



IV-031 - DIMENSIONAMENTO DE RESERVATÓRIO DE ACUMULAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS PARA UM CONJUNTO RESIDENCIAL NA CIDADE DE JOINVILLE (SC) SEGUNDO A NORMA BRASILEIRA NBR 15527/07

Patrícia Amaral Wernke Nunes⁽¹⁾

Bacharel em Engenharia Civil pela Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC).

Andreza Kalbusch

Bacharel em Engenharia Civil pela Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC). Mestre em Engenharia de Construção Civil pela Universidade de São Paulo (USP). Doutoranda em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Professora Colaboradora do Departamento de Engenharia Civil da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC).

Doalcey Antunes Ramos

Bacharel em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Mestre em Engenharia Oceânica pela Coordenação dos Programas de Pós-graduação em Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (COPPE/UFRJ). Doutor em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental pelo “Imperial College of Science, Technology and Medicine” da Universidade de Londres, Reino Unido. Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Civil da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC).

Endereço⁽¹⁾: Campus Universitário Prof. Avelino Marcante s/n - Bairro Bom Retiro - Joinville-SC – CEP: 89223-100 – Brasil – Tel: +55 (47) 4009-7936 – Fax: +55 (47) 4009-7936 – e-mail: dec2dar@joinville.udesc.br

RESUMO

O trabalho em questão analisa o dimensionamento de um reservatório de acumulação de água pluvial para um conjunto residencial localizado na cidade de Joinville, SC. A água pluvial deve ser utilizada para fins não potáveis, tais como a limpeza de pátios e garagens e irrigação de jardins. O dimensionamento do reservatório é realizado segundo as recomendações da norma brasileira NBR 15527 (ABNT, 2007), que aborda os requisitos para o aproveitamento de água de chuva a partir de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis. O objetivo principal é dimensionar o reservatório pelos diversos métodos apontados na referida norma e comparar os resultados.

PALAVRAS-CHAVE: Acumulação de águas pluviais, Dimensionamento de reservatório de acumulação, Norma brasileira NBR 15527/07.

INTRODUÇÃO

Segundo Gonçalves (2006), a escassez da água é um problema que atinge grandes contingentes populacionais, limitando a atividade econômica e retardando o progresso. Este panorama é uma realidade em várias cidades brasileiras, nas quais o abastecimento de água sofre tanto com problemas relacionados com a quantidade quanto com a qualidade da água.

No Brasil a disponibilidade hídrica varia muito de uma região para outra. Além disso, as reservas de água potável vêm diminuindo, principalmente devido ao crescente aumento do consumo, ao desperdício e à poluição das águas superficiais e subterrâneas por esgotos domésticos e resíduos tóxicos provenientes da indústria e da agricultura (GONÇALVES, 2006).

Bertolo (2006) afirma ainda que o crescimento e a conseqüente expansão urbana caracterizaram-se, particularmente nas últimas décadas, por um agravamento relevante da ocupação dos centros urbanos, criando grandes alterações no ciclo hidrológico natural e gerando a ocorrência de situações ameaçadoras do desenvolvimento equilibrado e estável do habitat humano. Estas alterações do ciclo hidrológico verificam-se tanto a nível quantitativo, quanto a nível qualitativo, sendo resultado do aumento da impermeabilização do solo, do aumento do escoamento superficial, da criação de obstáculos ao escoamento natural, da artificialização e canalização de cursos de água, bem como da poluição dos meios receptores.



Devido a estes fatores grandes cidades e regiões metropolitanas brasileiras vêm impondo a adoção de programas de conservação de água. Entre os componentes do programa figura a substituição de fontes, que consiste basicamente em utilizar novas fontes de recursos hídricos em substituição às normalmente utilizadas, especialmente sob condições em que a nova fonte sirva a usos menos exigentes (menos "nobres"). O aproveitamento das águas pluviais precipitada nas edificações do meio urbano se enquadra nessa categoria, surgindo como uma alternativa para diminuir os problemas com a escassez e contribuir com o desenvolvimento sustentável no que tange a utilização dos recursos hídricos.

METODOLOGIA

A metodologia proposta consiste na aplicação das recomendações da Norma Técnica NBR 15527 (ABNT, 2007) para o dimensionamento do reservatório de acumulação de águas pluviais em um conjunto de edifícios residenciais na cidade de Joinville (SC).

O dimensionamento do reservatório é feito utilizando-se os seguintes métodos apresentados pela referida norma: Método de Rippl; Método da Simulação; Método Prático do Prof. Azevedo Neto; Método Prático Alemão; Método Prático Inglês; e Método Prático Australiano.

O conjunto de edifícios residenciais localizado na cidade de Joinville (SC) para o qual é dimensionado o sistema é composto de dois edifícios, com área de captação (telhados) de 243,12 m². Cada edifício possui oito pavimentos, sendo que no pavimento térreo encontram-se os locais onde será aproveitada a água pluvial captada, como o jardim, o pátio (passeios) e os pisos das garagens.

A quantificação da demanda por água não potável é feita em função da área de jardins, garagens e passeios.

Os índices pluviométricos da cidade de Joinville (SC) são estimados através de dados obtidos de uma estação meteorológica localizada no Campus Universitário da Universidade da Região de Joinville (NUNES, 2008). Suas coordenadas geográficas são: latitude 26°15'19"S, longitude 48°51'56"O e altitude 20 metros. A tabela 1 indica a média mensal de chuva (em mm), correspondente à série histórica de 1996 a 2007.

Tabela 1 – Precipitação média mensal de Joinville (SC) (em mm) – período de 1996 a 2007

MÊS	MÉDIA (mm)
Janeiro	359,2
Fevereiro	289,7
Março	247,2
Abril	123,3
Maio	91,2
Junho	91,1
Julho	124,5
Agosto	106,9
Setembro	175,5
Outubro	192,8
Novembro	211,3
Dezembro	191,7
MÉDIA	170,5

Fonte: NUNES, 2008

Para concepção do sistema de aproveitamento da água pluvial em estudo foi definido que os elementos que compõem o mesmo são: superfície de captação, calhas, condutores verticais, reservatório de autolimpeza e reservatório de acumulação. O presente artigo pretende o dimensionamento do reservatório de acumulação para os edifícios em estudo.

A área que compreende jardins e gramados do conjunto residencial é estimada em 530,77 m² e a área de garagens e passeios é de 1.816,52 m². De acordo com Neto apud Nunes (2008), a quantidade de água indicada



para rega de jardins é de 2 litros/m²/dia de uso, e o mesmo valor pode ser utilizado para lavação de pisos. Assim, considerando que o jardim é regado duas vezes por semana e o piso é lavado duas vezes por mês, a demanda mensal de água para estes fins é de 8.493 litros para irrigação do jardim e de 7.266 litros de água para lavação de pisos e garagens, totalizando uma demanda de aproximadamente 15,9 m³/mês.

Assim, considerando os índices pluviométricos mensais da cidade de Joinville (SC) apresentados na tabela 1 e aplicando os métodos de Rippl; da Simulação; Prático do Prof. Azevedo Neto; Prático Alemão; Prático Inglês; e Prático Australiano, indicados pela norma NBR 15527 (ABNT, 2007) são calculados os volumes do reservatório de acumulação. Os resultados são apresentados a seguir.

RESULTADOS

Método de Rippl

O preenchimento da tabela 2 mostra os resultados obtidos através da aplicação das recomendações da NBR 15527 (ABNT, 2007) para o Método de Rippl, utilizando o coeficiente de *Runoff* igual a 0,80.

Tabela 2 – Desenvolvimento do método de Rippl

Meses	Chuva Média Mensal	Demanda Constante Mensal	Área de Captação	Volume de Chuva Mensal	Demanda - Volume de Chuva (C3 - C5)	Diferença acumulada de C6 dos valores positivos	Obs
	(mm)	(m ³)	(m ²)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	
Janeiro	359,2	15,86	243,12	69,86	-54		E
Fevereiro	289,7	15,86	243,12	56,35	-40,49		E
Março	247,2	15,86	243,12	48,08	-32,22		E
Abril	123,3	15,86	243,12	23,98	-8,12		E
Maio	91,2	15,86	243,12	17,74	-1,88		E
Junho	91,1	15,86	243,12	17,72	-1,86		E
Julho	124,5	15,86	243,12	24,21	-8,35		E
Agosto	106,9	15,86	243,12	20,79	-4,93		E
Setembro	175,5	15,86	243,12	34,13	-18,27		E
Outubro	192,8	15,86	243,12	37,5	-21,64		E
Novembro	211,3	15,86	243,12	41,1	-25,24		E
Dezembro	191,7	15,86	243,12	37,28	-21,42		E
TOTAL	2204,4	190,32		428,74			

Através da aplicação do método pode-se observar que o volume do reservatório deve ser o mesmo da demanda, pois não há valores positivos na coluna (C) 6 [Demanda - Volume de Chuva (C3 - C5)]. Isso significa que não há necessidade de armazenar mais água de chuva que a demanda, para um próximo mês de estiagem, pois o volume de chuva mensal deve sempre suprir a necessidade do condomínio.

Método da simulação

O preenchimento da tabela 3 mostra os resultados obtidos através da aplicação das recomendações da NBR 15527 (ABNT, 2007) para o Método da Simulação.



Tabela 3 – Desenvolvimento do método da simulação

Mês	Chuva Média Mensal	Demanda Mensal Constante	Área de captação	Volume de Chuva Mensal	Volume do Reservatório Fixado	Volume do Reservatório no tempo t-1	Volume do Reservatório no tempo t	Overflow	Suprimento de Água Externo
	(mm)	(m³)	(m²)	(C=0,8)	(m³)	(m³)	(m³)	(m³)	(m³)
Janeiro	359,2	15,86	243,12	69,86	15,9	0	15,9	38,1	0
Fevereiro	289,7	15,86	243,12	56,35	15,9	15,9	15,9	40,49	0
Março	247,2	15,86	243,12	48,08	15,9	15,9	15,9	32,22	0
Abril	123,3	15,86	243,12	23,98	15,9	15,9	15,9	8,12	0
Maio	91,2	15,86	243,12	17,74	15,9	15,9	15,9	1,88	0
Junho	91,1	15,86	243,12	17,72	15,9	15,9	15,9	1,86	0
Julho	124,5	15,86	243,12	24,21	15,9	15,9	15,9	8,35	0
Agosto	106,9	15,86	243,12	20,79	15,9	15,9	15,9	4,93	0
Setembro	175,5	15,86	243,12	34,13	15,9	15,9	15,9	18,27	0
Outubro	192,8	15,86	243,12	37,50	15,9	15,9	15,9	21,64	0
Novembro	211,3	15,86	243,12	41,10	15,9	15,9	15,9	25,24	0
Dezembro	191,7	15,86	243,12	37,28	15,9	15,9	15,9	21,42	0
TOTAL	2204,4	190,32		428,75			190,8	222,52	0

Nesse caso, no processo de verificação é fornecido o volume de 15,9 m³ para o reservatório. Durante o ano verificou-se que haverá *overflow* de 222,52 m³, volume de água total que poderia ser captada, mas não é utilizada. Assim, não é necessário completar o sistema com água da rede de abastecimento para suprir a demanda. O volume de água de chuva considerando o coeficiente de *Runoff* de 0,80 é de 428,75 m³/ano, maior que a demanda anual de 190,32 m³. Assim, o volume do reservatório para este método foi fixado em 15,9 m³.

Método de Azevedo Neto

Para o método, o volume de chuva é obtido pela seguinte equação (ABNT, 2007):

$$V = 0,042 \times P \times A \times T \quad \text{equação (1)}$$

Onde:

P = precipitação média anual, (mm);

T = número de meses de pouca chuva ou seca;

A = área de captação, (m²);

V = volume de água aproveitável e o volume de água do reservatório, (l).

Substituindo os valores de P = 170,5 mm; A = 243,12 m² e T = 2 meses na equação, chega-se a um volume do reservatório de acumulação de 3.481,96 litros de água. Considerou-se então o volume do reservatório igual a 3,5 m³.

Método alemão

Segundo ABNT (2007), 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.

$$V_{\text{adotado}} = \min(V; D) \times 0,06 \quad \text{equação (2)}$$

Onde:

V = volume aproveitável de água de chuva anual, (l);

D = demanda anual da água não potável, (l);

Vadotado = volume de água do reservatório, (l).



Assim o volume adotado do reservatório em litros, corresponde a 6% do menor valor entre $V = 190.320$ litros e $D = 428.750$ litros. Neste caso, o volume do reservatório calculado através do método alemão, utilizando a equação 2, é de 11.419,2 litros. Desta forma, o volume adotado para o reservatório através do referido método é de $11,4 \text{ m}^3$.

Método prático inglês

O volume de chuva é obtido através da seguinte equação (ABNT, 2007):

$$V = 0,05 \times P \times A \quad \text{equação (3)}$$

Onde:

P = precipitação média anual, (mm);

A = área de coleta, (m^2);

V = volume de água aproveitável e o volume de água da cisterna, (l).

Para dimensionar o reservatório através do método inglês, substitui-se os valores de $P = 170,5 \text{ mm}$ e $A = 243,12 \text{ m}^2$ na equação 11 e obtém-se um volume do reservatório igual a 2.072,6 litros. Assim, o volume considerado para o reservatório utilizando o método prático inglês é de $2,1 \text{ m}^3$.

Método prático australiano

No método prático australiano o volume mensal de chuva é obtido pela seguinte equação (ABNT, 2007):

$$Q = A \times C \times (P - I) \quad \text{equação (4)}$$

Onde:

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

P = precipitação média mensal, (mm);

I = interceptação da água que molha as superfícies e perdas por evaporação, geralmente $I = 2 \text{ mm}$;

A = área de coleta, (m^2);

Q = volume mensal produzido pela chuva, (m^3).

A NBR 15527 (ABNT, 2007) propõe a equação 5 para o cálculo do volume de água de água reservado ao final de cada mês.

$$V_{(t)} = V_{(t-1)} + Q_{(t)} - D_{(t)} \quad \text{equação (5)}$$

Onde:

$Q_{(t)}$ = volume mensal produzido pela chuva no mês t ;

$V_{(t)}$ = volume de água que está no tanque no fim do mês t , (m^3);

$V_{(t-1)}$ = volume de água que está no tanque no início do mês t , (m^3);

$D_{(t)}$ = demanda mensal, (m^3);

De acordo com a NBR 15527 (ABNT, 2007), o cálculo do volume do reservatório é realizado por tentativas, até que sejam utilizados valores otimizados de confiança e volume do reservatório. A referida norma menciona que o volume do tanque (reservatório) deve ser T , sem contudo definir T ou apresentar uma fórmula para o cálculo. Tomaz (2007) também apresenta diretrizes básicas de projeto baseadas na referida norma, exemplificando uma aplicação do método prático australiano. Tomando como base o trabalho citado, o volume do reservatório para o condomínio residencial em estudo apresenta, porém, valores muito acentuados, na ordem de 200 m^3 .

Os cálculos aqui apresentados foram realizados tomando como base os exemplos publicados por Amorim e Pereira (2008). Para o primeiro mês foi considerado o reservatório vazio. Quando $(V_{(t-1)} + Q_{(t)} - D_{(t)}) < 0$, então $V_{(t)} = 0$.



A tabela 4 apresenta os valores obtidos através das equações propostas na NBR 15527 (ABNT, 2007) aplicadas conforme trabalhos de Amorim e Pereira (2008). O volume do reservatório foi considerado igual a demanda, de 15,9 m³.

Tabela 4 – Desenvolvimento do método australiano

Meses	Chuva Média Mensal	Área de Captação	Runoff	Interceptação	Volume de Chuva Mensal	Demanda Constante Mensal	V(t-1)	V(t)
	(mm)	(m ²)	C	(mm)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)
Janeiro	359,2	243,12	0,8	2	69,5	15,9	0,0	53,6
Fevereiro	289,7	243,12	0,8	2	56,0	15,9	15,9	56,0
Março	247,2	243,12	0,8	2	47,7	15,9	15,9	47,7
Abril	123,3	243,12	0,8	2	23,6	15,9	15,9	23,6
Maio	91,2	243,12	0,8	2	17,3	15,9	15,9	17,4
Junho	91,1	243,12	0,8	2	17,3	15,9	15,9	17,4
Julho	124,5	243,12	0,8	2	23,8	15,9	15,9	23,9
Agosto	106,9	243,12	0,8	2	20,4	15,9	15,9	20,4
Setembro	175,5	243,12	0,8	2	33,7	15,9	15,9	33,8
Outubro	192,8	243,12	0,8	2	37,1	15,9	15,9	37,1
Novembro	211,3	243,12	0,8	2	40,7	15,9	15,9	40,7
Dezembro	191,7	243,12	0,8	2	36,9	15,9	15,9	36,9
TOTAL	2204,4							

O próximo passo é calcular a confiança do sistema que, de acordo com as equações a seguir.

$$\text{Confiança} = (1 - P_r) \quad \text{equação (6)}$$

$$P_r = N_r / N \quad \text{equação (7)}$$

Sendo:

Pr = falha

Nr = número de meses em que o reservatório não atendeu a demanda, isto é, quando V(t) = 0;

N = número de meses considerado, geralmente 12 meses;

Substituindo os valores de N = 12 e Nr = 0, tem-se que Pr = zero. Assim, substituindo o valor de Pr na equação 7, chega-se a um valor de confiança de 100%. Isto ocorre porque em nenhum mês acontece de faltar água de chuva para suprir a demanda do sistema.

Assim, aplicando os métodos indicados pela norma NBR 15527 (ABNT, 2007), são calculados os volumes do reservatório de acumulação, cujos resultados estão resumidos na tabela 5.

Tabela 5: Volume do reservatório de acumulação pelos métodos indicados pela NBR 15527 (ABNT, 2007)

Método de dimensionamento	Volume aproximado do reservatório (m ³)
RIPPL	15,9
SIMULAÇÃO	15,9
AZEVEDO NETO	3,5
ALEMÃO	11,4
INGLÊS	2,1
AUSTRALIANO	15,9



Vale salientar que Fendrich (2008) questiona os métodos recomendados pela NBR 15527 (ABNT, 2007) para dimensionamento de reservatórios. O autor avalia que o método prático inglês pode ser aplicado para o dimensionamento de reservatórios de retenção de águas pluviais, porém se apresenta como uma solução anti-econômica para locais que apresentam valores mais elevados de precipitação média anual.

O referido autor também aponta os métodos de Rippl, da simulação, de Azevedo Neto, prático alemão e prático australiano como conceitualmente incorretos, não sendo aplicáveis no dimensionamento de reservatórios de retenção e aproveitamento de águas pluviais para sistemas prediais hidráulicos e sanitários.

No caso analisado, os cálculos realizados considerando o método da simulação, o método de Rippl e o método prático australiano indicaram o volume do reservatório coincidindo com o valor da demanda, o que faria com que o sistema contasse com grande confiabilidade, porém apresentando um valor elevado de reservação e, conseqüentemente, um custo maior de implantação. Os métodos de dimensionamento de Azevedo Neto, método alemão e método inglês apontam para um volume de reservatório inferior à demanda, o que poderia, em alguns meses, levar ao suprimento do reservatório com água potável da rede de abastecimento.

Amorim e Pereira (2008) afirmam que a escolha do método de dimensionamento deve ocorrer tendo em vista os interesses finais de utilização do sistema e a realidade local. Os autores mencionam que, em locais com altos índices pluviométricos pode-se optar por métodos mais conservadores, que apresentam volumes de reservação inferiores e que, em locais com baixos índices pluviométricos pode-se optar por métodos que superdimensionam o reservatório, de modo a garantir a demanda mesmo em períodos de estiagem.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Água de chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - Requisitos. NBR 15527/07. Rio de Janeiro, 2007.
2. AMORIM, S. V. de. PEREIRA, D. J. de A. Estudo comparativo dos métodos de dimensionamento para reservatórios utilizados em aproveitamento de água pluvial. Ambiente Construído. V. 8, n. 2. Porto Alegre, 2008.
3. BERTOLO, E. J. P. Aproveitamento da água da chuva em edificações. 2006. 204 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia do ambiente) - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Porto, 2005
4. FENDRICH, R. Incoerências Técnicas na NBR 15527/2007 (ABNT). Curitiba, 23 de setembro de 2008.
5. GONÇALVES, R. F. Uso racional da água em edificações. Rio de Janeiro: ABES, 2006.
6. NUNES, P. A. W. Dimensionamento do sistema de captação e aproveitamento de águas pluviais para um conjunto residencial segundo a norma brasileira ABNT NBR 15527/07. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado) – Departamento de Engenharia Civil – Centro de Ciências Tecnológicas – Universidade do Estado de Santa Catarina. Joinville, 2008.
7. TOMAZ, P. Aproveitamento de água de chuva de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis ABNT NBR 15527/07 - Diretrizes básicas para um projeto. 2007.