

# REVISTA BRASILEIRA DE ENERGIAS RENOVÁVEIS

## Dimensionamento Preliminar de Reservatório de Águas Pluviais para o Prédio do Instituto de Recursos Naturais (Irn- Unifei)<sup>1</sup>

Pedro Augusto da Costa Leite<sup>2</sup> e Ivan Felipe Silva dos Santos<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Aceito para Publicação no 4º Trimestre de 2015

<sup>2</sup>Engenheiro Hídrico graduado pela Universidade Federal de Itajubá (MG).  
pedro\_ija@hotmail.com, (35) 99293793.

<sup>3</sup>Engenheiro Hídrico e Mestrando em Engenharia de Energia pela Universidade Federal de  
Itajubá (MG). E-mail: ivanfelipeice@hotmail.com, (35) 84663595.

### RESUMO

Nos últimos meses, o Brasil vem enfrentando umas das maiores crises hídricas de sua história, sendo a região sudeste a maior prejudicada. Um dos modos de se diminuir o quadro de escassez de água potável pode ser dada pelo aproveitamento de águas de chuva para usos não nobres. Sendo assim, no presente trabalho, buscou se aplicar modelos de dimensionamento de reservatórios presentes na NBR 15527/2007 com vistas a simular um sistema de aproveitamento de chuva para o Instituto de Recursos Naturais da Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI. Os resultados obtidos através dos modelos foram comparados entre si, determinando-se assim um volume de reservatório médio.

**Palavras-chave:** água de chuva, reservatório, crise hídrica.

## 1. Introdução

Os recursos hídricos são essenciais para o meio ambiente e ocupam 70% da superfície terrestre. Apesar da enorme quantidade existente, a parcela realmente utilizável pelo homem é relativamente pequena, ou seja, 0,002% do volume total. Este volume coincide aproximadamente com a água que escoar de todos os continentes em um ano. Por outro lado, a água doce manipulável pelas atividades humanas distribui-se de forma irregular de região para região (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, CETESB, 1978).

Nos últimos meses, o Brasil vem enfrentando umas das maiores crises hídricas de sua história, sendo a região sudeste a maior prejudicada. A diminuição do quadro de escassez de água potável pode ser dada pela redução no consumo, aumento das tarifas, por campanhas de conscientização do uso racional, por medidas de conservação da água potável, por meio de condutas como o reuso de águas e o aproveitamento de águas de chuva.

Desde 850 a.C, segundo Leite (2008), o homem já demonstrava a necessidade de recolher e guardar a água da chuva para satisfazer suas necessidades, de acordo com relatos escritos na Pedra Moabita. Apesar de a água de chuva ser uma boa fonte de abastecimento para fins não-potáveis, no Brasil, ainda há muito o que ser aproveitado desse recurso.

O primeiro relato de aproveitamento de água de chuva de modo técnico no Brasil, segundo Gonçalves (2006), foi o da Ilha de Fernando de Noronha, que foi construído pelo exército norte-americano em 1943. Atualmente, os exemplos mais significativos de aproveitamento de água de chuva mais significativos do Brasil são o Estádio João Havelange, situado na zona norte do Rio de Janeiro, com dois reservatórios com 470 m<sup>3</sup> de capacidade cada e a Cidade do Samba, também no Rio de Janeiro, com um reservatório com 1500 m<sup>3</sup> de capacidade.

Em 2007, foi criada a NBR 15527/ 2007 (Água de chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não – potáveis), norma brasileira para tratar do assunto de água de chuva e definir metodologias e diretrizes para projetos de aproveitamento a partir da captação da água proveniente dos telhados e coberturas.

No presente trabalho buscou se aplicar modelos de dimensionamento de reservatórios presentes na NBR 15527/2007 com vistas a simular um sistema de aproveitamento de chuva para o Instituto de Recursos Naturais da Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI.

## 2. Materiais e métodos

O trabalho foi desenvolvido seguindo e buscando atender algumas das metodologias de dimensionamento de reservatórios presentes na NBR 15527 / 2007, seguindo os requisitos para o cálculo.

### 2.1. Precipitação

Os valores de precipitação utilizados foram os valores mensais de precipitação média em milímetros obtidos para a cidade de Itajubá – MG através de uma série histórica que compreende os anos de 1966 a 2014. A partir dos dados foi possível criar um pluviograma médio mensal do período para a localidade. (Figura 1)

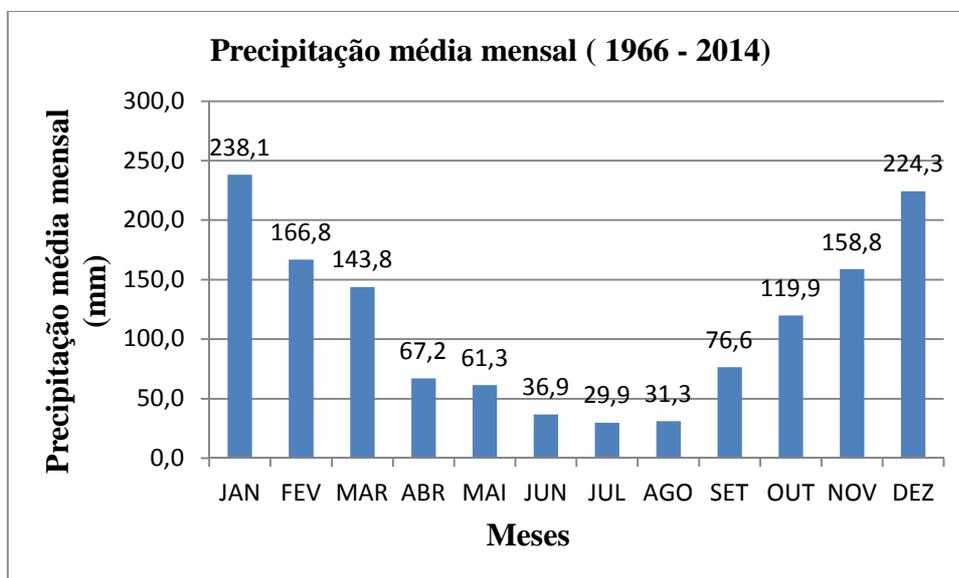


Figura 1: Precipitação média mensal de 1966 a 2014 – Itajubá – MG.

Através dessa distribuição percebe-se uma distribuição irregular das chuvas para a cidade de Itajubá, com predominância de índices pluviométricos maiores que 150 mm nos meses de

janeiro, fevereiro, novembro e dezembro. Os meses mais secos por sua vez, são os de junho, julho e agosto.

## **2.2. Área de captação**

A captação da água de chuva será feita pelo telhado do Instituto de Recursos Naturais (IRN) da Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI). As áreas de projeção horizontal do prédio (telhado) considerada nesse estudo, obtida através da planta baixa, é de 500 m<sup>2</sup>.

A imagem apresentada na figura 2 representa a área de captação e foi obtida através do software Google Earth, desenvolvido pela empresa Google.



Figura 2: Área de captação do IRN

Fonte: Software Google Earth

## **2.3. Coeficiente de escoamento superficial**

O volume de chuva que pode ser aproveitado não é o mesmo precipitado, devido as perda para o material do telhado (considerando-se também infiltração e evaporação).O coeficiente de escoamento superficial também chamado de Coeficiente de Runoff (C) varia de acordo com o material do telhado, porém o melhor valor a ser adotado como coeficiente é C=0,8, conforme Tomaz (2003).

#### 2.4. Eficiência de captação

A NBR 15527 / 2007 recomenda que devido aos vazamentos em calhas, condutores e a evaporação que possa ocorrer no sistema, se considere uma eficiência de captação (Cc) de 0,9 (90%).

#### 2.5. Demandas

Para estimar a demanda de água não potável considerou-se a utilização do sistema por 50 alunos e por 50 professores considerando uma utilização de 20 dias por mês (dias úteis) do volume de descarga sanitária, com 1,5 utilizações per capita por dia (Tabela 1).

Uso interno	Unidades	Parâmetros	
		Inferior	Superior
Descarga na bacia	Descarga/ pessoa / dia	4	6
Volume de descarga	Litros / descarga	6,8	18

Tabela 1: Parâmetros para estimativa de demanda de água para residências.

Adaptado de TOMAZ 2003.

Com isso considerou-se uma demanda per capita por dia de 25 litros, totalizando uma demanda mensal de 50 m<sup>3</sup>.

#### 2.6. Volume mensal de chuva disponível

O volume mensal disponível de águas de chuva para o prédio do IRN foi calculado multiplicando-se a área de captação, a precipitação média mensal e os coeficientes de escoamento superficial e eficiência de captação, obtendo um volume em m<sup>3</sup>/mês (Equação 1)

$$V(m^3) = \frac{A(m^2) \times P(mm) \times C \times C_c}{1000} \quad (1)$$

## 2.7. Dimensionamento do reservatório

Para o dimensionamento do reservatório, foram observadas as metodologias expostas no anexo A da NBR 15527 / 2007 e foram adotadas três metodologias para efeito de comparação (Rippl, Método da Simulação e Método Prático Alemão). Estes métodos são apresentados nos tópicos a seguir.

### 2.7.1. Método de Rippl

Nesse método é possível se utilizar as séries históricas mensais ou diárias de precipitação. Para o dimensionamento do método de Rippl, as equações 2, 3 e 4 a seguir devem ser aplicadas:

$$S_{(t)} = D_{(t)} - Q_{(t)} \quad (2)$$

$$Q_{(t)} = C \times \text{precipitação}_{(t)} \times \text{área de captação} \quad (3)$$

$$V = \sum S_{(t)}, \text{somente para valores } S_{(t)} > 0 \quad (4)$$

Sendo que:  $\sum D_{(t)} < \sum Q_{(t)}$

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;

$V$  é o volume do reservatório;

$C$  é o coeficiente de escoamento superficial;

### 2.7.2. Método da simulação

Neste método é desconsiderada a evaporação da água. Para equação da continuidade a um reservatório finito, conforme equação 5.

$$S_{(t)} = Q_{(t)} + S_{(t-1)} - D_{(t)} \quad (5)$$

Sendo que:  $0 \leq S_{(t)} \leq V$

Onde:

$S_{(t)}$  é o volume de água no reservatório no tempo t;

$S_{(t-1)}$  é o volume de água no reservatório no tempo t-1;

$Q_{(t)}$  é o volume de chuva aproveitável no tempo t;

$D_{(t)}$  é a demanda ou consumo no tempo t;

$V$  é o volume do reservatório fixado;

$C$  é o coeficiente de escoamento superficial;

### 2.7.3. Método Prático Alemão

É um método empírico onde se adota como o volume do reservatório o menor valor entre: 6% do volume anual de consumo ou 6% do volume anual de precipitação aproveitável (Equações 6 e 7)

$$V_{adotado} = \min(\text{vol. anual precipitado aproveitável}, \text{vol. anual de consumo}) \times 0,06 \quad (6)$$

$$V_{adotado} = \min(V; D) \times 0,06 \quad (7)$$

Onde:

$V$  é o valor numérico do volume aproveitável de água de chuva anual, expresso em litros (L);

$D$  é o valor numérico da demanda anual da água não potável, expresso em litros (L);

$V_{adotado}$  é o valor numérico do volume de água do reservatório, expresso em litros (L).

### 3. Resultados e discussão

Considerando-se o coeficiente de Runoff 0,8 (Tomaz, 2013) e adotando uma eficiência de captação de 90% ( $C_c = 0,9$ ), obteve-se os seguintes valores de volume de chuva mensais de acordo com as precipitações médias mensais obtidas da série histórica (Tabela 2).

Mês	Volume de chuva (m <sup>3</sup> )
JAN	85,7
FEV	60,0
MAR	51,8
ABR	24,2
MAI	22,1
JUN	13,3
JUL	10,8
AGO	11,3
SET	27,6
OUT	43,2
NOV	57,2
DEZ	80,7

Tabela 2: Disponibilidade de água de chuva.

Utilizando a metodologia de dimensionamento do Método da Simulação, adotando um reservatório de 15 dias da demanda foi possível obter as porcentagens de atendimento da demanda ao longo do ano, conforme observado na tabela 3 a seguir.

Mês	Demanda (m³)	Volume de chuva (m³)	Volume do Reservatório (m³)	Nível do Reservatório (t-1) (m³)	Nível do Reservatório (t) (m³)	Extravasamento (m³)	Suprimento (m³)	% Demanda atendida
JAN	50	85,7	25	0	25	10,7	0	100
FEV		60,0		25	25	10,0	0	100
MAR		51,8		25	25	1,8	0	100
ABR		24,2		25	-1	0,0	1	98
MAI		22,1		0	-28	0,0	28	44
JUN		13,3		0	-37	0,0	37	26
JUL		10,8		0	-39	0,0	39	22
AGO		11,3		0	-39	0,0	39	22
SET		27,6		0	-22	0,0	22	56
OUT		43,2		0	-7	0,0	7	86
NOV		57,2		0	7	0,0	0	100
DEZ		80,7		7,2	25	12,9	0	100

Tabela 3: Resultados do método da simulação.

Pela simulação nota-se que em cinco meses (janeiro, fevereiro, março, novembro e dezembro) o sistema conseguirá suprir a demanda de águas para fins não potáveis, sendo necessário utilizar o suprimento da rede pública para os demais meses. A demanda total a ser atendida será em média, para esse caso, de 50% ao longo do ano.

Utilizando a metodologia de dimensionamento do Método de Rippl, foi possível encontrar um reservatório de aproximadamente 190 m³ como demonstrado na tabela 4.

Mês	Demanda (m³)	Volume mensal de chuva (m³)	Demanda – chuva (m³)	Diferença acumulada (m³)
Jan	50	85,7	-35,7	
Fev		60,0	-10,0	
Mar		51,8	-1,8	
Abr		24,2	25,8	25,8
Mai		22,1	27,9	53,7
Jun		13,3	36,7	90,4
Jul		10,8	39,2	129,7
Ago		11,3	38,7	168,4
Set		27,6	22,4	190,9
Out		43,2	6,8	
Nov		57,2	-7,2	
Dez		80,7	-30,7	

Tabela 4: Método de Rippl.

O valor encontrado como volume do reservatório, para esse caso, leva em conta os volumes acumulados que são necessários para suprir a demanda com o suprimento da rede pública.

Utilizando a metodologia de dimensionamento do Método Prático Alemão (Equações 5 e 6) obteve-se um valor mais próximo ao valor encontrado no Método da Simulação, a saber, 29,3 [m<sup>3</sup>].

Observando e analisando os resultados obtidos é possível perceber que não existe um método ideal para o cálculo de reservatório de águas pluviais, pois além das considerações para suprimento, existem as condições econômicas onde um reservatório pequeno pode estar muitas vezes no ano vazio e um reservatório grande tem um maior custo de construção.

Com base nos 3 métodos, como opção seria a utilização de um reservatório de 25 m<sup>3</sup> que, como demonstrado, consegue suprir metade da demanda anual, tendo uma economia expressiva na conta de água, visto que a cobrança pelo esgoto também será menor pois está relacionada ao consumo de água potável que é medida.

#### **4. Conclusões**

O presente trabalho aplicou modelos de dimensionamento de reservatórios para aproveitamento de águas pluviais, a fim de determinar um reservatório ideal para o IRN da UNIFEI. Três modelos diferentes foram aplicados. Ambos os métodos apresentaram valores diferentes, porém o Método da Simulação e o Método Prático Alemão resultaram em valores mais próximos, o qual recomendou-se portanto na adoção de um reservatório de 25 m<sup>3</sup>.

Deve-se salientar que não foi analisada a questão econômica, que levaria em conta o custo da obra, a economia na conta de água e o tempo de retorno do investimento. Tais análises como uma sugestão para próximos trabalhos.

#### **5. Referências**

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental E.P. São Paulo, Estudo Preliminar, 1977.

LEITE, P. R. C. Aplicação da ABNT NBR 15527 / 2007 e Suas Condicionantes no Projeto Para Aproveitamento de Água de Chuva em Áreas Urbanas Para Fins Não – Potáveis. 2008.

Trabalho de conclusão (Graduação em Engenharia Hídrica) – Instituto de Recursos Naturais, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2008.

TOMAZ, PLINIO. Aproveitamento de agua de chuva: para áreas urbanas e fins não potáveis. 2ª ed. Sao Paulo: Navegar, 2003. 180 p.