360,5	502,2	2034,1
Ano médio	226,4	129,0	150,8	57,5	31,8	16,7	15,1	14,7	52,8	97,9	194,9	246,5	1234,1
Pior ano	72,2	23,8	182,8	84,4	8,4	2,2	5,0	4,0	18,8	14,3	203,0	167,2	786,1

Os grandes volumes do reservatório calculados pelos métodos NBR 15527, Azevedo Neto, Prático Australiano e Práticos Inglêss (Tabela 3), dificulta sua compra e os tornam inviáveis para residências, porque a falta de espaço é um problema em muitas residências.

Tabela 3. Valores calculados dos volumes do reservatório pelos sete métodos considerados.

Métodos	Volume do reservatório (m ³)						Simulação
	NBR 15527	Rippl	Azevedo Neto	Prático Inglês	Prático Australiano	Prático Alemão	
Melhor ano (1979)	41,0	3,0	25,6	10,2	40,8	1,4	2,0
Ano médio	19,7	2,5	15,6	6,2	19,6	1,4	2,0
Pior ano (2014)	16,2	8,0	9,9	3,9	16,1	1,4	2,0

O volume do reservatório calculado pelos métodos Rippl, Prático Alemão e Simulação foi de 2,0 m³.mês⁻¹.pessoa⁻¹, um reservatório com essa capacidade pode ser adquirido no comércio facilmente (Tabela 3). No método NBR 15527, os resultados obtidos foram altos nos três períodos considerados. Esse método não considera a demanda de água que será consumida durante o processo de coleta. No método Rippl os resultados foram satisfatórios, isso porque esse método subtrai do volume de precipitação mensal a demanda constante da água utilizada pelo usuário, resultando num volume do reservatório menor. No método Simulação foi observado que em meses de muita chuva ocorre perda de água através do vertedouro (sistema que conduz o excesso de água para a rede pluvial) devido ao baixo consumo *per capita*.

No método Azevedo Neto a demanda de consumo não é levada em consideração nos cálculos, o que faz com que o volume estimado do reservatório seja muito grande (Tabela 3). O método Prático Alemão adota como capacidade do reservatório, o menor volume de água entre a demanda anual e a água coletada no telhado. O método Prático Inglês não considera a demanda de consumo de água. Se a média de precipitação for alta, o reservatório terá um grande volume, o que o torna impraticável em residências. Os métodos Prático Australiano e NBR 15527 obtiveram resultados próximos. Foram valores altos, o que sua instalação impraticável em residências.

Baseado nos resultados obtidos neste trabalho, se as residências da cidade de Viçosa – MG, utilizassem um sistema de aproveitamento de água da chuva, em meses chuvosos, a cidade faria uma economia de 146.572 m³ de água mensalmente. Em meses secos, os reservatórios da cidade estariam com grandes volumes de água para atender a demanda da população.

4. CONCLUSÕES

O volume do reservatório de água da chuva varia de residência para residência, pois a capacidade do reservatório vai depender do número de pessoas nas residências.

Para um sistema mais eficiente, sugere-se o uso de caixas de descarga nos banheiros, pois há no mercado caixas de descarga que economizam até 75% da água, quando comparada com os sistemas de descargas convencionais. Alguns modelos de caixas de descarga possuem dois níveis de descarga, o que torna o sistema ainda mais eficiente.

O melhor resultado foi obtido utilizando o método Rippl. A capacidade estimada do reservatório foi a mais viável para a instalação em residências de Viçosa – MG, nas três situações de cálculo: melhor ano com volume de 3,00 m³, ano médio com volume de 2,50 m³ e pior ano com volume de 8,00 m³.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15527**: água de chuva: aproveitamento em áreas urbanas para fins não potáveis: requisitos. Rio de Janeiro, 2007.

_____. **NBR 10844**: instalações prediais de águas pluviais. Rio de Janeiro, 1989.

GARCEZ; L. N.; ALVAREZ, G. A. **Hidrologia**. 2.ed. São Paulo: Blucher, 2014. 303 p.

GRIBBIN, J. E. **Introdução a Hidráulica, Hidrologia e Gestão de Águas Pluviais**. 4.ed. São Paulo: Cengage, 2007. 526 p.

MINISTÉRIO DAS CIDADES – SNIS. **Série Histórica**. Disponível em: <<http://app.cidades.gov.br/serieHistorica/#>>. Acesso em: 19 de Outubro de 2018.

NOSCHANG, M. C. da S. **Gestão e reuso da água em agroindústria**. 2011. 105 f. Dissertação (Mestrado em Qualidade Ambiental) – Universidade FEEVALE, Novo Hamburgo, Rio Grande do Sul, 2011.

SILVA, K. M. R.; SILVA, A. V. R.; THEBALDI, M. S.; IWATA, L. C.; SILVA, L. M. Conceito de precipitação provável aplicado ao dimensionamento de reservatórios para aproveitamento de águas pluviais. **Holos Environment**, v.18, n.02, p.191-206. 2018.

TIGRE S. A. **Manual Técnico Tigre**. 5.ed. Joinville: Tigre, 2013. 209 p.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis**. 4.ed. São Paulo: Navegar, 2009. 182 p.

UFPI. **Água potável garantia de qualidade de vida**. Disponível em: <http://www.ufpi.br/subsiteFiles/ppged/arquivos/files/eventos/evento2002/GT.15/GT15_3_2002.pdf>. Acesso em: 01 de Outubro de 2019.

UFV - UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA. Departamento de Engenharia Agrícola. Estação Climatológica Principal de Viçosa. **Boletim meteorológico 2015**. Viçosa, 2015.