

# PROJETO DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS PARA A ESCOLA MUNICIPAL ÁGUAS VERDES DE BOA ESPERANÇA- MG

Sarah Oliveira Barbosa<sup>1\*</sup>

Laísa Cristina Carvalho<sup>2\*</sup>

## RESUMO

A água é vital para todos os humanos e o seu uso consciente é um assunto de grande relevância nos mercados de arquitetura, engenharia e construção. A conscientização ambiental vem sendo introduzida gradativamente através de projetos de aproveitamento e redução desse recurso natural. Neste âmbito, o desenvolvimento deste trabalho tem como principal objetivo propor um projeto de aproveitamento de água pluvial para a Escola Municipal Águas Verdes, localizada na zona rural do município de Boa Esperança-MG. A princípio, foi realizado um estudo bibliográfico relativo às metodologias de aproveitamento de água de chuva e normas técnicas necessárias. Posteriormente foram realizados estudos para determinar as séries históricas de precipitação da região, área de contribuição do projeto e população atendida. Com base nos dados encontrados, foi possível dimensionar parcialmente o sistema de aproveitamento de água pluvial, determinando a intensidade de precipitação, a vazão de projeto, condutores verticais e horizontais e estimando a demanda de água não potável da escola e o seu volume útil. Assim sendo, compreende-se que o aproveitamento de água da chuva além de ser uma opção sustentável, traz grandes benefícios à sociedade.

**Palavras-chave:** Água pluvial. Aproveitamento de Águas Pluviais. Consciência Ambiental. Sistema de Captação. Dimensionamento.

---

<sup>1\*</sup> Sarah Oliveira Barbosa. cursando Engenharia Civil no Centro Universitário do Sul de Minas - UNIS MG.  
Email: [sarahbarbosa05@gmail.com](mailto:sarahbarbosa05@gmail.com).

<sup>2\*</sup> Prof. Dra. Laisa Cristina Carvalho. Graduada em Engenharia Civil pela Universidade Estadual de Minas Gerais, mestre e doutora em Estruturas e Construção Civil pela Universidade Federal de São Carlos. Docente no Centro Universitário do Sul de Minas.

## **1 INTRODUÇÃO**

Segundo Marinoski (2007), a água é indispensável para toda a humanidade, utilizada desde o consumo pessoal até os fins não potáveis como: indústrias, construções civis, irrigações, fins sanitários, entre outros. Atualmente, é possível observar que a preservação desse recurso natural se tornou uma preocupação mundial, pois a água além de ser indispensável e essencial ao ser humano, também é de grande relevância para muitas atividades econômicas. De acordo com WWAP (2015), a água é o foco da sustentabilidade.

A construção civil é uma das atividades econômicas que mais prejudicam o meio ambiente. Utilizada na produção de concretos e argamassas, imprescindível na umidificação e compactação de solos. A água também é utilizada na limpeza das obras, resfriamento e cura do concreto (NETO, 2008). Posto isso, se faz necessário controlar o uso da água, minimizando o desperdício por meio de medidas mais sustentáveis como o aproveitamento de águas pluviais.

Desta forma, a utilização de água de chuva é uma das alternativas mais simples e mais utilizadas para racionalizar o uso da água atualmente, pode ser utilizada para fins não potáveis como: descargas sanitárias, limpezas de casas e veículos, irrigações, entre outros (MARINOSKI, 2007).

Diante do exposto, este trabalho busca o estudo da viabilidade do aproveitamento da água pluvial para o uso não potável através de um sistema de captação e reutilização dessa água para a Escola Municipal Águas Verdes que está localizada na zona rural do município de Boa Esperança-MG.

Este estudo se justifica, pois ao implantar este sistema, a edificação se tornará mais sustentável, amenizará o consumo de água potável, contribuirá com a saúde do meio ambiente e diminuirá o custo em relação ao consumo de água.

Sendo assim, este intento será realizado através do estudo de caso e dimensionamento do sistema de captação e reaproveitamento de águas pluviais e da determinação da área de contribuição de projeto e da demanda de água não potável utilizada na escola.

## **2 REVISÃO DA LITERATURA**

O sistema de aproveitamento de água de chuva é composto pelos processos de

captação, filtração, armazenamento e distribuição da água captada. Assim, serão mostrados a seguir os elementos que estabelece este sistema e o seus métodos de dimensionamento.

## 2.1 Dimensionamento

Através do aproveitamento de água pluvial é possível substituir a água tratada pela água de chuva para fins não potáveis, diminuindo o consumo da rede pública, diminuindo tarifas e minimizando os efeitos ambientais.

Em concordância com a NBR 10844 (ABNT,1989), para calcular a área de contribuição devem ser considerados os incrementos referentes à inclinação da cobertura e às paredes que retém água pluvial também podem ser drenadas pela cobertura.

De acordo com a NBR 15527 (ABNT, 2007), coeficiente de *run off*, estabelece a relação entre todo o volume de escoamento superficial e todo o volume precipitado, acarretando variação com determinado tipo de superfície.

Segundo a NBR 10844 (ABNT, 1989), a calha conduz a água que escoo da cobertura para um determinado local. Possuem modelos distintos como: calha de beiral, platibanda ou de água furtada.

Ainda segundo a norma citada anteriormente, as calhas de beiral e platibanda necessitam ter inclinação mínima de 0,5% e que necessitam ser posicionadas centralmente sob a extremidade da cobertura. Já as calhas de água furtada necessitam estar sempre com inclinação paralela à inclinação da cobertura.

Os condutores verticais podem ser de aço, metal não ferroso, fibrocimento, PVC, entre outros. No caso do PVC, material utilizado no presente estudo de caso, permanecerão ligados aos bocais de montante e jusante de cada calha. Portanto, para escolher o diâmetro destes condutores, a NBR 10844 fornece um ábaco estrangeiro que foi desenvolvido para regiões com grande quantidade de chuva, que não é o caso do local em estudo. Então, para o seu dimensionamento, será usada a fórmula em sequência que também é estrangeira, mas com ela será possível executar os cálculos e conseguir resultados mais precisos.

$$Q = 0,019 \times T_o^{(5/3)} \times D^{(8/3)}$$

Desta maneira, para achar o diâmetro recomendado para esta tubulação, será usada a equação acima o valor da vazão de projeto (Q) dividido pela quantidade de calhas. Será

estipulado o diâmetro necessário a vazão de projeto e será adotado o diâmetro comercial mais próximo do encontrado na equação.

Conforme a NBR 10844 (ABNT, 1989) os condutores horizontais ou as tubulações horizontais têm como cargo primordial de receber a água da chuva e guiar para locais concedidos por dispositivos legais. A norma determina que as tubulações devem garantir uma inclinação contínua e com valor de no mínimo de 0,5%. Para o dimensionamento destes condutores, deve ser aplicado um escoamento com lâmina de água de altura equivalente a 2/3 do diâmetro interno do tubo.

Em anuência com a NBR 15527 (ABNT, 2019), poderão ser utilizadas ou métodos de de Rippl, Azevedo Neto, Simulação e os métodos Práticos Alemão, Inglês e Australiano para o dimensionamento do sistema de reservação de água pluvial.

Conforme Tomaz (2011), através do o método de Rippl é possível encontrar o volume máximo de reservação de modo fácil e simples, sendo este um dos motivos o qual se tornou o método de dimensionamento mais utilizado.

Dando continuidade ao dimensionamento do sistema para o aproveitamento de água pluvial será necessário determinar o IC (Indicador de Consumo) que segundo Oliveira e Gonçalves (1999), é a relação entre o consumo de água de água do período sobre o número consumidores encontrados nesse período.

$$IC = \text{Consumo de água do período} / (n \text{ de agentes consumidores} \times \text{período de atividades})$$

Em conjunto com o software Plúvio, é possível determinar a IM (intensidade máxima média de precipitação) através da seguinte equação.

$$Im = (K \times T^a) / ((t+b)^c)$$

Onde:

*Im* - é a intensidade máxima média de precipitação, devendo ser expressa em (mm/h);

*T* - é o período de retorno em anos;

*t* - é a duração da precipitação em minutos;

*K* - Parâmetro relativo à localidade;

*a* - Parâmetro relativo à localidade;

*b* - Parâmetro relativo à localidade;

*c* - Parâmetro relativo à localidade.

De acordo com a NBR 10844 (ABNT, 1989) a duração da precipitação (t) será fixada em 5 minutos e o período de retorno (T) será determinado de acordo com a área a ser drenada, como exposto no quadro 1 abaixo.

Quadro 1 : Determinação do período de retorno

<b>Características da área a ser drenada</b>	<b>T (anos)</b>
Áreas pavimentadas, onde empoçamentos possam ser tolerados	1
Coberturas e/ou terraços	5
Coberturas e áreas onde empoçamentos ou extravasamentos não possam ser tolerados	25

Fonte: Adaptado da NBR 10844 (ABNT,1989).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Local de estudo

Para o estudo de caso realizado foi escolhida a instituição de ensino denominada como Escola Municipal Fazenda Águas Verdes que está localizada na zona rural do município de Boa Esperança-MG nas imediações da Rodovia Boa Esperança Ilícinea, altura do km 250 e com as seguintes coordenadas geográficas: latitude 21°02'12.26" e de longitude 45°45'42.05".

Figura 1: Fachada da Escola Municipal Fazenda Águas Verdes



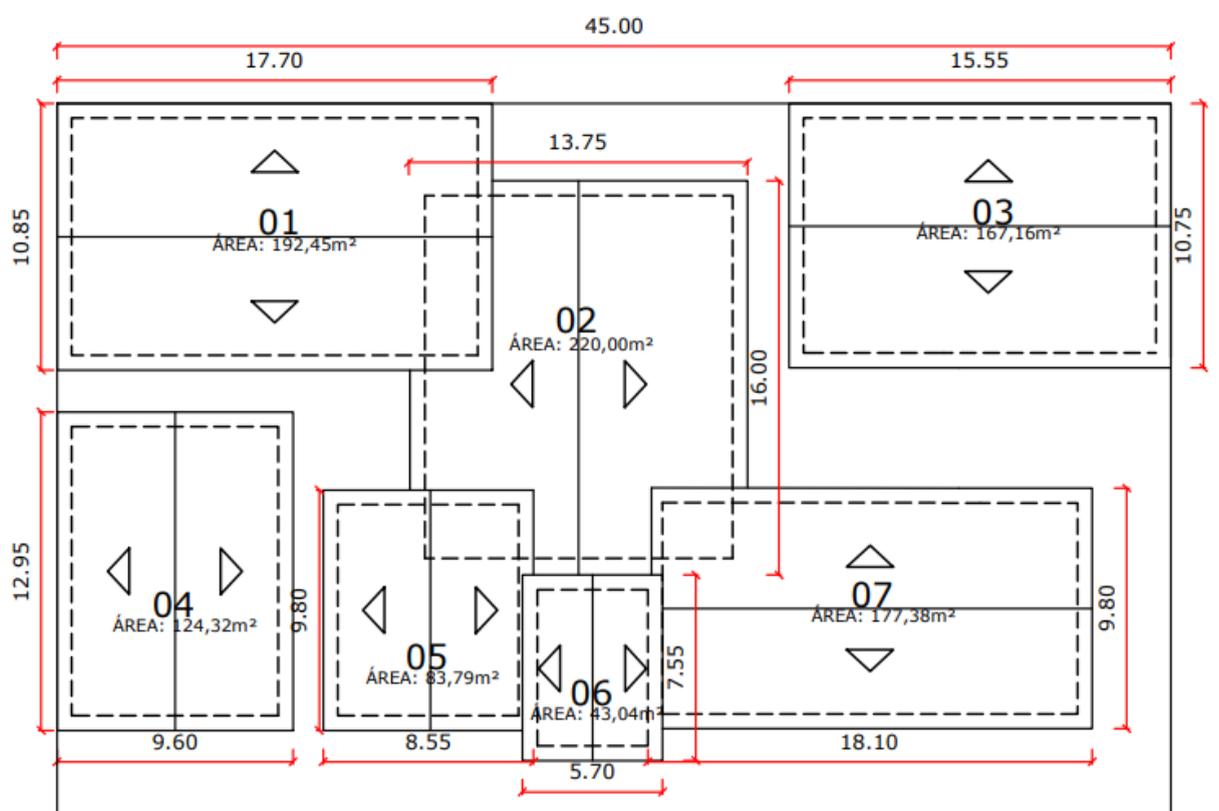
Fonte: A autora (2021).

### 3.2 Etapas de dimensionamento

#### 3.2.1 Área de captação

Através de visitas técnicas ao local, foi obtido *in loco* os dados necessários para fazer a planta de cobertura do local de estudo, determinando a área de cobertura e a sua inclinação. Como mostrado na figura 2 abaixo.

Figura 2: Planta de cobertura da Escola Municipal Fazenda Águas Verdes



Fonte: A autora (2021).

A área de contribuição será determinada através dos dados obtidos e da fórmula apresentada abaixo:

$$\text{Área} = (a + h/2) \times b$$

Onde:

- A - área da superfície inclinada, em metro quadrado (m²);
- a - largura horizontal de uma água do telhado, em metro (m);
- h - altura do telhado, em metro (m);
- b - comprimento horizontal do telhado, em metro (m).

### 3.2.2 Estimativa de precipitação

Foi possível determinar a precipitação dos últimos dez anos para a região de Boa Esperança-MG através dos dados pluviométricos coletados no site da Fundação ProCafé.

### 3.2.3 Vazão de Projeto

Através das precipitações, a água pluvial é captada pelo telhado e escoada para as calhas e os condutores. Assim, a NBR 10844 (ABNT, 1989) define que a vazão de projeto é usada como referência para se dimensionar calhas e condutores. De acordo com a normativa a vazão pode ser alcançada pela seguinte fórmula:

$$Q = (I \times A) / 60$$

Q - é a vazão de projeto, devendo ser expressa em litros por minuto (L/min);

I - é a intensidade pluviométrica, devendo ser expressa em milímetros por hora (mm/h);

A - é a área de contribuição, devendo ser expressa em metros quadrados (m<sup>2</sup>).

### 3.2.4 Calhas

As calhas captam as águas diretamente dos telhados impedindo que estas caíssem livremente causando danos às áreas circunvizinhas, principalmente quando a edificação é alta (Melo e Azevedo Netto, 1998).

Conforme a NBR 10844 (ABNT, 1989), as calhas de beiral e platibanda devem ser posicionadas centralmente e com inclinação mínima de 0,5%. A normativa também estabelece que para o dimensionamento das calhas, deverá ser utilizado o raio hidráulico e a fórmula de Manning-Strickler, conforme descrito a seguir:

$$Q = K \times (S/n) \times (R_h^{2/3}) \times (I^{2/3})$$

$$R_h = S/P$$

Onde:

Q - é a vazão de projeto, devendo ser expressa em litros por minuto (L/min);

S - é a área da seção molhada, devendo ser expressa em metros quadrados (m<sup>2</sup>);

n - é o coeficiente de rugosidade;

R<sub>h</sub> - é o raio hidráulico, devendo ser expresso em metros (m);

P - é o perímetro molhado, devendo ser expresso em metros (m);

I - é a declividade da calha, devendo ser expressa em metros (m/m);

K - Valor igual a 60.000.

### 3.2.5 Condutores Verticais

Os condutores verticais terão o diâmetro mínimo de 75mm, serão de PVC e estarão ligados às calhas através de bocais. O dimensionamento será obtido através da equação abaixo. O dimensionamento será feito pelo valor da vazão de projeto (Q) dividido pela quantidade de calhas.

$$Q = 0,019 \times T_o^{5/3} \times D^{8/3}$$

### 3.2.6 Condutores Horizontais

Para o dimensionamento desse condutor, será considerada a inclinação mínima de 0,5% e o escoamento da lâmina de água terá  $\frac{2}{3}$  do diâmetro interno do tubo.

### 3.2.7 Reservatório

Para o estudo proposto utilizaremos o método de Rippl, o dimensionamento será realizado utilizando séries históricas, mensais ou diárias.

$$S_{(t)} = D_{(t)} - Q_{(t)}$$

$$Q_{(t)} = C \times \text{Precipitação da Chuva}_{(t)} \times \text{Área de Captação}$$

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

Onde:

$S_{(t)}$  - é o volume de água no reservatório em um certo espaço de tempo;

$Q_{(t)}$  - é o volume de chuva utilizável em um certo espaço de tempo;

$D_{(t)}$  - é a demanda ou consumo em um certo espaço de tempo;

$V$  - é o volume necessário para reservatório;

$C$  - é o coeficiente de escoamento superficial.

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

### 3.2.8 Estimativa de demanda

Com o propósito primordial de executar um projeto de um sistema de aproveitamento de água pluvial, que consiga atender toda a demanda do uso da edificação, foram realizadas estimativas de demanda de água não potável levando em consideração o número máximo de pessoas, para efeito de cálculo será considerado os dois turnos em que a escola funciona.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 Estimativa de precipitação

Através do portal da Fundação Procafé, foi determinada a média pluviométrica no município de Boa Esperança nos últimos dez anos. A tabela 1 apresenta os valores obtidos com os boletins mensais.

Tabela 1: Precipitação mensal de janeiro de 2011 a dezembro de 2020.

Mês	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	
Ano	2011	278	60,4	302,6	52,8	19,6	26,2	1,8	7,4	0,8	127	119,8	426,2
	2012	335,3	122,2	146,2	53,4	54,6	105,6	20,4	0,2	42,8	31,6	171	59
	2013	345	142,8	141,4	75,8	59,4	29,6	27	2,6	66,2	85,6	143,2	142,6
	2014	46,4	38	110,2	163,2	8,3	7,3	39,3	0	37,8	39,8	180	148
	2015	121,3	89,2	211	22,6	63,9	22,6	19	6	2	132	10,6	311
	2016	386,2	157,9	81	29,6	12,8	81,4	17,1	15,2	0,6	134	184	95
	2017	144,2	115,2	102,6	66	60	42,8	0	3,4	63	96	178	279
	2018	257	136	89,2	20	23,4	0	0	70	74	135	366,4	231,2
	2019	68,2	272,2	161,8	66,8	120	14,6	7,8	15,4	74,6	45	242	252,8
	2020	245	363,4	71,8	22	25,4	1,4	0,8	5,2	1,6	51,4	92,6	437,6
$\Sigma$		2226,6	1497,3	1417,8	572,2	447,4	331,5	133,2	125,4	363,4	877,4	1687,6	2382,4
<b>Média</b>		<b>222,66</b>	<b>149,73</b>	<b>141,78</b>	<b>57,22</b>	<b>44,74</b>	<b>33,15</b>	<b>13,32</b>	<b>12,54</b>	<b>36,34</b>	<b>87,74</b>	<b>168,76</b>	<b>238,24</b>

Fonte: Adaptado de Fundação Procafé (2021).

### 4.2 Intensidade de precipitação

Por meio do software Plúvio 2.1 obtivemos os valores de (K, a, b, c) e admitindo o tempo de retorno (T) de 5 anos e uma duração (t) de 5 minutos conforme as normativas, determinou-se a intensidade de precipitação para o município de Boa Esperança-MG, conforme demonstrado na figura 3.

Figura 3: Parâmetros para determinar a precipitação em Boa Esperança-MG.

**Plúvio 2.1**  
Copyright (2005) © GPRH

---

**RELATÓRIO**  
**Parâmetros da Equação de Intensidade, Duração e Frequência da Precipitação**

---

**LOCALIZAÇÃO:**

**Localidade:** Boa Esperança      **Estado:** Minas Gerais  
**Latitude:** 21°05'24"  
**Longitude:** 45°33'57"

**PARÂMETROS DA EQUAÇÃO:**

**K:** 4291,578  
**a:** 0,175  
**b:** 31,733  
**c:** 1,025

Fonte: Pluvio (2021).

Com base nos valores obtidos pelo Pluvio foi possível determinar a  $I_m$  como mostrado na tabela abaixo.

Tabela 2: Intensidade de precipitação para o município de Boa Esperança-MG

<b>k</b>	<b><math>\alpha</math></b>	<b>b</b>	<b>c</b>	<b>T anos</b>	<b>t (s)</b>	<b><math>I_m</math> (mm/h)</b>
4291,578	0,175	31,733	1,025	5	5	<b>141,5</b>

Fonte: Adaptado Pluvio (2021).

#### 4.3 Área de contribuição

Por meio de visitas técnicas e coleta de dados *in loco*, foi possível obter a planta de cobertura do local de estudo, permitindo o encontrar a área de contribuição e a declividade.

Tabela 3: Área de contribuição da Escola Municipal Fazenda Águas Verdes.

Descrição	L. Horizontal (m)	Altura (m)	Comp. Hor. (m)	Á. Inclinada (m <sup>2</sup> )	Á. Telhado (m <sup>2</sup> )	Decliv. (%)
Telhado 01	5,425	1,7	17,7	111,1	222,1	1,0
Telhado 02	6,875	1,7	16	123,6	247,2	1,1

Telhado 03	5,375	1,7	15,55	96,8	193,6	1,1
Telhado 04	4,8	1,7	12,95	73,2	146,3	1,3
Telhado 05	4,275	1,7	9,8	50,2	100,5	1,7
Telhado 06	2,85	1,2	7,55	26,0	52,1	1,6
Telhado 07	4,9	1,7	18,1	104,1	208,2	0,9
<b>Total</b>				<b>585,0</b>	<b>1170,0</b>	

Fonte: A autora (2021).

#### 4.4 Vazão de projeto

Após obter a área de contribuição e a intensidade de precipitação do local, foi possível determinar a vazão de projeto que será demonstrada abaixo.

$$Q = (141,5 \text{ mm/h} \times 1163,6 \text{ m}^2) / 60 = \mathbf{2744,1 \text{ l/m}}$$

#### 4.5 Estimativa de demanda de água não potável

Segundo os dados coletados na instituição de ensino, a escola possui em seus dois turnos de atividades, 45 funcionários e 530 alunos, totalizando uma população atendida de 575 pessoas.

A estimativa de demanda é que cada pessoa use o vaso sanitário uma vez ao dia. Estimou-se também que o pátio coberto de 220,00m<sup>2</sup> será lavado uma vez por semana.

Obtivemos que o consumo do vaso sanitário é de 6,00 l/descarga e que a lavagem do pátio consome 2 l/m<sup>2</sup>.

- Consumo com descargas = 6,0 L/descarga x 575 x 1 vezes /dia = 34.500,00 L/ dia
- Consumo lavagem de pátios = 2,0 L/m<sup>2</sup> x 220,00 m<sup>2</sup> = 440,00 L/lavagem
- Sendo assim, o consumo mensal de água não potável será de 5210,00 L/mês.

#### 4.6 Dimensionamento das calhas

Para a cobertura proposta, foram obtidas as dimensões de quatorze calhas que através

da vazão de projeto puderam ser calculadas como demonstrado na tabela abaixo. A vazão de projeto pode ser alcançada pela seguinte fórmula.

$$Q = I \times A / 60$$

De acordo com a tabela 4, foi possível encontrar a declividade e o diâmetro que cada calha deverá obter quando forem colocadas.

Tabela 4 - Capacidades de calhas semicirculares com coeficientes de rugosidade  $\eta = 0,011$  (vazão em L/min)

Diâmetro interno (mm)	Declividades		
	0,5%	1%	2%
100	130	183	256
125	236	333	466
150	384	541	757
200	829	1.167	1.634

Fonte: NBR:10844 (1989).

Tabela 5: Dimensionamento das calhas

Descrição	Comprimento	Declividade (%)	Q de Projeto (l/m)	n	$\phi$ Interno (mm)
Telhado 01	17,7	1	523,9	0,011	150
	17,7	1	523,9	0,011	150
Telhado 02	16	2	583,0	0,011	150
	16	2	583,0	0,011	150
Telhado 03	15,55	1	456,6	0,011	150
	15,55	1	456,6	0,011	150
Telhado 04	12,95	0,5	345,1	0,011	150
	12,95	0,5	345,1	0,011	150

Telhado 05	9,7	0,5	234,5	0,011	125
	9,7	0,5	234,5	0,011	125
Telhado 06	7,55	0,5	122,9	0,011	100
	7,55	0,5	122,9	0,011	100
Telhado 07	18,1	1	490,9	0,011	150
	18,1	1	490,0	0,011	150

Fonte: A autora (2021).

#### 4.7 Dimensionamento dos condutores verticais

Após determinar a vazão de cada calha, foi possível dimensionar os condutores verticais, conforme demonstrado abaixo.

Tabela 6: Dimensionamento dos condutores verticais

Descrição	Comp. (m)	n	Q de Projeto (l/m)	$\phi$ Calculado	$\phi$ Interno (mm)
Telhado 01	3,2	0,011	262,0	38,2300	75
	3,2	0,011	262,0	38,2	75
Telhado 02	3,2	0,011	291,5	39,8	75
	3,2	0,011	291,5	39,8	75
Telhado 03	3,2	0,011	228,3	36,3	75
	3,2	0,011	228,3	36,3	75
Telhado 04	3,2	0,011	172,6	32,7	75
	3,2	0,011	172,6	32,7	75
Telhado 05	3,2	0,011	117,3	30,3	75
	3,2	0,011	117,3	30,3	75
Telhado 06	3,2	0,011	61,5	25,9	75
	3,2	0,011	61,5	25,9	75
Telhado 07	3,2	0,011	245,0	37,3	75
	3,2	0,011	245,0	37,3	75

Fonte: A autora (2021).

#### 4.8 Dimensionamento dos condutores horizontais

Para o dimensionamento dos condutores horizontais adotamos a declividade de 0,5% .

Tabela 7 - Capacidades dos condutores horizontais em seção circular (vazão em L/min)

	Diâmetro interno (D) (mm)	n = 0,011				n = 0,012				n = 0,013			
		0,5 %	1 %	2 %	4 %	0,5 %	1 %	2 %	4 %	0,5 %	1 %	2 %	4 %
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	50	32	45	64	90	29	41	59	83	27	38	54	76
2	75	95	133	188	267	87	122	172	245	80	113	159	226
3	100	204	287	405	575	187	264	372	527	173	243	343	488
4	125	370	521	735	1.040	339	478	674	956	313	441	622	882
5	150	602	847	1.190	1.690	552	777	1.100	1.550	509	717	1.010	1.430
6	200	1.300	1.820	2.570	3.650	1.190	1.670	2.380	3.350	1.100	1.540	2.180	3.040
7	250	2.350	3.310	4.680	6.620	2.150	3.030	4.280	6.070	1.990	2.800	3.950	5.600
8	300	3.820	5.380	7.590	10.800	3.500	4.930	6.980	9.870	3.230	4.550	6.420	9.110

Fonte: NBR:10844 (1989).

Tabela 8: Dimensionamento dos condutores horizontais

Descrição	Comprimento (m)	n	Vazão de Projeto (l/m)	φ Interno (mm)
Telhado 01	3,2	0,011	262,0	125
	3,2	0,011	262,0	125
Telhado 02	3,2	0,011	291,5	125
	3,2	0,011	291,5	125
Telhado 03	3,2	0,011	228,3	125
	3,2	0,011	228,3	125
Telhado 04	3,2	0,011	172,6	100
	3,2	0,011	172,6	100
Telhado 05	3,2	0,011	117,3	100
	3,2	0,011	117,3	100

Telhado 06	3,2	0,011	61,5	100
	3,2	0,011	61,5	100
Telhado 07	3,2	0,011	245,0	125
	3,2	0,011	245,0	125

Fonte: A autora (2021).

#### 4.9 Volume aproveitável da precipitação média mensal

Após obter os valores de precipitação média mensal e da equação de volume aproveitável encontramos o volume estimado de água pluvial aproveitável em cada mês.

Tabela 9: Volume aproveitável da precipitação média mensal

Mês	Prec. Média (mm)	Á. Captação (M2)	Runo ff	Rend. Filtro	Volume (L)	Volume (M3)
Janeiro	245	1163,6	0,95	0,85	230204,2	230,2
Fevereiro	363,4				341453,9	341,5
Março	71,8				67463,9	67,5
Abril	22				20671,4	20,7
Mai	25,4				23866,1	23,9
Junho	1,4				1315,5	1,3
Julho	0,8				751,7	0,8
Agosto	5,2				4886,0	4,9
Setembro	1,6				1503,4	1,5
Outubro	51,4				48295,9	48,3
Novembro	92,6				87007,8	87,0
Dezembro	437,6				411172,9	411,2

Fonte: A autora (2021).

#### 4.10 Dimensionamento dos reservatórios

#### 4.10.1 Dimensionamento do reservatório inferior

Após determinar o volume aproveitável da precipitação média mensal foi possível realizar o dimensionamento do reservatório inferior da escola com o objetivo de reservar um volume suficiente para suprir a demanda da instituição de água não potável.

Para o dimensionamento do reservatório em questão, utilizou-se o método de Rippl. A tabela a seguir estabelece o volume total do reservatório a partir do valor de demanda mensal de água não potável equivalente a 52,10 m<sup>3</sup>/mês e dos valores aproveitáveis apresentados pela tabela 10.

Tabela 10: Dimensionamento do reservatório inferior pelo método de Rippl

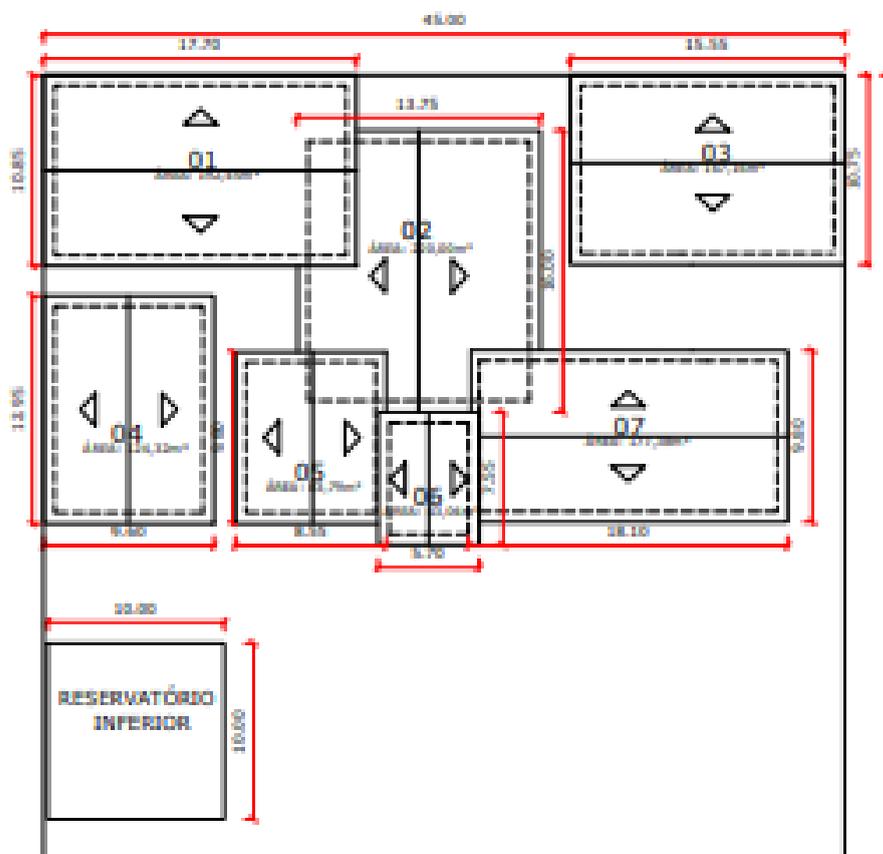
Mês	Cons. Mensal	Vol. Mensal	Vol. Resul.
Janeiro	52,1	230,2	178,1
Fevereiro	52,1	341,5	289,4
Março	52,1	67,5	15,4
Abril	52,1	20,7	-31,4
Maiο	52,1	23,9	-28,2
Junho	52,1	1,3	-50,8
Julho	52,1	0,8	-51,3
Agosto	52,1	4,9	-47,2
Setembro	52,1	1,5	-50,6
Outubro	52,1	48,3	-3,8
Novembro	52,1	87,0	34,9
Dezembro	52,1	411,2	359,1
Volume do Reservatório Inferior			368,0

Fonte: A autora (2021).

O reservatório será do tipo enterrado com volume útil de 400m<sup>3</sup>, sua estrutura será em concreto armado e possuirá as seguintes dimensões 10,0 m x 10,0 m x 5,00 m (comprimento x largura x altura), um metro de altura será destinado a disposição das

tubulações e o restante será para a reservação da água de chuva. A figura 6 mostra a localização do reservatório na instituição de ensino.

Figura 4 - Localização do reservatório inferior na Escola Municipal Fazenda Águas Verdes



Fonte: A autora (2021).

#### 4.10.2 Dimensionamento do reservatório superior

O reservatório superior foi dimensionado para atender a população máxima de 575 pessoas, considerando 3450,00 l/dia de água não potável. Sendo assim para a edificação em estudo será necessário utilizar um reservatório superior em polietileno cuja capacidade seja de 5000 litros.

Analisando os resultados obtidos, observou-se que os meses de maior índice de precipitação da região são os meses de dezembro, janeiro, fevereiro e março, que são os meses correspondentes à estação do verão. Já os meses de junho, julho, agosto e setembro, que correspondem à estação do inverno, tiveram os menores índices de precipitações.

## 5 CONCLUSÃO

A partir do estudo realizado, foi possível dimensionar todo o sistema de aproveitamento de água pluvial para a Escola Municipal Fazenda Águas Verdes, para uma possível implantação do sistema na instituição.

Para a realização do estudo foi necessário analisar fatores hidrológicos importantes para o município de Boa Esperança, encontrando que a intensidade de precipitação equivale a 141,50 mm/h. Através das visitas técnicas ao local de estudo, pudemos determinar que a área de contribuição da instituição é de 1163,60m<sup>2</sup> e a vazão de projeto é de 2744,1 l/m.

Posteriormente, foi possível dimensionar as calhas e condutores necessários para compor o dimensionamento do projeto em questão. Através de todos os dados encontrados, foi possível concluir que para atender a demanda da escola será necessário um reservatório inferior com capacidade para armazenar um volume de 400m<sup>3</sup> e um superior com a capacidade para 5.000 litros.

Com o uso inconsciente da água nos últimos anos, prejudicando o cenário ambiental, torna-se essencial a utilização de métodos sustentáveis no nosso planeta, buscando minimizar os impactos ambientais. O sistema de aproveitamento de água pluvial busca diminuir os danos causados pelo uso irracional da água e preservar esse importante recurso natural.

O presente Trabalho de Conclusão de Curso, apresentou o dimensionamento e de um sistema de aproveitamento de água da pluvial para a edificação da Escola Municipal Fazenda Águas Verdes, visando tornar a edificação mais sustentável e diminuindo o consumo de água potável.

Sendo assim, conclui-se que a área de contribuição da edificação em estudo e os reservatórios dimensionados estarão aptos para atender a demanda de água não potável da escola e suprir as necessidades do local.

Por fim, de modo a estabelecer uma melhoria no trabalho, sugere-se que posteriormente sejam realizados o dimensionamento do reservatório juntamente com a análise financeira para a execução do projeto proposto a fim de possibilitar a execução do projeto.

## **RAINWATER PROJECT FOR THE MUNICIPAL SCHOOL ÁGUAS VERDES OF BOA ESPERANÇA- MG**

Water is vital for all humans and its conscientious use is an issue of increasing relevance in the architecture, engineering and construction markets. Environmental awareness has been gradually introduced through projects for the use and reduction of this natural resource. In this context, the development of this work has as its main objective to propose a project for the use of rainwater for the Municipal School Águas Verdes located in the rural area of the municipality of Boa Esperança-MG. At first, a bibliographic study was carried out on the methodologies for using rainwater and the necessary technical standards. Subsequently, studies were carried out to determine the region's historical precipitation series, the project's contribution area and the population served. Based on the data found, it was possible to partially dimension the rainwater harvesting system, determining the precipitation intensity, the project flow, vertical and horizontal conductors and estimating the non-drinking water demand of the school and its useful volume. Therefore, it is understood that the use of rainwater, in addition to being a sustainable option, brings great benefits to society

**Keywords:** Rainwater. Use of Rainwater. Environmental Awareness. Capture System. Sizing

### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10844: **Instalações prediais de águas pluviais**. Rio de Janeiro: ABNT, 1989.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15527: **Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - Requisitos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2007.

OLIVEIRA, Lúcia Helena de; CARDOSO, Cleverson Gomes. **Índices de desperdício de água em edifícios residenciais multifamiliares de** Goiânia 2002. Disponível em: <[http://www.infohab.org.br/entac2014/2002/Artigos/ENTAC2002\\_1887\\_1896.pdf](http://www.infohab.org.br/entac2014/2002/Artigos/ENTAC2002_1887_1896.pdf)>. Acesso em: 25 Fev. 2021.

OLIVEIRA, Lúcia Helena de; GONÇALVES, Orestes Marraccini. **Metodologia para a implantação de programa de uso racional da água em edifícios. 1999. 1 v. Tese (Doutorado)** - Curso de Engenharia Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento da Água de Chuva.** São Paulo: Navegar, 2003.

TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis: Capítulo 05 -Coeficiente de *run off*.** Plínio Tomaz, 2009b.

TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis: Capítulo 09 - Método de Rippl.** Plínio Tomaz, 2011.

TOMAZ, Plínio. **Cálculos hidrológicos e hidráulicos para obras municipais: Capítulo 03 - Período de retorno.** Plínio Tomaz, 2015.

MARINOSKI, A K. **Aproveitamento de água pluvial para fins nos potáveis em instituição de ensino:** Estudo de caso em Florianópolis – SC. Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina como parte dos requisitos para conclusão de curso. Universidade de Santa Catarina, 2007.

WWAP. Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos. **Água para um mundo sustentável – Sumário executivo, 2015.**