

MÉTODOS DE DIMENSIONAMENTO E SIMULAÇÃO PARA RESERVATÓRIOS DE ÁGUA PLUVIAL

Lígia Negri Corrêa (1); Antonio Erivando Bezerra (2); Carlos Eduardo Angeli Furlani (3)

(1) *Mestranda em Agronomia, Universidade Estadual Paulista – UNESP – ligia.negri@hotmail.com*

(2) *Mestrando em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande – aerivando86@gmail.com*

(3) *Prof. Dr. Na Universidade Estadual Paulista – UNESP – furlani@fcav.unesp.br*

Introdução: O uso doméstico de água em edificações contribui em grande monta para o agravamento do problema de escassez de água potável. No Brasil, o consumo de água em edificações responde por 16% do total de água doce utilizada. De modo que uma alternativa viável para reduzir a escassez de água em muitas regiões é realizar a captação e armazenamento em reservatórios de água pluvial para sua utilização nas edificações (HELMREICH; HORN, 2009).

A água coletada em telhados vem sendo usada para fins não potáveis como descarga de banheiros ou rega de jardins, contribuindo dessa forma, para a diminuição do consumo residencial de água tratada proveniente do sistema público de abastecimento (FENDRICH, 2002).

Porém, o dimensionamento da capacidade dos reservatórios para armazenamento de água pluvial é um dos pontos críticos na implantação do sistema, pois geralmente, é um dos itens mais caros na implantação do sistema, impactando significativamente o tempo de retorno do investimento. De modo que o correto dimensionamento do reservatório é fundamental para evitar gastos desnecessários quando o reservatório é superdimensionado; ou, para evitar a baixa eficiência na economia de água, quando o reservatório é subdimensionado. Segundo o dimensionamento do reservatório de água pluvial para residências deve ser específico para cada situação, e não baseado na tradição local (GHISI 2010).

Segundo Tomaz (2009), o Método Rippl de dimensionamento (que utiliza as médias mensais de precipitação) é um dos métodos mais utilizados para calcular o volume do reservatório. Entretanto alega o autor, que o melhor método para se avaliar um reservatório é O método da Análise de Simulação que arbitra um volume e permite acompanhar o volume de água excedente (*overflow*), bem como a demanda de água, sendo possível portanto avaliar a eficiência do sistema de captação de água pluvial.

Assim, objetiva-se com o trabalho comparar quanto ao potencial de economia de água potável, os métodos de Azevedo Neto, e de Rippl, para o dimensionamento do reservatório de água pluvial sugeridos na NBR 15527 com o auxílio do método de Análise de Simulação.



Metodologia: O estudo de caso foi realizado em uma usina localizada no município de Pradópolis, no Estado de São Paulo, localizado nas coordenadas geodésicas: (21°19'13"S, 48°07'14"W). O clima da região, conforme a classificação de Köppen, é do tipo Cwa, subtropical úmido.

Os dados pluviométricos (precipitação mensal e precipitação anual) considerados para cálculo de dimensionamento estão inseridos na tabela 1 abaixo, e são referentes a dados pluviométricos de 1964 à 2015 (52 anos) para a região de Pradópolis, de acordo com a estação meteorológica CMA da própria usina.

A área de projeção de telhado que será considerada para o projeto é um Centro de Operações Agrícolas, com uma área de 897 m² (900m²).

Circulam diariamente pelo Centro de Operações Agrícolas cerca de 508 pessoas; sendo a demanda de água potável para suprir esse contingente de colaboradores de 124 m³/mês. Já a demanda mensal de água pluvial considerada foi de 100m³/mês, respeitando as definições da Portaria Ministério da Saúde nº 2.914/2011 que define para água potável sendo aquela destinada à ingestão, preparação e produção de alimentos e à higiene pessoal, que atenda ao padrão de potabilidade estabelecido pelo Ministério da Saúde.

2.a) Métodos de dimensionamento do reservatório de água pluvial sugeridos na NBR 15527

Foram selecionados dois métodos para dimensionamento da capacidade do reservatório:

Método Azevedo Neto

O método Prático Brasileiro é o primeiro método empírico apresentado na NBR 15527 (ABNT, 2007), podendo ser recomendado devido a praticidade do uso (tomaz). Neste método o volume do reservatório de água pluvial é calculado por meio da Equação 2 a seguir:

$$V = 0,042 \times P \times A \times T \quad (\text{equação 2})$$

Onde:

V é o volume de água no reservatório, ou o volume do reservatório de água pluvial (L);

P é a precipitação média anual (mm);

A é a área de captação em projeção no terreno (m²); e,

T é o número de meses de pouca chuva ou seca.

Foram considerados os valores numéricos de 1494 mm para a precipitação média anual (P); uma área de captação de 900m² de telhado (A); e, 3 meses de pouca chuva ou seca (T)



A NBR 15527(ABNT, 2007) não especifica como determinar o número de meses de pouca chuva, sendo considerados para este estudo os meses de junho, julho e agosto.

Método de Rippl

Segundo Thomaz (2003), no método de Rippl, utilizam-se séries históricas de precipitações, e estas são transformadas em vazões que alimentam o reservatório em cada mês, uma vez que Thomaz aponta que, de forma a facilitar o cálculo, é comum se formularem séries sintéticas, ou seja, elaboradas a partir de uma série histórica de precipitação, que pode ser em base diária ou mensal. Neste trabalho, o dimensionamento foi feito utilizando-se séries históricas de precipitação mensais.

Para o dimensionamento devem ser determinados a demanda média de água pluvial, a área da superfície de captação e o coeficiente de *runoff* (coeficiente de escoamento superficial, quociente entre a água que escoam superficialmente e o total da água precipitada), de acordo com as necessidades estabelecidas em projeto. Em seguida, aplica-se o método de Rippl utilizando-se as precipitações médias mensais em um período de janeiro a dezembro para o cálculo em base mensal, utilizando a seguinte equação 3

$$S(t) = D(t) - Q(t) \quad (\text{equação 3})$$

Sendo:

$$Q(t) = C \times P(t) \times A$$

Onde:

$S(t)$ é o volume de água no reservatório no tempo t ;

$Q(t)$ é o volume de chuva aproveitável no tempo t ;

$D(t)$ é a demanda ou consumo no tempo t ;

C é o coeficiente de escoamento superficial.

Por fim, a capacidade do reservatório de água pluvial recomendada, é dado por:

$$V = \sum S(t), \text{ somente para valores } S(t) > 0$$

Sendo que: $\sum D(t) < \sum Q(t)$

Análise de simulação do reservatório e eficiência

Para a análise de simulação considerou-se que o reservatório estaria vazio no início, sendo que a simulação foi feita de maneira contínua, repetindo-se as precipitações anuais até que o volume se estabiliza-se e fosse possível analisar a situação real de economia de água e o overflow (água em excesso que é perdida pela ladrão)



A evaporação da água não foi levada em conta, sendo considerada no coeficiente de runoff adotado $C=0,80$. Foi considerada também a inexistência de perda por vazamento no reservatório.

A simulação considerou três diferentes volumes de reservatórios, sendo estes de 200; 250 e 300 m³, sendo esses valores selecionados por estarem em uma faixa entre o volume resultante do método Azevedo Neto e do método de Rippl.

Os cálculos e as análises foram realizados através do software Microsoft Office Excel, sendo fixos os valores de precipitação média mensal (coluna 1), área do telhado (coluna 2), volume de chuva mensal (coluna 3), e demanda de água (coluna 4). Inserindo os volumes de reservatório selecionados, é possível pelo método acompanhar mês a mês, o nível do reservatório, a economia de água potável e o overflow.

Resultados e Discussão: De acordo com método Prático Brasileiro Azevedo Neto, foi recomendado um volume de 170m³, conforme equação descrita abaixo:

$$V = 0,042 \times P \times A \times T$$

Foram considerados os valores numéricos de 1477 mm para a precipitação média anual (P); uma área de captação de 900m² de telhado (A); e, 3 meses de pouca chuva ou seca (T).

Já para o método de Rippl, o volume recomendado para dimensionamento do reservatório de captação de água de chuva pelos telhados foi de 409 m³, conforme indica a figura 1 a seguir:

MÊS	Chuva média mensal (mm)	área (m ²)	Vol. De chuva mensal (m ³)	Demanda mensal (m ³)	Demanda - Volume	Diferença acumulada (m ³)
Janeiro	268	897	192	100	-92	
Fevereiro	216	897	155	100	-55	
Março	163	897	117	100	-17	
Abril	76	897	55	100	45	45
Maio	57	897	41	100	59	105
Junho	30	897	22	100	78	183
Julho	28	897	20	100	80	263
Agosto	25	897	18	100	82	345
Setembro	67	897	48	100	52	397
Outubro	122	897	88	100	12	409
Novembro	177	897	127	100	-27	
Dezembro	265	897	190	100	-90	

Figura 1: demonstração do método de Rippl.

O método de Rippl possibilita dimensionar os reservatórios de água pluvial somente quando há diferença positiva entre o volume e a demanda de água pluvial, ou seja, quando em algum momento do período analisado a demanda supera o volume (Rupp et. Al 2011). Dessa forma, foi possível dimensionar o reservatório de água pluvial uma vez que a demanda apresentou-se maior que o volume de água fornecida ao sistema a partir do mês de abril.



O método da análise de simulação do reservatório é um método por tentativas e erros, utilizado para acompanhar e analisar a eficiência do volume de reservatório selecionado para o sistema de captação, visando evitar gastos excessivos, e também evitar a ineficiência na economia de água (Tomaz, 2011). As figuras 2,3,e 4 abaixo demonstram a economia de água e o overflow para os 3 volumes de cisternas considerados:

Mês	Chuva média mensal (mm)	área (m2)	Vol. De chuva mensal (m3)	Demanda mensal (m3)	Volume da cisterna (m3)	Nível do reserv. Antes	Nível do reserv. Depois (m3)	Overflow	uso água potável
Janeiro	268	897	192	100	200	0	92	0	0
Fevereiro	216	897	155	100	200	92	147	0	0
Março	163	897	117	100	200	147	164	0	0
Abril	76	897	55	100	200	164	119	0	0
Mai	57	897	41	100	200	119	60	0	0
Junho	30	897	22	100	200	60	-18	0	18
Julho	28	897	20	100	200	0	-80	0	80
Agosto	25	897	18	100	200	0	-82	0	82
Setembro	67	897	48	100	200	0	-52	0	52
Outubro	122	897	88	100	200	0	-12	0	12
Novembro	177	897	127	100	200	0	27	0	0
Dezembro	265	897	190	100	200	27	117	0	0
Janeiro	268	897	192	100	200	117	200	9	0
Fevereiro	216	897	155	100	200	200	200	55	0
Março	163	897	117	100	200	200	200	17	0
Abril	76	897	55	100	200	200	155	0	0
Mai	57	897	41	100	200	155	96	0	0
Junho	30	897	22	100	200	96	18	0	0
Julho	28	897	20	100	200	18	-62	0	62
Agosto	25	897	18	100	200	0	-82	0	82
Setembro	67	897	48	100	200	0	-52	0	52
Outubro	122	897	88	100	200	0	-12	0	12
Novembro	177	897	127	100	200	0	27	0	0
Dezembro	265	897	190	100	200	27	117	0	0
TOTAL	1494							81	208

figura 2: simulação para um reservatório de 200m3.

Mês	Chuva média mensal (mm)	área (m2)	Vol. De chuva mensal (m3)	Demanda mensal (m3)	Volume da cisterna (m3)	Nível do reserv. Antes	Nível do reserv. Depois (m3)	Overflow	uso água potável
Janeiro	268	897	192	100	250	0	92	0	0
Fevereiro	216	897	155	100	250	92	147	0	0
Março	163	897	117	100	250	147	164	0	0
Abril	76	897	55	100	250	164	119	0	0
Mai	57	897	41	100	250	119	60	0	0
Junho	30	897	22	100	250	60	-18	0	18
Julho	28	897	20	100	250	0	-80	0	80
Agosto	25	897	18	100	250	0	-82	0	82
Setembro	67	897	48	100	250	0	-52	0	52
Outubro	122	897	88	100	250	0	-12	0	12
Novembro	177	897	127	100	250	0	27	0	0
Dezembro	265	897	190	100	250	27	117	0	0
Janeiro	268	897	192	100	250	117	209	0	0
Fevereiro	216	897	155	100	250	209	250	14	0
Março	163	897	117	100	250	250	250	17	0
Abril	76	897	55	100	250	250	205	0	0
Mai	57	897	41	100	250	205	146	0	0
Junho	30	897	22	100	250	146	68	0	0
Julho	28	897	20	100	250	68	-12	0	12
Agosto	25	897	18	100	250	0	-82	0	82
Setembro	67	897	48	100	250	0	-52	0	52
Outubro	122	897	88	100	250	0	-12	0	12
Novembro	177	897	127	100	250	0	27	0	0
Dezembro	265	897	190	100	250	27	117	0	0
TOTAL	1494							31	158



Figura 3: simulação para reservatório de 250m³

Mês	Chuva média mensal (mm)	área (m ²)	Vol. De chuva mensal (m ³)	Demanda mensal (m ³)	Volume da cisterna (m ³)	Nível do reserv. Antes	Nível do reserv. Depois (m ³)	Overflow	uso água potável
Janeiro	268	897	192	100	300	0	92	0	0
Fevereiro	216	897	155	100	300	92	147	0	0
Março	163	897	117	100	300	147	164	0	0
Abril	76	897	55	100	300	164	119	0	0
Mai	57	897	41	100	300	119	60	0	0
Junho	30	897	22	100	300	60	-18	0	18
Julho	28	897	20	100	300	0	-80	0	80
Agosto	25	897	18	100	300	0	-82	0	82
Setembro	67	897	48	100	300	0	-52	0	52
Outubro	122	897	88	100	300	0	-12	0	12
Novembro	177	897	127	100	300	0	27	0	0
Dezembro	265	897	190	100	300	27	117	0	0
Janeiro	268	897	192	100	300	117	209	0	0
Fevereiro	216	897	155	100	300	209	264	0	0
Março	163	897	117	100	300	264	281	0	0
Abril	76	897	55	100	300	281	236	0	0
Mai	57	897	41	100	300	236	177	0	0
Junho	30	897	22	100	300	177	99	0	0
Julho	28	897	20	100	300	99	19	0	0
Agosto	25	897	18	100	300	19	-63	0	63
Setembro	67	897	48	100	300	0	-52	0	52
Outubro	122	897	88	100	300	0	-12	0	12
Novembro	177	897	127	100	300	0	27	0	0
Dezembro	265	897	190	100	300	27	117	0	0
TOTAL	1494							0	127

Figura 4: simulação para reservatório de 300m³

Observando os dados de uso de água potável (coluna 10), nota-se que o reservatório de 300m³ permite menor suprimento com água potável, demonstrando maior eficiência do sistema. Uma vez que quanto maior o reservatório maior o armazenamento de água. A economia de água pouco diferiu do reservatório de 250m³, sendo esta a melhor opção, por ser mais viável economicamente.

Conclusão

- O reservatório de 250m³ é o mais viável para a implantação do sistema se captação de água pluvial
- O método de simulação é eficaz para tomada de decisão no dimensionamento do reservatório
- O método de Rippl apresentou valores superdimensionados e o método de Azevedo Neto valores abaixo do ideal, mas os dois métodos se mostraram úteis para apresentar valores intermediários que podem ser testados por simulação

Referências



GHISI, E.; CORDOVA, M. M.; ROCHA, V. L. **Netuno 3.0**: aproveitamento de água pluvial. Programa computacional. 2009. Disponível em: <www.labeee.ufsc.br>. Acesso em: 23 out. 2011.

HELMREICH, B.; HORN, H. Opportunities in Rainwater Harvesting. **Desalination**, v. 248, n. 1/2, p. 118-124, 2009.

THOMAZ, P. **Aproveitamento de Água Pluvial**. São Paulo: Navegar, 2009

FENDRICH, R.; OLIYNIK, R. **Manual de Utilização das Águas Pluviais**. Curitiba, Livraria do Chain Editora, p. 167, 2002.



(83) 3322.3222
contato@aguanosemiarido.com.br
www.aguanosemiarido.com.br