

**Estudo de verificação da viabilidade de captação e uso de água da chuva no município
de Teófilo Otoni - MG**

**Study on verification of the feasibility of caption and use of rain water in the
municipality of Teófilo Otoni - MG**

Pablo Fernandes Catulé

Universidade Presidente Antônio Carlos, Brasil

E-mail: pablo.ktula@gmail.com

Pedro Emílio Amador Salomão

Universidade Presidente Antônio Carlos, Brasil

E-mail: pedroemilioamador@yahoo.com.br

Luíza Cangussú

Universidade Presidente Antônio Carlos, Brasil

E-mail: luisacangussu.arq@gmail.com

Paulo Henrique Viera de Carvalho

Universidade Presidente Antônio Carlos, Brasil

E-mail: phvcengcarvalho@yahoo.com.br

Recebido: 28/05/2018 – Aceito: 31/05/2018

Resumo

Este estudo tem a finalidade de verificar a viabilidade técnica de captação e o uso da água de chuva, em virtude da escassez de água, seja por aumento populacional, seja por desperdícios, ou até mesmo pelas atividades poluidoras, a captação de água de chuva apresenta potencial para beneficiar muitas pessoas, principalmente para os usos considerados não potáveis, tendo em vista o enfrentamento da escassez de água, fazendo-se necessário a cada dia otimizar o uso da água. A partir dos resultados analisados constatou-se que o sistema de captação é uma alternativa viável para a diminuição do volume consumido de água tratada para a população. A diminuição do custo com o aproveitamento da água da chuva, contribuindo com o desenvolvimento sustentável do meio ambiente e na melhoria da qualidade de vida, além da retenção de parte do volume das precipitações contribuindo para o amortecimento do escoamento superficial ajudando a diminuir enchentes em áreas urbanas, o que será proposto neste trabalho.

Palavras-chave: Captação de água; Escassez de água; Aproveitamento da água da chuva; Diminuição de custo. Diminuir enchentes.

Abstract

This study has the purpose of verifying the technical viability of rainwater abstraction and use, due to water scarcity, either by population increase, or by waste, or even by polluting activities, rainwater harvesting presents potential to benefit many people, especially for uses considered non-potable, in order to cope with water shortages, making it necessary each day to optimize water use. From the results analyzed it was verified that the capture system is a viable alternative for the reduction of the volume of treated water consumed for the population. The reduction of the cost with the use of rainwater, contributing to the sustainable development of the environment and the improvement of the quality of life, besides the retention of part of the volume of the precipitations contributing to the damping of the surface runoff helping to reduce floods in areas urban, which will be proposed in this work.

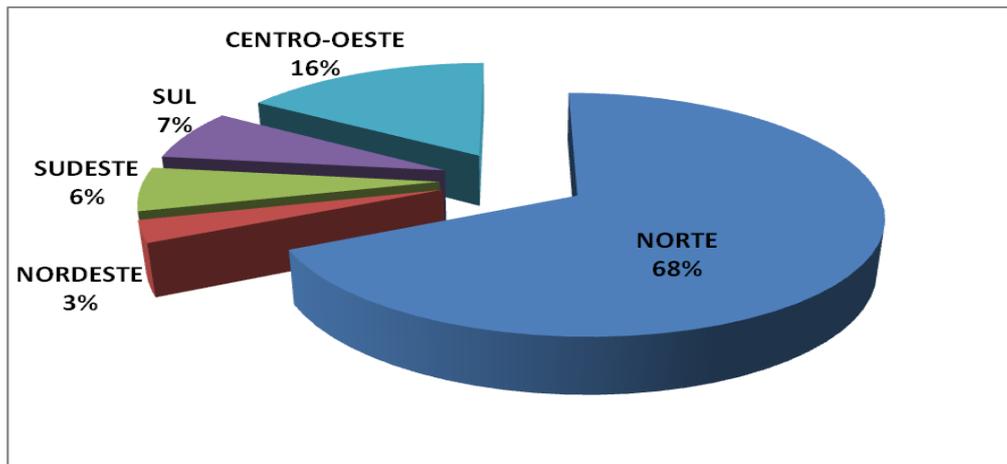
Keywords: Water catchment; Water shortage; Harnessing the rainwater; Decrease in cost; Decrease flooding.

1. Introdução

A água é considerada como um recurso natural primordial à vida, fundamental para o ser humano e para outros milhares de seres vivos no planeta. O homem utiliza a água em seu cotidiano para o próprio consumo, na higiene, lazer, irrigação, geração de energia, processos industriais, dentre vários outros usos. Mesmo sendo um recurso renovável, a água se tornou escassa em vários locais do mundo, sendo até mesmo motivo de conflitos em algumas regiões. Visto a importância que esse recurso tem na nossa vida e na humanidade, é necessário estudos e abordagens teóricas e práticas a fim de otimizar melhor o seu uso, tendo como

De acordo com (Tucci, 2001) no Brasil os recursos hídricos superficiais representam 50% do total dos recursos da América do Sul e 11% dos recursos mundiais. Apesar da grande disponibilidade, a água no Brasil é mal distribuída, conforme mostra a figura 1.1 abaixo.

Figura 1.1 – Disponibilidade hídrica no Brasil de acordo com a região.



Fonte: Adaptado de ANA (2006).

As regiões sudeste e nordeste contêm a maior parte da população brasileira, mas, em contrapartida, dispõem das menores reservas de água do país.

Além da pouca existência de fontes o problema do aumento da escassez de água deve-se a uns dos principais fatores como o crescente desperdício, o crescimento da população e a poluição dos mananciais e demais atividades poluidoras, além de mudanças e fenômenos climáticos, que alteram o regime de distribuição das chuvas. Tem se incentivado ao racionamento de água e à busca de soluções alternativas para a escassez justamente devido à preocupação com a diminuição das reservas de água. Dentre várias fontes mais estudadas como alternativas estão a captação e aproveitamento da água da chuva, a qual se apresenta mais viável e, o reuso das águas servidas.

No nordeste brasileiro, é caracterizado pela estacionalidade nos períodos secos e chuvosos. A estação chuvosa do nordeste geralmente é curta e concentra-se nos meses de fevereiro a maio. Na faixa do litoral a precipitação média anual atinge valores maiores, em torno de 2000mm, enquanto que, na região do polígono das secas e precipitação média anual varia em torno de 800mm. No entanto existem localidades no interior do semi-árido com média anual em torno de 300mm a 1000mm de acordo com (RODRIGUES DA SILVA et al., 1998, apud RODRIGUES DA SILVA et al., 1999).

Segundo Gnadlinger (2003) o potencial da captação de água da chuva apresenta benefícios para milhões de pessoas em todo o planeta, que hoje em dia não têm acesso à água limpa ou saneamento básico. Em vários países, principalmente do continente africano, a técnica de aproveitamento das águas da chuva vem sendo praticada a muito tempo e a alguns casos representa a única fonte de água disponível para a população.

De acordo com (Gnadlinger, 2003), existem muitas vantagens da captação e uso da água da chuva. A água da chuva representa uma fonte alternativa de água com qualidade razoável para vários usos principalmente os usos considerados não potáveis, como descarga em bacias sanitárias, lavagem de calçadas e veículos e fins ornamentais. Sendo assim, o seu aproveitamento contribui para a diminuição do volume consumido de água tratada, o que acarretará a economia no sistema de tratamento e na conta de água do usuário. Pode-se considerar também, a retenção de parte do volume precipitado contribuindo para o amortecimento do escoamento superficial ajudando a diminuir enchentes em diversas cidades do Brasil e, por representar uma solução atrativa para o problema de escassez. O objetivo do trabalho é verificar a viabilidade técnica de captação e o uso da água de chuva e os seus benefícios em área urbana.

2. Metodologia

O desenvolvimento deste trabalho foi baseado em um levantamento de dados pluviométricos realizados nos últimos 70 anos na região de Teófilo Otoni/MG pelo Zootecnista e pesquisador Claudio Hollerbach. Com base no levantamento de dados, será realizado a obtenção de dados complementares seguindo a seguinte ordem:

- 1º) Leitura analítica com intuito de qualificar e quantificar as informações;
- 2º) Separação de dados pertinentes ao assunto;
- 3º) Interpretação de resultados e dados levantados;
- 3º) Transcrição e comparação de resultados.

3. Resultados e Discussões

No Brasil, o primeiro relato de aproveitamento da água de chuva é provavelmente um sistema construído na Ilha Fernando de Noronha, pelo exército norte-americano em 1943, na qual pode ser visto que independente da época já iniciava a preocupação em reaproveitar recursos hídricos (GHANAYEM, 2001 apud PETERS, 2006).

De acordo com Frenrich e Oliynik (2002), no estado do Paraná a detenção de águas pluviais teve início em 1982, no estudo realizado no reservatório de detenção das águas pluviais na cidade de Planaltina do Paraná, o qual tinha capacidade máxima de 9.700 m³ e era utilizado com o objetivo de amortecer as vazões máximas de uma área de drenagem de 0,5

km², sendo este um estudo relacionado com um levantamento hidrológico realizado durante a construção da usina hidrelétrica de Itaipú (1984).

Segundo Hagemann S.E., (2009) e Peters (2006), no estado de Santa Catarina a primeira utilização da água de chuva comprovada é datada do século XVIII, na Fortaleza de Ratoles, situada na ilha de Ratoles. Como a ilha era desprovida de fontes de água, foi construída uma cisterna que coletava a água dos telhados, a qual era utilizada para diversos fins, inclusive para consumo humano, mostrando novamente que a preocupação em obter e armazenar água potável vem de épocas na qual a oferta não estava limitada a oferta, mas sim a capacidade de armazenar.

Dornelles, F. et al. (2010) cita que atualmente existem poucos relatos de captação da água da chuva para fins de reaproveitamento no Brasil, em vista da disponibilidade relativamente grande de outras fontes de abastecimento. O aproveitamento de águas pluviais tem sido praticado em maior escala principalmente na região Nordeste, devido ao problema da escassez hídrica, característico de parte da região.

Exemplos de empreendimentos que adotaram a prática de aproveitamento de águas pluviais são o Estádio João Havelange e o Aeroporto Santos Dumont no Rio de Janeiro, o Ginásio de esportes Univille em Joinville e o Supermercado Big em Esteio (BELLA CALHA, 2006a). Em algumas cidades brasileiras como São Paulo, Rio de Janeiro e Curitiba o armazenamento de água da chuva é previsto em lei e tem sido usado com o objetivo de retardar o escoamento superficial. A retenção das águas da chuva contribui para o controle de inundações, que ocorrem quando há precipitações intensas, em função dos altos índices de impermeabilização destas áreas.

. 3.1 Ciclo Hidrológico

De acordo com Palmier, L. R. (2003) o ciclo hidrológico pode ser definido como o fenômeno de circulação da água entre a atmosfera e a superfície terrestre. Os principais fenômenos que regem este ciclo são a precipitação e a evaporação e durante o mesmo a água passa por transformações no seu estado físico, passando de líquido para vapor e vice-versa.

O conhecimento de algumas grandezas características das precipitações é de grande importância para o estudo das mesmas, entre elas:

- ✓ Altura pluviométrica: altura que a água precipitada atingiria no solo por unidade de área, se não infiltrasse e escoasse;
- ✓ Duração: intervalo de tempo durante o qual ocorre a precipitação;
- ✓ Intensidade: relação entre a altura pluviométrica e a duração da precipitação;

- ✓ Frequência de probabilidade e tempo de retorno: é o número médio de anos que se espera que dada precipitação seja igualada ou superada.

Segundo Hagemann, S. E., (2009) os sistemas de aproveitamento de água pluviais são diretamente influenciados pelas características das precipitações. A intensidade, a duração e a frequência são parâmetros importantes no dimensionamento de calhas, condutores verticais e reservatórios. O conhecimento destas características é de fundamental importância para projetar um sistema que funcione adequadamente.

Nesse contexto de COHIM, E. (2008), pode destacar uma das vertentes deste trabalho que tem o interesse de mostrar a relação pluviométrica com a capacidade de armazenamento, que vem se tornando fundamental é épocas de imprevisão sobre as chuvas.

3.2 Dados Pluviométricos na região de Teófilo Otoni/MG

Para avaliar a viabilidade técnica do aproveitamento de águas pluviais na região através de dados pluviométricos coletados pelo Zootecnista Claudio Hollerbach e sua família, em Carlos Chagas/MG, que se encontra na mesma região de influência pluviométrica de Teófilo Otoni/MG, conforme mostra o quadro 01.

Quadro 01 - SÉRIE PLUVIOMÉTRICA DE CARLOS CHAGAS

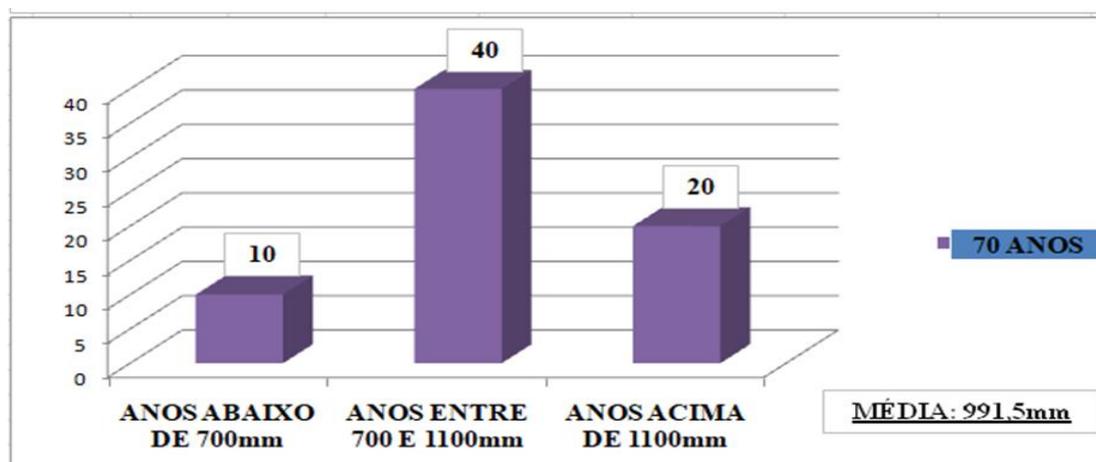
Ano	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	Total
1945	-	-	-	-	58,3	10,4	41,2	26,3	17,6	99,7	233,9	399,6	887,0
1946	112,1	58,0	169,7	138,5	49,5	3,0	14,2	11,9	13,6	25,0	194,4	63,0	852,9
1947	81,0	20,6	89,5	60,2	32,9	36,7	37,7	10,3	50,2	187,6	148,6	135,1	890,4
1948	2,4	89,8	88,1	32,8	59,0	26,3	47,4	11,4	6,2	107,8	139,5	327,4	938,1
1949	131,0	296,9	94,9	53,1	63,6	43,3	13,1	43,9	3,6	279,2	121,9	209,5	1354,0
1950	108,0	49,6	61,5	81,0	48,9	78,4	40,2	27,4	14,1	46,0	148,9	124,2	828,2
1951	13,8	109,7	226,8	53,8	19,8	70,3	44,1	24,5	3,0	13,9	0,2	96,7	676,6
1952	263,1	200,2	211,5	43,7	30,0	46,1	50,0	65,4	59,7	10,0	167,2	326,3	1473,2
1953	16,9	84,3	47,1	81,1	18,6	38,1	3,7	9,3	64,6	9,4	198,8	250,8	822,7
1954	21,9	12,3	72,2	34,3	18,9	22,9	6,0	15,0	7,5	55,9	161,3	127,6	555,8
1955	280,3	37,7	39,4	43,1	24,1	34,7	3,7	1,5	8,8	40,0	499,9	508,7	1521,9
1956	103,4	49,1	146,4	27,1	22,7	16,6	23,7	26,6	2,4	6,9	208,3	312,9	946,1
1957	158,1	108,6	187,6	135,4	124,6	42,8	33,7	8,2	88,9	38,7	322,1	146,5	1395,2
1958	180,9	200,8	57,4	159,1	92,7	38,5	55,3	8,1	59,5	53,6	114,0	40,9	1060,8
1959	47,2	0,0	133,9	61,8	55,2	14,6	28,3	1,1	63,3	71,6	192,2	208,3	877,5
1960	414,9	58,3	279,7	54,4	7,1	4,8	52,0	49,0	6,0	0,4	250,2	122,8	1299,6
1961	206,8	51,4	8,2	97,1	16,6	16,5	15,7	0,9	0,5	4,9	2,7	42,4	463,7
1962	296,2	74,8	110,0	55,0	8,2	11,5	11,0	1,4	45,0	5,7	110,7	376,4	1105,9
1963	34,8	144,6	6,0	85,4	3,0	2,4	22,2	6,9	3,5	2,5	59,7	137,9	508,9
1964	583,5	124,4	218,1	25,7	26,6	8,4	13,7	64,1	78,6	128,6	277,6	162,3	1711,6
1965	197,4	62,5	134,8	26,7	5,2	146,9	33,6	9,2	10,0	314,6	204,6	51,2	1196,7
1966	75,1	21,3	27,7	87,6	35,9	8,0	107,1	5,2	37,6	16,2	195,5	134,5	751,7
1967	150,2	129,0	66,1	19,1	7,0	30,9	32,1	31,1	27,8	17,5	132,3	194,9	838,0

Ano	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	Total
1968	67,5	155,1	33,0	18,5	17,5	13,9	14,6	43,0	19,9	56,3	66,5	100,9	606,7
1969	53,7	36,9	68,7	25,7	11,9	80,4	24,4	5,5	9,7	48,9	10,4	165,0	541,2
1970	110,8	43,3	31,5	32,0	10,9	8,6	61,7	54,2	32,5	106,8	214,6	117,2	824,1
1971	128,4	111,2	100,9	122,0	9,5	25,3	19,4	11,9	28,3	211,9	311,6	260,1	1340,5
1972	67,3	30,6	155,6	63,0	17,0	23,8	31,9	34,5	32,0	48,5	123,8	115,8	743,8
1973	13,6	12,5	119,5	70,0	76,5	6,6	48,3	0,4	11,2	68,1	250,2	145,5	822,4
1974	217,4	148,2	145,3	67,6	67,8	55,0	18,4	7,9	9,4	117,2	162,3	116,5	1133,0
1975	180,4	121,1	81,3	73,8	6,5	28,6	30,6	12,1	22,2	278,6	178,4	113,6	1127,2
1976	8,1	50,9	29,1	4,1	43,2	10,0	54,7	8,2	72,7	128,6	275,1	197,7	882,4
1977	136,0	155,6	0,4	34,7	47,2	87,7	41,4	0,3	51,7	129,9	275,4	109,6	1069,9
1978	172,2	206,3	112,0	97,1	28,5	26,7	125,4	31,0	23,7	115,0	72,0	76,1	1086,0
1979	270,6	161,5	141,5	91,5	9,2	26,9	24,4	16,7	6,6	81,8	53,3	147,4	1031,4
1980	181,2	184,0	48,4	128,6	94,8	41,9	15,6	25,9	25,7	34,3	63,2	224,0	1067,6
1981	181,6	89,6	191,9	122,1	151,0	22,8	12,9	66,1	2,7	170,9	212,1	78,6	1302,3
1982	507,5	44,4	85,3	120,8	41,6	2,4	25,5	31,9	23,5	10,5	38,8	106,4	1038,6
1983	376,6	126,3	136,9	15,8	44,6	9,4	22,4	18,0	93,6	200,0	124,9	195,4	1363,9
1984	102,2	232,3	119,0	104,7	10,7	23,6	51,5	29,8	94,7	84,4	195,2	182,7	1230,8
1985	767,1	111,0	43,0	28,4	24,8	5,1	34,2	34,4	61,9	382,0	99,9	163,7	1755,5
1986	71,8	148,0	68,5	48,4	31,0	52,3	7,5	1,9	4,4	82,0	147,1	188,0	850,9
1987	37,1	53,3	112,3	63,6	11,6	7,7	6,7	12,2	138,7	56,2	144,2	196,8	840,4
1988	105,9	26,0	130,4	10,7	3,4	16,6	21,7	22,5	20,0	42,8	76,0	243,8	719,8
1989	48,6	29,4	145,6	31,1	48,8	92,1	11,0	63,5	7,2	58,9	144,7	413,2	1094,1
1990	28,8	58,8	27,4	164,7	18,5	26,8	18,5	53,8	21,0	109,3	135,1	142,5	805,2
1991	126,6	83,4	224,7	10,3	52,4	55,7	121,2	44,7	12,8	48,2	173,5	150,1	1103,6
1992	117,0	228,5	183,0	55,0	18,5	112,0	68,8	70,2	23,4	272,6	160,4	385,8	1695,2
1993	91,9	64,6	18,4	157,9	32,2	29,8	26,3	7,8	2,2	70,2	64,2	298,8	864,3
1994	138,6	20,6	156,4	70,1	49,6	7,8	62,3	6,0	18,2	44,9	164,4	107,8	846,7
1995	20,4	50,4	78,2	84,2	27,2	2,8	70,3	10,2	17,7	94,2	108,2	286,8	850,6
1996	57,2	40,6	72,5	47,6	5,8	4,4	3,3	22,2	32,8	45,6	325,4	48,2	705,6
1997	137,0	66,6	209,4	60,2	28,4	2,6	30,7	4,9	14,8	71,5	55,8	250,8	932,7
1998	169,8	8,2	11,8	73,0	18,2	2,2	1,8	2,3	15,2	56,8	190,0	157,0	706,3
1999	19,2	22,4	205,8	37,8	41,0	0,0	56,0	18,0	21,0	53,8	272,4	75,2	822,6
2000	113,0	62,2	358,4	147,8	62,0	7,4	18,8	31,0	37,1	45,0	150,2	195,2	1228,1
2001	24,2	80,4	64,5	55,8	40,8	31,6	23,0	47,8	45,2	144,0	228,2	149,0	934,5
2002	320,6	280,4	66,6	68,8	22,0	26,0	27,2	23,0	154,3	3,6	162,4	173,2	1328,1
2003	120,9	43,1	52,9	38,2	48,7	0,2	32,2	3,7	23,6	64,6	45,3	197,0	670,4
2004	130,0	100,5	233,2	48,6	35,5	32,4	30,5	8,6	4,8	113,1	91,5	173,1	1001,8
2005	212,3	83,2	124,8	11,2	149,8	70,7	34,8	56,3	12,8	55,6	173,4	185,7	1170,6
2006	19,9	23,8	150,8	107,3	8,1	30,0	8,7	8,6	32,4	82,9	379,2	414,2	1265,9
2007	33,6	178,3	16,8	78,0	19,2	5,9	2,2	21,7	20,3	0,0	82,6	75,4	534,0
2008	114,2	104,1	260,7	55,3	2,6	6,9	14,9	28,7	37,4	2,6	315,4	220,4	1163,2
2009	223,8	72,3	101,4	118,8	36,9	32,1	17,0	16,9	8,2	173,0	162,1	74,5	1037,0
2010	14,5	109,3	310,1	71,9	32,2	11,8	46,1	0,4	20,4	37,6	333,6	117,0	1104,9
2011	54,9	37,8	102,0	201,2	15,7	11,6	61,0	3,2	12,1	145,8	159,2	147,0	951,5
2012	150,6	39,5	7,0	48,9	110,5	39,5	22,5	83,4	19,6	26,6	451,2	0,0	999,3
2013	79,3	0,0	81,5	121,3	86,1	19,1	0,9	8,0	17,6	124,2	116,2	385,8	1040,0
2014	79,3	25,1	45,5	88,1	6,6	45,2	29,2	32,6	0,0	196,2	150,6	131,0	829,4

Ano	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	Total
2015	0,0	96,6	92,8	9,6	35,6	30,6	28,5	12,1	1,4	0,0	62,3	45,4	414,9
2016	389,6	1,2	3,6	10,6	0,0	22,9	24,4	2,1	7,0	42,4	238,7	109,0	851,5
2017													0,0
2018													0,0
2019													0,0
2020													0,0
2021													0,0
2022													0,0
Média	144,7	87,9	110,4	68,6	36,4	29,3	32,0	22,4	29,3	85,5	169,6	175,4	991,5
	70 ANOS DE AVALIAÇÃO							MÉDIA			991,5		
								ANOS ABAIXO DE 700mm			10	14%	
								ANOS ENTRE 700 E 1100mm			40	58%	
								ANOS ACIMA DE 1100mm			20	28%	

Devido ao fato da região de Teófilo Otoni/MG apresentar precipitações em um período analisado de 70 anos, (58%) entre 700 mm a 1100 mm, (28%) acima de 1100 mm e, (14%) abaixo de 700 mm, conforme mostram as figuras 3.2.1 e 3.2.2, através de dados oriundos do quadro 01.

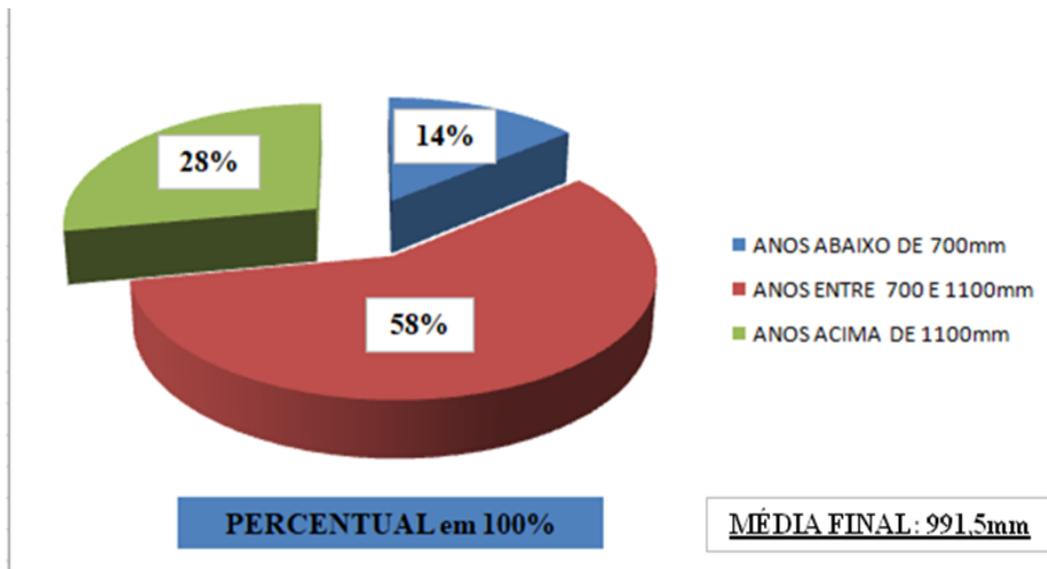
Figura 3.2.1: Média séria pluviométrica.



Fonte: Autoria própria.

Pode ser visto na figura 3.2.1 que o índice pluviométrico da região de Teófilo Otoni/G se manteve por 40 anos dentro da média, ao passo que por apenas 10 anos esse índice esteve abaixo da média, indo contra o que todos pensam de que com o passar dos anos a quantidade de chuva reduziu. Isso vai de encontro que o que acabou sendo modificado foi a forma de consumo e utilização da água.

Figura 3.2.2: Série pluviométrica, distribuição



Fonte: Autoria própria.

A figura 3.2.2 mostra em porcentagem a quantidade de tempo em que a média pluviométrica ficou abaixo do esperado, na qual em mais de 70% dos últimos anos houve chuva dentro e/ou acima da média histórica para a região.

Haja vista a pouca existência de fontes e com o problema do aumento da escassez de água, além do crescimento populacional e com mudanças e fenômenos climáticos, que alteram o regime de distribuição das chuvas, a precipitação média anual no período analisado de 70 anos na região de Teófilo Otoni/MG é em torno de 991,5mm, praticamente se comparando ao da região do polígono das secas com precipitação média anual variando em torno de 800mm, enquanto a precipitação média anual na faixa litorânea atinge valores maiores, em torno de 2000mm. Sendo assim, observa-se a necessidade da busca de soluções alternativas para a escassez justamente devido à preocupação com a diminuição das reservas de água e a baixa média anual do volume de precipitações na região. Com um sistema de captação de águas pluviais adequado fazendo o aproveitamento da água da chuva, a qual se apresenta bastante viável, além dos benefícios gerados como, por exemplo, a economia no volume consumido de água tratada.

3.3 Sistemas de Captação de Águas Pluviais

Os sistemas de aproveitamento de águas pluviais existentes são dos mais simples aos mais arrojados. De acordo com a norma brasileira NBR 15527/07 – Água de chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos, de 24 de

outubro de 2007, é fundamental que a concepção do projeto do sistema de coleta e aproveitamento de águas pluviais atenda aos requisitos da NBR 10844/89 – Instalações Prediais de Águas Pluviais – Procedimento e da NBR 5626/98 – Instalação Predial de Água Fria. (HAGEMANN, S. E., (2009)).

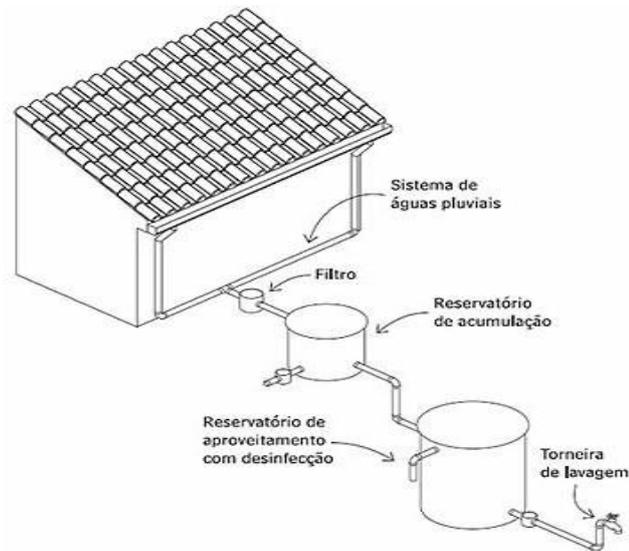
O Manual de Conservação e Reúso da Água em Edificações, elaborado em conjunto pela Agência Nacional das Águas – ANA, a Federação das Indústrias do Estado de São Paulo – FIESP e o Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado de São Paulo – SindusCon (ANA, FIESP & SindusCon-SP, 2005), apresenta uma metodologia básica para o projeto de sistemas de coleta, tratamento e uso de água de chuva. Esta metodologia consiste nas seguintes etapas:

- ✓ Determinação da precipitação média local (mm/mês);
- ✓ Determinação da área de coleta;
- ✓ Determinação do coeficiente de escoamento;
- ✓ Projeto dos sistemas complementares (grades, filtros, tubulações, etc.);
- ✓ Projeto do reservatório de descarte;
- ✓ Escolha do sistema de tratamento necessário;
- ✓ Projeto da cisterna;
- ✓ Identificação dos usos da água (demanda e qualidade).

Gomes U. A. F. et al. (2014) cita que independente da complexidade do sistema adotado, alguns dispositivos e cuidados são os mesmos para todos. A figura 5.3.1 mostra alguns dos componentes de um sistema de captação e aproveitamento da água da chuva, que de um modo geral são:

- ✓ Área de Captação;
- ✓ Condutores horizontais e verticais (calhas, tubulação de descida, etc);
- ✓ Filtros ou grades para remover materiais grosseiros;
- ✓ Dispositivos de descarte da primeira chuva;
- ✓ Reservatório de acumulação da água da chuva.

Figura 3.3.1 - Modelo de sistema de aproveitamento de águas pluviais.



Fonte: PINI (2008).

Neste modelo ilustrado na figura 3.3.1 pode ser visto um projeto básico de como pode ser feita a captação da água da chuva, aproveitando a estrutura de telhado e calha, presente em grande parte de todas as residências. Apesar de ser uma água pura, de acordo com a atmosfera da região, pode ter alterações químicas e físicas da água. Segundo BRITO, LT de L. et al. (2007) dependendo da qualidade da água coletada e do uso para qual será destinada, o sistema ainda pode contar com dispositivos de tratamento das águas pluviais, como filtração e desinfecção.

3.4 Áreas de Captação de Águas Pluviais em Áreas Urbanas

Geralmente, as áreas de captação da água da chuva são telhados ou áreas impermeáveis sobre a superfície do solo como estacionamentos, calçadas e pátios. É mais comum a captação da água dos telhados, por apresentar melhor qualidade, visto que áreas sobre a superfície do solo geralmente sofrem a influência direta do tráfego de pessoas e veículos. A captação em telhados também possibilita que na maioria dos casos a água atinja o reservatório de armazenamento por gravidade, o que facilita o projeto, evitando gastos com bombas e consumo de eletricidade. (HAGEMANN, S. E., (2009)).

Os telhados podem ser constituídos de diversos materiais como telha cerâmica, fibrocimento, zinco, aço galvanizado, plástico, entre outros diversos. O material do qual é constituído o telhado é essencial para a definição do coeficiente de escoamento superficial, que determina quanto da água precipitada se transforma em escoamento. Além disso,

conhecer a composição do material do telhado é importante para evitar a contaminação da água da chuva devido a componentes tóxicos, que possam ser lixiviados no decorrer da precipitação. (HAGEMANN, S. E., (2009)). Ressaltando a importância do material ser inerte e não reagir com a água captada da chuva, afim de que se possa manter os padrões de qualidade.

Telhados mais porosos tendem a diminuir o escoamento, levando a uma diminuição do volume aproveitável das águas pluviais. Conforme o Texas Water Development Board (2005), o uso de telhados metálicos como alumínio e zinco diminui as perdas, enquanto em telhados cerâmicos as perdas são maiores devido à textura do material e a menor eficiência no escoamento. Para diminuir a porosidade e aumentar o coeficiente de escoamento é usual, em alguns lugares do mundo, a cobertura da superfície do telhado com uma camada de tinta. Neste caso, deve-se ter o cuidado de escolher uma pintura especial, que não libere substâncias tóxicas quando em contato com a água. (HAGEMANN, S. E., (2009)).

Segundo Hagemann, S.E., (2009) Apud UNEP (2002) recomenda alguns cuidados que devem ser tomados com a área de captação, incluindo a limpeza freqüente e remoção de materiais que possam ficar depositados sobre o telhado tais como poeira, folhas, galhos e fezes de animais, a fim de minimizar a contaminação da água coletada. Preferencialmente, os telhados devem ser protegidos de árvores para evitar a queda de folhas e galhos, além de danos causados por pássaros e outros animais, na qual pode interferir na qualidade da água tendo que em alguns momentos contar com um processo de tratamento físico-químico se o interesse for o consumo humano, mas se for para consumos secundários, como descargas e lavagem de pisos, podendo manter como é coletada.

3.5 Calhas e Condutores Verticais do Sistema de Captação de Águas Pluviais

As calhas e condutores verticais são responsáveis por levar a água da superfície de captação até o dispositivo de descarte da primeira chuva, quando este existir, ou direto ao reservatório de armazenamento. Os materiais mais normalmente utilizados são poli cloreto de vinila (PVC), plástico ou outro material que seja inerte. Como o pH da chuva tende a ser baixo pode haver corrosão quando forem utilizados condutos de metal (UNEP, 2002).

Segundo Hagemann, S. E., (2009), de acordo com a NBR 15527/07, no dimensionamento das calhas devem ser observados o período de retorno escolhido para a precipitação, a vazão de projeto e a intensidade pluviométrica, entre outros requisitos especificados pela NBR 10844/89.

As calhas e condutos verticais devem ser periodicamente inspecionados e cuidadosamente limpos. Uma boa época para inspecionar estes componentes é enquanto esta chovendo, pois nesse caso é mais fácil detectar goteiras ou buracos (UNEP, 2002). A limpeza regular é necessária para evitar a contaminação da água a ser coletada. A NBR 15527/07 recomenda que a limpeza desses dispositivos seja realizada semestralmente. (HAGEMANN, S. E., (2009)).

Os materiais utilizados nos coletores da água da chuva interferem diretamente na qualidade final. Se forem materiais inertes e estáveis (PVC) a água chega até o reservatório sem influências diretas, podendo ter alguma propriedade relacionada com a atmosfera da região.

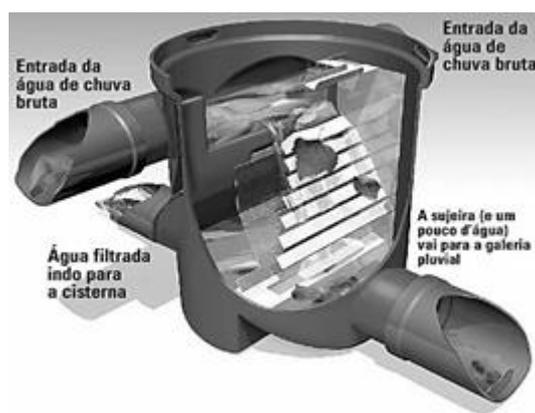
3.6 Grade e Filtro do Sistema de Captação de Águas Pluviais

Após a passagem da água pelos telhados e calhas, a água deve passar em um tratamento físico, como grades e filtros. Segundo Hagemann, S. E., (2009), as grades ou filtros têm grande importância em sistemas de captação de águas pluviais. Um dos maiores problemas nestes sistemas é o acúmulo de materiais grosseiros nos telhados como folhas, galhos, além de pequenos animais. Quando não retidos, estes materiais podem danificar e obstruir o sistema de captação, além de comprometerem a qualidade da água. (JAQUES, Reginaldo Campolino et al. (2005))

De acordo com o Texas Water Development Board (2005), dependendo do tipo e tamanho das árvores próximas e dos resíduos acumulados sobre o telhado, o proprietário do sistema deve escolher o dispositivo de retenção mais adequado. Entre os materiais usados estão tela de arame, nylon, PVC e aço galvanizado. (HAGEMANN, S. E., (2009)).

Também é comum o uso de filtros para a retenção e descarte de materiais grosseiros. A figura 3.3.2. apresenta um exemplo de filtro comercial para essa finalidade.

Figura 3.3.2. – Modelo de filtro comercial para retenção de materiais grosseiros.



Fonte: Bella Calha (2006).

Os dispositivos de retenção de materiais grosseiros, assim como os telhados e calhas, devem ser periodicamente limpos para serem eficazes. A NBR 15527/07 recomenda inspeção mensal e limpeza trimestral para esses componentes. Se não for feita a manutenção, as grades e filtros podem obstruir ou impedir a entrada da água nos condutores e sua chegada ao reservatório (SILVA, J. A. (2018)).

3.7 Sistema de Descarte da Primeira Chuva do Sistema de Captação de Águas Pluviais

Seguindo o fluxo normal da água, sob efeito da gravidade, a mesma irá passar por telhados e calhas, filtros para em seguida serem armazenadas, porém nem toda água vai diretamente para o armazenamento, uma parte inicial é descartada. De acordo com Hagemann, S.E., (2009) durante os períodos secos, as áreas de captação da água de chuva interceptam e acumulam resíduos como folhas, poeira, pequenos animais mortos, fezes de animais, poluentes do tráfego e industriais, dentre outros. A primeira parte da chuva tende a lavar a atmosfera e a superfície de captação carregando consigo os poluentes presentes nestes dois ambientes.

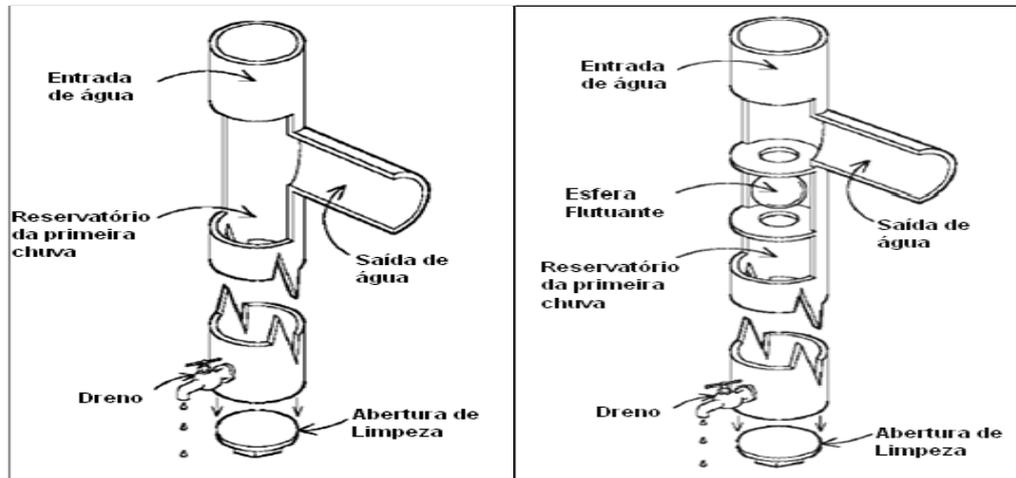
Medeiros, G. A. A., (2018) relata que vários estudos têm mostrado que a primeira parcela da chuva geralmente é a mais poluída (BORSSOI et al, 2007; CIPRIANO, 2004; JAQUES, 2005; OKEREKE, et al, 2006;). A qualidade da água da primeira chuva vai depender, entre outros fatores, dos tipos de poluentes presentes na área e do período antecedente sem precipitação.

O reservatório de descarte é um dispositivo que se destina à retenção temporária e posterior descarte da água coletada na fase inicial da precipitação (ANA/FIESP & SindusCon-

SP, 2005). O seu objetivo é evitar que a primeira parcela da chuva interfira na qualidade da água coletada posteriormente. (HAGEMANN, S. E., (2009)).

Existem várias técnicas de descarte da primeira chuva. O Texas Water Development Board (2005) apresenta dois exemplos conforme a figura 3.3.3.

Figura 3.3.3 – Modelos de Dispositivos de descarte da primeira chuva.



Fonte: Texas Water Development Board (2005).

Como mostrado na figura 3.3.3, o primeiro compartimento consiste em um tubo de PVC, que coleta a primeira parte do volume precipitado. Quando o tubo está cheio, a água é desviada para o conduto principal que a leva ao reservatório de armazenamento. O tubo pode ser drenado continuamente por um orifício ou uma válvula próxima à base. O outro dispositivo, mais sofisticado, consiste de um tubo com uma válvula esférica flutuante em seu interior. Quando o volume correspondente ao descarte enche o tubo, a elevação do nível da água faz com que a esfera obstrua a entrada do tubo e o fluxo é conduzido para o reservatório de armazenamento. Estes dispositivos geralmente têm uma abertura para limpeza e devem ser esvaziados e limpos após cada evento de chuva. O reservatório de auto-limpeza com torneira bóia é uma outra alternativa de dispositivo de descarte. Este consiste em um tanque munido de uma bóia, que interrompe a entrada de água quando esta atinge um nível pré-estabelecido, correspondente ao volume que será descartado. Assim a água é desviada para a tubulação que vai ao reservatório de armazenamento, enquanto o primeiro volume coletado fica armazenado e é eliminado após o término da precipitação. Entretanto, para o bom funcionamento da torneira bóia é necessário evitar a entrada de materiais grosseiros na tubulação. (HAGEMANN, S. E., (2009)).

Quanto à determinação do volume a ser descartado, as opiniões são diversas. De acordo com Apud Tomaz (2003) aponta que para a determinação do volume de descarte

muitas vezes é utilizada uma regra prática. Na Flórida (EUA) usa-se descartar os primeiros 40 litros de chuva para cada 100 m² de área de captação, ou seja, 0,4 L/m². Já no Brasil usa-se o valor de 1,0 L/m² para a região de Guarulhos, ou seja, é eliminado o primeiro 1 mm de chuva. A NBR 15527/07 recomenda que na falta de dados deve-se descartar os primeiros 2 mm de chuva e que a limpeza do dispositivo de eliminação da primeira chuva deve ser realizada mensalmente.

3.8 Reservatório de Armazenamento do Sistema de Captação de Águas Pluviais

Reservatório de armazenamento tem a função de reter e acumular a água captada. Muitas vezes, o custo elevado do reservatório em relação aos outros componentes pode inviabilizar a construção do sistema. Segundo MAY (2004), o reservatório pode estar apoiado sobre o solo ou enterrado e sempre que possível deve estar localizado perto dos pontos de consumo, para diminuir a distância de transporte da água. Os materiais mais comumente utilizados são concreto, alvenaria, ferro-cimento, metal galvanizado, fibra de vidro e polipropileno.

Os reservatórios de concreto podem ser construídos no local ou adquiridos pré-fabricados. Entre os reservatórios pré-fabricados estão os construídos com placas de concreto. Uma das vantagens no uso destes reservatórios é a possibilidade de diminuição da acidez da água, devido à presença de cálcio. Entretanto, quando o reservatório for usado para usos potáveis é essencial o revestimento do seu interior com um material de alta qualidade, para evitar a contaminação da água. A desvantagem do concreto é a tendência a fissuras e vazamentos, principalmente em reservatórios subterrâneos em terrenos argilosos (TEXAS WATER DEVELOPMENT BOARD, 2005).

De acordo com Bertoncini (2008), o ferro-cimento é um material de baixo custo, composto de ferro e argamassa. O sistema consiste basicamente em várias malhas de aço espaçadas, cobertas com uma mistura de cimento, areia e água. Alguns autores recomendam a pintura de reservatórios sobre o solo com tinta branca, para refletir os raios solares, reduzir a evaporação e manter a água fresca. Este tipo de reservatório é muito utilizado em países em desenvolvimento, devido ao baixo custo e disponibilidade de materiais. Por ter paredes mais finas que as dos reservatórios de concreto o custo também é reduzido. (TEXAS WATER DEVELOPMENT BOARD, 2005).

Reservatórios de fibra de vidro foram testados por vários anos nos campos petrolíferos do Texas e comprovaram sua durabilidade, além da facilidade em serem reparados. Para volumes de 4.000 litros os reservatórios de polipropileno proporcionam uma melhor relação

custo-benefício, mas deve-se optar por modelos opacos visto que este material não se adapta bem a pinturas. (TEXAS WATER DEVELOPMENT BOARD, 2005).

Segundo Hagemann, S.E., (2009), além da correta escolha do material do qual será feito o reservatório, algumas medidas e cuidados são importantes para garantir a segurança do abastecimento e a qualidade da água coletada. O manual da ANA/FIESP & SindusCon-SP (2005) apresenta algumas características construtivas que devem ser respeitadas pelos reservatórios e alguns cuidados a serem tomados, entre eles:

- ✓ Evitar a entrada de luz do sol no reservatório para diminuir a proliferação de algas e microrganismos;
- ✓ Manter a tampa de inspeção fechada;
- ✓ Colocar grade ou tela na extremidade de saída do tubo extravasor, para evitar a entrada de pequenos animais;
- ✓ Realizar a limpeza anual do reservatório, removendo os sedimentos;
- ✓ Projetar o reservatório de armazenamento com declividade no fundo na direção da tubulação de drenagem, para facilitar a limpeza;
- ✓ Assegurar que a água coletada seja utilizada somente para fins não-potáveis.

A NBR 15527/07 recomenda o uso de dispositivos para evitar a conexão cruzada quando o reservatório de água de chuva também for alimentado com água de uma fonte potável. Além disso, os reservatórios devem atender às exigências da NBR 12217/94 – Projeto de Reservatório de Distribuição de Água para Abastecimento Público.

Todos esses cuidados, somados à manutenção e limpeza adequada dos demais componentes do sistema de aproveitamento de águas pluviais, são de extrema importância para garantir o bom funcionamento das instalações e o bom aproveitamento da água coletada.

3.9 Dimensionamento de Reservatório de Armazenamento de Águas Pluviais

Toda a água da chuva coletada e armazenada tem como destino final a reservatório. A partir de lá todos os fins dado aquela água começam a ser colocados em práticas. De acordo com Hagemann, S.E., (2009), a demanda a ser atendida é uma das variáveis mais importantes a ser considerada na concepção de sistemas de aproveitamento de águas pluviais. Uma quantificação correta da demanda tem como consequência o dimensionamento adequado do reservatório de armazenamento e a maior confiabilidade do sistema depois de dimensionado.

A água da chuva, dependendo de suas características, pode ser destinada a vários usos, a maioria deles definidos como não potáveis. Entre os usos residenciais pode-se destacar a descarga sanitária, a rega de jardins, a lavagem de roupas, de veículos e de superfícies

impermeáveis. Segundo Tomaz (2003) os usos da água em uma residência podem ser classificados como usos internos e externos. De acordo com o mesmo autor, as pesquisas sobre consumo residencial de água no Brasil são escassas e os dados utilizados são estimados na maioria dos casos. As tabelas 3.9.1 e 3.9.2 mostram alguns valores utilizados nas estimativas de demandas para usos internos e externos que poderiam ser supridas com água não potável (MOURA, A. C. C. et al. (2018)).

Tabela 3.9.1 - Estimativa da demanda por água não potável para usos internos.

Uso	Unidade	Valores		
		Inferior	Superior	Mais Provável
Bacia sanitária - Volume de descarga	Litros/descarga	6,8	18	9
Bacia sanitária - Freqüência de uso	Descarga/pessoa/dia	4	6	5
Vazamento de bacias sanitárias	Porcentagem	0	30	9
Máquina de lavar roupas - Volume de água	Litros/ciclo	108	189	108
Máquina de lavar roupas	Carga/pessoa/dia	0,2	0,37	0,37

Fonte: Adaptado de Tomaz (2003)

Tabela 3.9.2 - Estimativa da demanda por água não potável para usos externos.

Uso	Unidade	Valor
Rega de Gramado ou Jardins	Litro/dia/m ²	2
Lavagem de carros - Volume de água	Litros/lavagem/carro	150
Lavagem de carros - Freqüência	Lavagem/mês	4

Fonte: Adaptado de Tomaz (2003)

De acordo com De Amorin, M. C. C. (2001) Gonçalves et al. (2005), o consumo de água em bacias sanitárias no Brasil pode ser grosseiramente estimado, baseado em condições hipotéticas que utilizam valores médios bastante coerentes como 3 descargas de bacia sanitária por pessoa por dia, sendo que cada descarga consome entre 9 e 12 litros. Esses valores de consumo são para bacias sanitárias mais ou menos antigas, ou seja, que não estão em conformidade com a atual norma brasileira.

O aproveitamento de águas pluviais se torna mais viável quando o consumo de água não potável é elevado, caso de indústrias, edifícios públicos, escolas, universidade, entre outros. (TOMAZ, 2000).

Em edificações de uso público ou comercial a água da chuva pode ser utilizada em descargas sanitárias, rega de jardins e usos ornamentais. As edificações de uso público

englobam escolas, universidades, hospitais, terminais de passageiros de aeroportos, entre outros. Para esses tipos de ocupação o consumo de água em ambientes sanitários varia de 35% a 50% do consumo total (ANA, FIESP & SindusCon-SP, 2005).

Para a estimativa de consumo total de água em estabelecimentos de ensino existem alguns valores na bibliografia relativos ao consumo per capita. A tabela 5.3.6.1.2 apresenta alguns destes valores.

Tabela 3.9.3 - Estimativa de consumo per capita de água em estabelecimento de ensino.

Categoria	Faixa	Unidade	Autor
Escola	740-905	Litros/empregado/dia	Dziegielewski <i>et al</i> (1993)
Escolas e Serv. Educacionais	615-682	Litros/empregado/dia	Dziegielewski <i>et al</i> (1993)
Universidades	477-519	Litros/empregado/dia	Dziegielewski <i>et al</i> (1993)
Escolas e Universidades	210	Litros/empregado/dia	Army Institute for Water Resources (1987)
Escola	10-30	Litros/aluno/turno	Melo e Netto (1988)
Escola	50	Litros/pessoa/dia	Sabesp (1983)
Escola	38-76	Litros/aluno/dia	Metcalf & Eddy (1991)
Escola	50	Litros/pessoa/dia	DMAE (1988)
Escola	76	Litros/aluno/dia	Qasim, Syed R. (1994)
Escola	50	Litros/aluno/dia	Macintyre (1982)

Fonte: Adaptado de Tomaz (2000)

Na tabela 3.9.3 pode-se observar a grande variabilidade de valores utilizados na estimativa de consumo de água. O valor a ser adotado deve ser escolhido em função das características do sistema. Quanto à distribuição da percentagem de água para cada uso neste tipo de estabelecimento, Tomaz (2000) apresenta os valores obtidos em cinco escolas e universidades em Denver, Colorado, tabela 3.9.4.

Tabela 3.9.4 - Estimativa de consumo per capita de água em estabelecimento de ensino.

Uso	Porcentagem
Consumo doméstico	47,8
Água para rega de jardins	29,5
Água para resfriamento e aquecimento	5,4
Água para resfriamento sem aproveitamento	5,2
Água para cozinhas	3,9
Perdas de água	3,8
Água para lavanderias	2,9
Outros usos	0,8
Vazamentos de água	0,7
Uso total de água	100

Fonte: Tomaz (2000)

3.10. Métodos de Dimensionamento de Reservatório de Armazenamento de Águas Pluviais

De acordo com Carvalho (2007) vários modelos que podem ser utilizados para esse fim, embora a maioria deles siga a mesma sistemática: utilizam séries históricas de chuva, a demanda a ser atendida, a área de captação, o coeficiente de escoamento superficial e a eficiência requerida para o sistema como dados de entrada e têm como resultado os volumes de armazenamento associados a uma ou mais probabilidades de falha do sistema (THOMAS & MCGEEVER, 1997 apud ANNECCHINI, 2005).

Hagemann S.E., (2009) e Silva C. V. (2012), cita que a NBR 15527/07 sugere alguns métodos para o dimensionamento do reservatório de armazenamento de águas pluviais. Alguns métodos simplificados são apresentados pela Norma. O volume de água de chuva aproveitável depende do coeficiente de escoamento superficial da cobertura, bem como da eficiência do sistema de descarte do escoamento inicial, sendo calculado pela seguinte equação:

$$V = P \cdot A \cdot C \cdot II \text{ fator de captação (Eq. 1)}$$

Onde:

- ⇒ V é o volume anual, mensal ou diário de água de chuva aproveitável;
- ⇒ P é a precipitação média anual, mensal ou diária;
- ⇒ A é a área de coleta;
- ⇒ C é o coeficiente de escoamento superficial da cobertura;
- ⇒ II fator de captação é a eficiência do sistema de captação, levando em conta o dispositivo de descarte de sólidos e desvio de escoamento inicial, caso este último seja utilizado.

O Método de Azevedo Neto estima o volume de água aproveitável através da seguinte equação:

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

Onde:

- ⇒ P = valor numérico da precipitação média anual (mm);
- ⇒ T = valor numérico do número de meses com pouca chuva ou seca; A = valor numérico da área de coleta em projeção (m²);
- ⇒ V = valor numérico do volume de água aproveitável e o volume de água do reservatório (L).

Os demais métodos apresentados pela NBR 15527/07 são o Método Prático Alemão e o Método Prático Inglês. O Método Prático Alemão é um método empírico, que adota para o

volume do reservatório o menor valor entre 6% do volume anual de consumo e 6% do volume anual de precipitação aproveitável. O Método Prático Inglês fornece o volume do reservatório a partir da seguinte equação:

$$\Rightarrow V = 0,05 \times P \times A$$

⇒ Onde:

⇒ P = valor numérico da precipitação média anual (mm); A = valor numérico da área de coleta em projeção (m²);

⇒ V = valor numérico do volume de água aproveitável e o volume de água do reservatório (L).

Independente do método escolhido, um dimensionamento econômico e eficiente depende do conhecimento das informações requeridas pelo modelo a ser utilizado. Conhecer o índice pluviométrico da região é importante, pois o mesmo reflete a distribuição da chuva ao longo do ano e quanto mais regular for o seu valor mais confiável será o sistema (ANNECCHINI, 2005).

Portanto, nem sempre a disponibilidade de chuva será suficiente para atender toda a demanda, sendo necessário um balanço entre água disponível e requerida. Isso evita que o volume do reservatório seja superestimado, elevando o custo, ou que seja subestimado de modo que não atenda a uma parte considerável da demanda. Quanto maior o reservatório, maior o volume de chuva que pode ser armazenado, entretanto maiores serão os custos. (HAGEMANN, S. E., 2009).

O reservatório de armazenamento é o componente com o custo mais elevado entre os demais que compõem os sistemas de aproveitamento de águas pluviais, deve-se ter o cuidado de escolher o método de dimensionamento mais adequado para cada caso. Essa escolha depende principalmente dos dados disponíveis para o dimensionamento e do tipo de ocupação onde será instalado sistema (MOURA, A. C. C. et al. 2018)).

4. Considerações Finais

Depois da verificação dos resultados constatou-se que com a pouca existência de fontes e com o problema do aumento da escassez de água, além do crescimento populacional e com mudanças e fenômenos climáticos, que alteram o regime de distribuição das chuvas, a precipitação média anual no período analisado na região de Teófilo Otoni/MG é praticamente semelhante ao da região do polígono das secas, ficando bem abaixo da precipitação média anual na faixa litorânea. Sendo assim, percebe-se a necessidade da busca de soluções

alternativas para a escassez justamente devido à preocupação com a diminuição das reservas de água e a baixa média anual do volume de precipitações na região. Com um sistema de captação de águas pluviais adequado fazendo o aproveitamento da água da chuva, a qual se apresenta bastante viável, além dos benefícios gerados como, por exemplo, a economia no volume consumido de água tratada servida ao consumidor, o que ocasionará a economia no sistema de tratamento e na conta de água do usuário, apresentando uma relevância social contribuindo com o desenvolvimento sustentável da população por meio da preservação e otimização na utilização dos recursos naturais e, e minimização dos impactos ambientais.

Além de representar uma solução atrativa para o problema de escassez hídrica, pode-se considerar também, a retenção de parte do volume precipitado contribuindo para o amortecimento do escoamento superficial ajudando a diminuir enchentes em nossa região, o que já ocorre em diversas cidades do Brasil.

O planejamento de armazenamento de água é uma realidade que já se faz presente em muitos locais do nosso país e do mundo, podendo ficar como sugestão de trabalhos futuros, uma relação entre os índices pluviométricos, quantidade armazenada e valores financeiros aportados e economizados ao longo de um período determinado.

Referências

- Agência Nacional de Águas (ANA). **Água, fatos e tendências**. Brasília: ANA - CEBDS, 2006. 31 p.
- ANA, FIESP & SINCUSCON-SP. **Conservação e reúso de água em edificações**: São Paulo: Prol Editora Gráfica. 2005. 152 p.
- ANNECCHINI, K.P.V. **Aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis na cidade de Vitória (ES)**. 2005. 150f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2005.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15527: Água de chuva: aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis: requisitos**. Rio de Janeiro, 2007. 8 p.
- BELLA CALHA. **Obras de Referência** (2006a). Disponível em: <http://www.acquasave.com.br/index_acqua.php3?pg=obras> Acesso em: 26/03/2018.
- BERTONCINI, Edna Ivani. Tratamento de efluentes e reuso da água no meio agrícola. **Revista Tecnologia & Inovação Agropecuária**, v. 1, n. 1, p. 152-169, 2008.

BELLA CALHA. **Funcionamento do Filtro VF1** (2006b). Disponível em:<[http://www.acquasave.com.br/foto.php?tipofoto=1&imagem=filtragem_esquema_gal.jpg&leg=Funcionamento do Filtro VF1](http://www.acquasave.com.br/foto.php?tipofoto=1&imagem=filtragem_esquema_gal.jpg&leg=Funcionamento%20do%20Filtro%20VF1)>Acesso em: 27/03/2018.

BRITO, LT de L.; DE MOURA, M. S. B.; GAMA, G. F. B. Potencialidades da água de chuva no Semi-Árido brasileiro. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2007., 2007.

CIPRIANO, R.F.P. **Tratamento das águas de chuva escoadas sobre telhado e avaliação do seu uso**. 2004. 89f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental)- Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, 2004.

CARVALHO, G. dos S.; OLIVEIRA, SC de; MORUZZI, Rodrigo B. Cálculo do Volume do Reservatório de Sistemas de Aproveitamento de Água de Chuva: comparação entre métodos para aplicação em residência unifamiliar. **Simpósio Nacional de Sistemas Prediais**, v. 10, 2007.

COHIM, Eduardo; GARCIA, Ana; KIPERSTOK, Asher. Captação e aproveitamento de água de chuva: dimensionamento de reservatórios. **Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste**, v. 9, 2008.

DORNELLES, Fernando; TASSI, Rutinéia; GOLDENFUM, Joel A. Avaliação das técnicas de dimensionamento de reservatórios para aproveitamento de água de chuva. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 15, n. 2, p. 59-68, 2010.

FRENDRICH, R.; OLIYNIK, R. **Manual de utilização de águas pluviais: 100 maneiras práticas**. 1. ed. Curitiba: Livraria do Chain, 2002. 190 p.

GNADLINGER, J. **Relatório sobre a participação no 3º Fórum Mundial da Água (FMA), em Kioto, Japão, de 16 a 23 de março de 2003**. Disponível em:<<http://www.abcmac.org.br/docs/relatorio3forum.pdf>>Acesso em: 22/03/2018.

GNADLINGER, J. Colheita da água da chuva em áreas rurais. In: FÓRUM MUNDIAL DA ÁGUA, 2., 2000, Hague. **Anais eletrônicos**. Disponível em:<<http://www.irpaa.org.br/colheita/indexb.htm>>Acesso em: 21/03/2018.

GONÇALVES, R.F.; ALVES, W.C.; ZANELLA, L. Conservação de água no meio urbano. In: GONÇALVES, R.F. (Org.). **Uso racional da água em edificações**. Rio de Janeiro: ABES - PROSAB, 2006. cap. 2, p. 29-72.

HAGEMANN, S.E. **Avaliação da qualidade da água da chuva e da viabilidade de sua captação e uso**. 2009. 141f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2009.

- JAQUES, Reginaldo Campolino et al. Qualidade da água de chuva no município de Florianópolis e sua potencialidade para aproveitamento em edificações. 2005.
- MAY, Simone. **Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações**. 2004. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- MEDEIROS, Guilherme Adler Aciole. **Estudo da eficiência de reservatórios de aproveitamento de água de chuva no município de Natal/RN. 2018**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.
- MOURA, Adriana Correia Calmon et al. **implantação de sistema de conservação e reuso de água em terminal portuário de salvador**. Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental, v. 7, n. 1, p. 34-58, 2018.
- OKEREKE, J.N. et al. Bacterial quality of rainwater in selected communities in Imo state, Nigeria. **Estudos de Biologia**, v. 28, n. 63, p. 51-59, 2006.
- PETERS, M.R. **Potencialidade de uso de fontes alternativas de água para fins não potáveis em uma unidade residencial**. 2006. 109f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.
- PINI. Soluções não potáveis. **Revista Técnica**, São Paulo, n.133, p. 54-57, 2008.
- PALMIER, Luiz Rafael. **Uso de técnicas de captação de água de chuva—Causas de insucessos e tendências futuras**. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA, v. 4, 2003.
- RODRIGUES DA SILVA, V.P. et al. **Impacto do Fenômeno El Niño na Captação de Chuva no Semi-árido do Nordeste do Brasil**. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL SOBRE SISTEMAS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA, 9., 1999, Petrolina. **Anais eletrônicos**. Petrolina: EMBRAPA, 1999. Disponível em:<http://www.cpatsa.embrapa.br/catalogo/start_inicio.html> Acesso em: 20/03/2018.
- SILVA, Carolina Ventura da; HELLER, Léo; CARNEIRO, Mariângela. Cisternas para armazenamento de água de chuva e efeito na diarreia infantil: um estudo na área rural do semiárido de Minas Gerais. **Rev. Eng. Sanit. Ambient**, v. 17, n. 4, p. 393-400, 2012.
- TEXAS WATER DEVELOPMENT BOARD. **The Texas Manual on Rainwater Harvesting**. 3ed. Austin, 2005.
- TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva**. 2ed. São Paulo: Navegar, 2003. 180p.
- TOMAZ, P. **Previsão de consumo de água**. São Paulo: Navegar, 2000. 250p.
- TUCCI, C.E.M. **Gestão da água no Brasil**. Brasília: UNESCO, 2001. 156p.
- UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME (UNEP). **Rainwater Harvesting and Utilisation**. (2002). Disponível em:

<<http://www.unep.or.jp/Ietc/Publications/Urban/UrbanEnv-2/index.asp>> Acesso em:
20/03/2018.