

**ESTUDO DE CASO: CAPTAÇÃO E APROVEITAMENTO DE ÁGUA  
PLUVIAL NA ESCOLA ESTADUAL DR. LAURO CORREA DO AMARAL NO  
MUNICÍPIO DE GUAPÉ – MG**

**CASE STUDY: RAINWATER HARVESTING AND APPROVAL AT THE DR.  
LAURO CORREA DO AMARAL STATE SCHOOL**

**Estela Marques Soares <sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Centro Universitário do Sul de Minas, Varginha, Minas Gerais,  
estela.soares@alunos.unis.edu.br.

**RESUMO**

O trabalho apresenta um estudo de caso sobre a captação e o aproveitamento de água pluvial na Escola Estadual Dr. Lauro Corrêa do Amaral, em Guapé/MG, visando propor uma alternativa sustentável diante da escassez e do alto consumo de água potável. Foram realizadas pesquisas técnicas e acadêmicas, além da análise de dados pluviométricos e características da edificação, para embasar o dimensionamento de calhas, condutores e reservatórios. Os resultados obtidos permitiram definir a melhor forma de implantação do sistema e demonstraram a viabilidade da utilização da água da chuva como complemento ao abastecimento.

Palavras-chave: Aproveitamento de água pluvial; Sustentabilidade; Dimensionamento.

**1. INTRODUÇÃO**

O trabalho tem como objetivo dimensionar um sistema de captação e aproveitamento de água pluvial para a Escola Estadual Dr. Lauro Corrêa do Amaral, em Guapé/MG, visando reduzir o consumo de água potável e promover o uso sustentável dos recursos hídricos. Considerando a escassez de água potável e a má distribuição hídrica no Brasil, o estudo propõe o uso da água da chuva em atividades não potáveis, como limpeza, irrigação e descargas sanitárias. Foram analisadas as características da edificação, a área de captação, os índices pluviométricos e os dispositivos hidráulicos existentes, seguindo as normas técnicas aplicáveis. Por fim, o dimensionamento busca verificar se o volume de precipitação disponível é suficiente para atender à demanda não potável da escola, contribuindo para a sustentabilidade e autonomia hídrica.

### **1.1. Problema de pesquisa**

De que forma a implantação de um sistema de captação e aproveitamento de água pluvial pode contribuir para a redução do consumo de água potável em edificações não residenciais, considerando a viabilidade ambiental?

## **2. OBJETIVO**

### **2.1. Objetivo Geral**

Dimensionar um sistema de captação, armazenamento e distribuição da água pluvial na Escola Estadual Dr. Lauro Correa do Amaral no município de Guapé - MG, a fim de reduzir o consumo de água tratada e assim, contribuir com a sustentabilidade e recursos naturais.

### **2.2. Objetivos Específicos**

Coletar e analisar dados meteorológicos da região para estimar a disponibilidade de água pluvial ao longo do ano.

Dimensionar um sistema de captação, armazenamento e distribuição de água pluvial adequado à infraestrutura da escola, considerando área de telhado, volume de precipitação e demanda de consumo.

### **2.3. Justificativa**

Diante da escassez de água potável e do alto desperdício, o estudo propõe a implantação de um sistema de captação e aproveitamento de água pluvial na Escola Estadual Dr. Lauro Corrêa do Amaral como uma alternativa sustentável para reduzir o uso de água tratada em atividades não potáveis. Além de gerar economia e eficiência, a iniciativa pode servir como modelo educativo, promovendo a conscientização e a preservação dos recursos naturais.

## **3. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **3.1. Água potável e água não potável**

O Ministério da Saúde (2021) afirma que, toda a água destinada ao consumo humano (seja utilizada para ingestão, preparo e cozimento de alimentos, higiene pessoal, limpeza ou qualquer outra forma de uso doméstico) deve obrigatoriamente passar por um controle de vigilância da qualidade da água, garantindo que suas condições físico-químicas e microbiológicas estejam dentro dos padrões estabelecidos pelas normas de saúde pública, de modo a prevenir possíveis riscos e danos à saúde da população.

### **3.2. A captação da água da pluvial**

De acordo com a norma NBR 15527:2019 da ABNT, o funcionamento de um sistema de captação de água pluvial possui as seguintes etapas: a água da chuva é coletada por áreas impermeáveis como o telhado, em seguida passa por condutores como as calhas e é direcionada para o pré-tratamento e descarte. Em seguida, água passa pelo reservatório e, posteriormente, bombeada para sua utilização.

### **3.3. Precipitação**

A precipitação é a água proveniente do vapor atmosférico que alcança a superfície terrestre em formas como chuva, granizo, neve ou orvalho, sendo a chuva a mais significativa no contexto hidrológico brasileiro (Rodrigues, 2017). Sua formação ocorre pela ascensão e resfriamento de massas de ar úmido, levando à condensação do vapor d'água em gotas que, ao se tornarem mais pesadas, precipitam-se sobre a Terra (Barbosa Jr., 2007).

#### **3.3.1. Intensidade de precipitação**

Diversas fontes apresentam equações diferentes para estimar a intensidade da chuva, resultando em variações nos cálculos. Para padronizar esses dados, a Universidade Federal de Viçosa (1997), em parceria com os Departamentos de Engenharia Agrícola e Civil, desenvolveu o software Plúvio, que fornece equações de chuvas intensas para diversas regiões do Brasil. Assim, foi adotada a metodologia baseada na equação de intensidade, duração e frequência (IDF) da precipitação.

### 3.4. Estimativa de demanda de água não potável para fins comerciais

Segundo Tomaz (2009c), o consumo de água varia conforme a atividade: 9 L por descarga, 2 L/m<sup>2</sup> por dia para limpeza e irrigação, e 150 L por lavagem de veículo. Em escolas, as descargas ocorrem em média uma a duas vezes ao dia, jardins são irrigados de uma a duas vezes por semana e pátios limpos com frequência semelhante, enquanto veículos são lavados cerca de quatro vezes por mês.

### 3.5. Componentes de um sistema de aproveitamento de água pluvial

#### 3.5.1. Área de captação

De acordo com a NBR 15527:2019 da ABNT, a área de captação corresponde à projeção horizontal da superfície impermeável da cobertura onde a água é captada. Assim, conforme a NBR 10844:1989 da ABNT, as paredes que contornam a cobertura não devem ser incluídas no cálculo dessa área. A figura 1 apresenta a área de captação:

Figura 1 - Área do telhado para coleta



Fonte: Waterfall (2002 apud MAY, 2004).

#### 3.5.2. Área de contribuição

Conforme a NBR 10844:1989 da ABNT, a área de contribuição é a soma das superfícies que direcionam a água da chuva para um ponto de captação, devendo-se considerar a inclinação do telhado e das paredes no dimensionamento do sistema.

### 3.5.3. Vazão de projeto

De acordo com a NBR 10844:1989 da ABNT, a vazão de projeto é a vazão de referência usada no dimensionamento de calhas e condutores. A água captada pela área de contribuição é conduzida por esses elementos até o reservatório, onde será armazenada para uso.

### 3.5.4. Coeficiente de Runoff

Conforme a NBR 15527:2019 da ABNT, o coeficiente de Runoff representa a relação entre o volume de água escoado superficialmente e o volume total de chuva recebido, variando de acordo com o tipo de superfície onde ocorre a precipitação.

### 3.5.5. Calhas

Conforme a NBR 10844:1989 da ABNT, as calhas são canais que coletam e conduzem a água de coberturas, podendo ser de água furtada, beiral ou platibanda. Devem ser centralizadas sob a extremidade da cobertura, com inclinação mínima de 0,5% e uniforme, enquanto a inclinação das calhas de água furtada é definida pelo projeto. Já o dimensionamento das calhas, segundo a NBR 10844:2019 da ABNT, deve ser realizado por meio da fórmula de Manning-Strickler ou equivalente.

### 3.5.6. Condutores verticais

Segundo a NBR 10844:1989 da ABNT, o condutor vertical é a tubulação que conduz a água das calhas até a base do edifício. Deve ser instalado em linha contínua, com desvios feitos por curvas de 45° ou 90° de raio longo e dispositivos de inspeção. Pode ser interno ou externo e deve ter diâmetro mínimo de 70 mm.

### 3.5.7. Condutores horizontais

Segundo a NBR 10844:1989 da ABNT, o condutor horizontal conduz águas pluviais até locais permitidos, devendo ter inclinação mínima de 0,5%. Para tubos circulares, o escoamento deve atingir até dois terços do diâmetro interno, e as vazões são calculadas pela fórmula de Manning-Strickler.

### 3.5.8. Reservatórios

De acordo com a NBR 15527:2019 da ABNT, existem seis métodos para o dimensionamento de reservatórios de água de chuva: Rippl, Simulação, Azevedo Neto, Prático Alemão, Prático Inglês e Prático Australiano, cabendo ao autor escolher o mais adequado ao projeto. Entre eles, o método de Rippl é o mais utilizado por sua simplicidade e facilidade de aplicação, permitindo determinar o nível máximo de água no reservatório (Tomaz, 2011b).

## 4. MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.1. Local de Estudo

O trabalho apresenta um estudo aplicado na Escola Estadual Dr. Lauro Corrêa do Amaral, em Guapé/MG, utilizando o projeto arquitetônico, visitas técnicas e entrevistas com funcionários para obter as informações necessárias ao dimensionamento. Esses levantamentos possibilitam compreender o histórico, os objetivos e as áreas de atuação da escola.

### 4.2. Definições da intensidade de precipitação

Com base na equação IDF e nos dados do software Plúvio, foram determinados os valores de intensidade de chuva para Guapé-MG, considerando os parâmetros normativos de período de retorno ( $T$ ) e duração ( $t$ ).

$$Im = \frac{K \times T^a}{(t + b)^c} \quad (1)$$

Onde:

$Im \rightarrow$  é a intensidade máxima média de precipitação, expressa em milímetros por hora (mm/h);  $K \rightarrow$  é um parâmetro relativo à localidade;  $T \rightarrow$  é o período de retorno, expresso em anos;  $a \rightarrow$  é um parâmetro relativo à localidade;  $t \rightarrow$  é a duração da precipitação, expressa em minutos (min);  $b \rightarrow$  é um parâmetro relativo à localidade;  $c \rightarrow$  é um parâmetro relativo à localidade.

Com o uso do software Plúvio, o usuário pode acessar os valores dos coeficientes (K, a, b, c), que são específicos para cada região analisada, permitindo assim a aplicação da equação IDF mencionada anteriormente.

### 4.3. Determinação da área de cobertura contribuinte

A área e a inclinação do telhado serão definidas com base no projeto arquitetônico. Com esses dados, será calculada a área de contribuição para captação de água pluvial, conforme as fórmulas da NBR 10844:1989 aplicáveis a superfícies inclinadas.

$$\text{Área} = \left( a + \frac{h}{2} \right) \times b \quad (2)$$

Onde:

a → metade da largura do telhado; h → altura do telhado; b → comprimento do telhado

### 4.4. Definição da vazão de Projeto

Com a área de contribuição e a intensidade de precipitação definidas, é possível determinar a vazão de projeto (item 3.10.3), que representa o volume de água captado pela cobertura. Esse valor servirá de base para o dimensionamento das calhas e condutores.

$$Q = \frac{I \times A}{60} \quad (3)$$

Onde:

Q → é a vazão de projeto, expressa em litros por minuto (L/min); I → é a intensidade pluviométrica, expressa em milímetros por hora (mm/h); A → é a área de contribuição, expressa em metros quadrados (m<sup>2</sup>).

### 4.5. Dimensionamento dos componentes do sistema

#### 4.5.1. Dimensionamento das calhas

Com base na fórmula de Manning-Strickler será determinado a seção das calhas a serem utilizadas na cobertura em estudo indicado pela NBR10844.

$$Q = K \times \frac{S}{n} \times R h^{\frac{2}{3}} \times i^{\frac{1}{2}} \quad (4)$$

$$Rh = \frac{P}{S} \quad (5)$$

Onde:

$Q$  → é a vazão de projeto, expressa em litros por minuto (L/min);  $S$  → é a área da seção molhada, expressa em metros quadrados (m<sup>2</sup>);  $n$  → é o coeficiente de rugosidade (tabela 3);  $R$  → é o raio hidráulico, expresso em metros (m);  $P/H = P/S$  → é o perímetro molhado, expresso em metros (m);  $i$  → é a declividade da calha, em metro por metro (m/m);  $K$  → valor igual a 60.000;

Os coeficientes de rugosidade para plástico, fibrocimento, aço e metais não ferrosos são de valor =0,011.

#### 4.5.2. Dimensionamento dos Condutores Verticais

Para captar o volume de água transportado pelas calhas, serão instalados tubos verticais conectados aos bocais. Esses tubos serão feitos de PVC (policloreto de vinila) e seu dimensionamento será realizado com base no método Frutuoso de Dantas:

$$Q = 0,0039 \times d^2 \times H^{0,5} \quad (6)$$

Onde:

$Q$  = é a vazão de projeto;  $d$  = diâmetro;  $H$  = altura da lâmina d'água

#### 4.5.3. Dimensionamento dos condutores horizontais

O dimensionamento dos condutores horizontais considera a vazão de projeto, a declividade e o coeficiente de rugosidade ( $n=0,011$ ). A NBR fornece, na Tabela 1, as vazões para diferentes materiais e inclinações, calculadas pela fórmula de Manning-Strickler.

Tabela 1: Capacidade dos condutores horizontais de seção circular (vazões 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
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	486
4	125	370	521	735	1040	339	478	674	956	313	441	622	882
5	150	602	847	1190	1690	552	777	1100	1550	509	717	1010	1430
6	200	1300	1820	2570	3650	1190	1670	2360	3350	1100	1540	2180	3040
7	250	2350	3310	4660	6620	2150	3030	4280	6070	1990	2800	3950	5600
8	300	3820	5380	7590	10800	3500	4930	6960	9870	3230	4550	6420	9110

Fonte: Adaptada da ABNT (1989).

#### 4.5.4. Determinação do volume aproveitável da precipitação média mensal

Para dimensionar adequadamente o reservatório de armazenamento, é fundamental calcular o volume de precipitação média mensal que pode ser efetivamente aproveitado, de modo a suprir toda a demanda de água não potável da edificação. Para isso, aplica-se a seguinte equação:

$$V = P \times A \times C \times \eta \quad (7)$$

Onde:

$V \rightarrow$  é o volume da cisterna, expressa em litros (L);  $P \rightarrow$  é a precipitação média mensal, expressa em milímetros (mm);  $A \rightarrow$  é a área do telhado em projeção em metros quadrados ( $m^2$ );  $C \rightarrow$  é o coeficiente de Runoff do telhado (adimensional) = 0,95;  $\eta \rightarrow$  é o rendimento do dispositivo de carga de lavagem do sistema = 0,85;

#### 4.5.5. Dimensionamento dos reservatórios

Para suprir toda a demanda de água não potável da edificação, serão dimensionados três reservatórios, sendo um enterrado (maior capacidade) e dois elevados (menor porte). O reservatório inferior será dimensionado pelo Método de Rippl, conforme descrito a seguir.

$$S_{(t)} = D_{(t)} - Q_{(t)} \quad (8)$$

$$Q_{(t)} = C \times \text{Precipitação da Chuva}_{(t)} \times \text{Área de Captação} \quad (9)$$

$$V = \sum_{(t)} S_{(t)} \text{ Somente Para Valores } S_{(t)} > 0 \quad (10)$$

Onde:

$S(t)$  → volume de água no reservatório em um intervalo de tempo;  $Q(t)$  → volume de chuva utilizável em um intervalo de tempo;  $D(t)$  → demanda ou consumo em um intervalo de tempo;  $V$  → volume requerido para reservatório;  $C$  → coeficiente de escoamento superficial.

Já os reservatórios superiores terão sua capacidade definida a partir da avaliação dos valores correspondentes ao consumo diário de água não potável da edificação.

## 5. RESULTADOS E DISCUÇÕES

### 5.1. Local de estudo e informações sobre a escola

A Escola Estadual Dr. Lauro Correa do Amaral foi construída no início da década de 80. Ela é composta por quatro blocos e uma quadra poliesportiva. Ela possui dois banheiros no bloco 2, sendo um feminino com 4 vasos sanitários e outro masculino também com 4 vasos sanitários. A quadra poliesportiva possui 620m<sup>2</sup>. A escola também possuiu uma área gramada de 212,32m<sup>2</sup>. A imagem 11 mostra a vista aérea da escola. Atualmente existem cerca de 526 pessoas na escola, incluindo alunos e servidores. Sendo eles: 240 alunos/servidores femininos e 286 alunos/servidores masculinos.

### 5.2. Gastos de água potável no local de estudo

Para estimar o consumo de água na Escola Dr. Lauro Corrêa do Amaral, foi realizada uma entrevista com alunos e funcionários por meio de um questionário, a fim de identificar a frequência média de uso do vaso sanitário e das descargas. Com base nas respostas, elaborou-se a tabela 2, que apresenta os resultados obtidos.

Tabela 2: Resultado na enquete da utilização no vaso sanitário na escola Dr. Lauro Correa do Amaral

Grupo	Mulheres	Homens
Total	240	286
Não utiliza o vaso sanitário	137	155
Utiliza 1 vez/dia e aciona a descarga	96	-
Utiliza 1 vez/dia e não aciona a descarga	-	88
Utiliza 1-2 vezes/dia e aciona a descarga	7	43

Fonte: A autora (2025)

### 5.3. Estimativa de precipitação média mensal

Foram analisadas as precipitações médias mensais de Guapé com base em registros de 30 anos disponíveis no site Clima Tempo (2025). A tabela 3 apresenta os dados de chuva e temperatura ao longo do ano, permitindo identificar os períodos mais chuvosos, secos, quentes e frios da região.

Tabela 3: Precipitação média em um período de 30 anos na cidade de Guapé

Mês	Mínima	Máxima	Precipitação (mm)
Janeiro	20°	27°	275
Fevereiro	20°	27°	176
Março	19°	26°	179
Abril	18°	25°	64
Mai	15°	23°	40
Junho	14°	22°	18
Julho	13°	23°	13
Agosto	14°	25°	15
Setembro	16°	27°	59
Outubro	18°	27°	110
Novembro	19°	26°	193
Dezembro	19°	26°	274

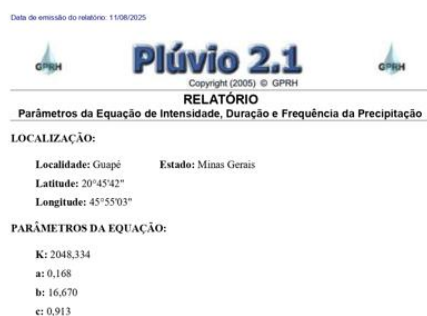
Fonte: Adaptado Site Clima Tempo (2025).

Com base na tabela apresentada, conclui-se que em Guapé os meses mais chuvosos e quentes são janeiro e dezembro, enquanto julho e agosto apresentam menor precipitação e temperaturas mais baixas

### 5.4. Cálculo de intensidade e precipitação

Para calcular a intensidade de precipitação no município de Guapé/MG, foi utilizada a equação de Intensidade, Duração e Frequência (IDF) de precipitação e os valores de (K, a, b, c), informados pelo software Plúvio 2.1, conforme apresentado na figura 2 a seguir.

Figura 2: Parâmetros para cálculo da Intensidade de Precipitação em Guapé/MG



Fonte: Software Plúvio 2.1 (2025).

Considerando um período de retorno de 5 anos e uma duração de 5 minutos, conforme a NBR 10844:1989/ABNT, calcula-se a intensidade de precipitação para o município de Guapé/MG, apresentada abaixo:

$$I_m = \frac{2048,334 \times 5^{0,168}}{(5 + 16,67)^{0,913}} = 161,88 \text{ mm/h}$$

### 5.5. Cálculo da área de contribuição

Com base nas visitas técnicas e na análise do projeto arquitetônico, foram obtidas as dimensões da cobertura da quadra, possibilitando o cálculo da área de contribuição.

$$\text{Área de contribuição de uma aba} = \left( 11,16 + \frac{1,70}{2} \right) * 33,18 = 398,49 \text{ m}^2$$

### 5.6. Cálculo da vazão de projeto

Com os valores de intensidade de chuva e área contribuinte da quadra poliesportiva, determinou-se a vazão de projeto, essencial para o dimensionamento das calhas e condutores do sistema.

$$Q = \frac{161,88 * 398,49 * 0,9}{60} = 967,61 \text{ litros/min}$$

### 5.7. Cálculo da estimativa de consumo de água potável

Com base nas contas mensais do SAAE entre setembro de 2024 e agosto de 2025, foi calculada a média do consumo de água da escola, conforme a tabela 4. Esse valor representa o consumo médio histórico e servirá para estimar o uso de água potável por colaborador da edificação.

Tabela 4: Consumo médio histórico representativo.

Nº	Data	Média diária (L/dia)	Verificação	Média diária (L/dia)
1	Set/24	4370,0	Ok	4370,0
2	Out/24	2660,0	Ok	2660,0
3	Nov/24	2820,0	Ok	2820,0
4	Dez/24	2380,0	Ok	2380,0
5	Jan/25	330,0	Leitura fora da taxa	-
6	Fev/25	1060,0	Ok	1060,0
7	Mar/25	3830,0	Leitura fora da taxa	-
8	Abr/25	3640,0	Leitura fora da taxa	-
9	Mai/25	2800,0	Ok	2800,0
10	Jun/25	3870,0	Ok	3870,0
11	Jul/25	2680,0	Ok	2680,0
12	Ago/25	2390,0	Ok	2390,0
Média		2735,833	Consumo médio histórico (L/dia)	2781,11

Fonte: a autora.

### 5.8. Cálculo da estimativa de demanda de água não potável

Para estimar o consumo de água não potável, considerou-se o uso real da escola: irrigação do jardim duas vezes por semana, lavagem da quadra a cada 15 dias e utilização das bacias sanitárias por 150 pessoas, uma vez ao dia. Com base nesses dados, foram realizados os cálculos de consumo correspondentes.

$$\text{Consumo de descargas} = 12 \text{ L/desc} * 150 \text{ pessoas} * 1 \text{ vez/dia} = 1800 \text{ L}$$

Durante as visitas técnicas, foram identificadas as áreas destinadas à irrigação e à lavagem, sendo o jardim com 212,32 m<sup>2</sup> e a quadra com 620,0 m<sup>2</sup>. A partir dessas medições, foram realizados os cálculos de consumo de água não potável para essas atividades.

$$\text{Consumo rega de jardins} = 2,0 \text{ L} * 212,32 \text{ m}^2 = 424,64 \text{ L/regas}$$

$$\text{Consumo lavagem da quadra} = 2,0 \text{ L} * 620,0 \text{ m}^2 = 1240,0 \text{ L/lavagem}$$

Levando em conta que a irrigação dos jardins ocorrerá duas vezes por semana e que a lavagem da quadra será realizada a cada 15 dias, foi elaborada a Tabela 5, apresentando a estimativa do consumo semanal de água não potável na edificação.

Tabela 5: Estimativa de demanda semanal de água não potável.

Nº	Dia da semana	Uso	Demanda diária para 150 colaboradores (L)
1	Segunda-feira	Bacia sanitária	1800,00
2	Terça-feira	Bacia sanitária + Rega jardins	2224,64
3	Quarta-feira	Bacia sanitária	1800,00
4	Quinta-feira	Bacia sanitária	1800,00
5	Sexta-feira	Bacia sanitária + Rega jardins + Lavagem pátios	3464,64
6	Sábado	Sem uso	0,00
7	Domingo	Sem uso	0,00

Fonte: a autora.

Com base na Tabela 5, foi estimada a demanda mensal de água não potável da edificação, considerando 23 dias de funcionamento. Nesse período, a irrigação dos jardins ocorrerá até 9 vezes e a lavagem da quadra até 2 vezes, conforme a frequência prevista para cada atividade.

$$\text{Consumo mensal} = 23 \times 1800 + 9 \times 424,64 + 2 \times 1240,0 = 47701,76 \text{L/mês}$$

Vale atentar-se que no mês de janeiro não tem aula, com isso tem apenas 9 funcionários trabalhando de segunda a sexta, a rega do jardim é feita normalmente e não há limpeza da quadra, já nos meses de julho e dezembro o período de aula são de apenas 15 dias, reduzindo o consumo de água em uma média de 40%. Então os gastos de janeiro, julho e dezembro são expressadas a seguir:

$$\text{Consumo em janeiro} = 9,0 \text{ funcio/dia} \times 12,0 \text{ litros/desc} \times 23 \text{ dias vez}$$

$$\text{Consumo em janeiro} = 2484 \text{ L/min}$$

$$\text{Consumo de jul e dez} = 47701,76 \times 60\% = 28621,10 \text{ L/min}$$

## 5.9. Dimensionamento dos componentes do sistema

### 5.9.1. Dimensionamento das calhas

Para o dimensionamento das calhas considera-se os seguintes fatores: duas calhas, uma em cada lateral do telhado da quadra que recebe 50% da vazão de projeto.

Calculo da capacidade da calha:

$$\text{Área molhada} = 20\text{cm} \times 15\text{cm} = 300\text{cm}^2 \rightarrow 0,03\text{m}$$

$$\text{Perímetro molhado} = 15\text{cm} + 20\text{cm} + 15\text{cm} = 50\text{cm} \rightarrow 0,50\text{m}$$

$$Raio\ hidraulico = \frac{0,03}{0,50} = 0,06m$$

$$Q = 60.000 * \left(\frac{0,03}{0,011}\right) * (0,5^{\frac{2}{3}}) * (0,50\%^{\frac{1}{2}}) = 1773,37L/min$$

A capacidade da calha é maior que a vazão de projeto, sendo assim ela atende a vazão.

Para evitar um desnível acentuado de cerca de 16 cm entre o início e o final da calha, optou-se pela instalação de duas calhas no mesmo lado da cobertura, partindo do ponto central do beiral em direção às extremidades. Com isso, o declive de cada calha é reduzido para aproximadamente 8 cm, e a vazão total do projeto é dividida em quatro áreas de contribuição do telhado, conforme apresentado na Tabela 6.

Tabela 6: Dimensionamento de calhas.

Calhas	Declividade (%)	Comprimento (m)	$n$	Vazão de projeto (L/min)	Desnível (m)	Medidas (cm)
C1 Beiral direito	0,5	16,60	0,011	483,81	0,08	20 x 18
C2 Beiral esquerdo	0,5	16,60	0,011	483,81	0,08	20 x 18

Fonte: a autora (2025).

A calha terá uma seção de 20cm de largura e 18cm de altura para que não ocorra um transbordamento.

### 5.9.2. Dimensionamento dos condutores verticais

A partir da equação de dimensionamento das calhas e da vazão de projeto atribuída a cada calha, iniciou-se a definição dos diâmetros dos condutores, conforme o método Frutuoso de Dantas:

$$483,81 = 0,0039 * d^2 * 150^{0,5} \rightarrow d = 100,64mm \rightarrow d\ adot = 125mm$$

### 5.9.3. Dimensionamento dos condutores horizontais

Considerando a vazão de projeto = 483,81, a declividade do condutor horizontal (0,50%) e o coeficiente de rugosidade ( $n=0,011$ ) é possível encontrar o valor do diâmetro do condutor horizontal na tabela de capacidade dos condutores horizontais de seção circular, sendo ele de 150mm.

#### 5.9.4. Volume aproveitável de precipitação média mensal

Com base nos valores de precipitação média mensal apresentados na Tabela 3 e aplicando a equação de volume aproveitável, elaborou-se a Tabela 7, que mostra a estimativa do volume de água pluvial passível de aproveitamento em cada mês do ano.

Tabela 7 – Estimativa de volume aproveitável de precipitação.

Mês	Precipitação média (mm)	Área de captação (m <sup>2</sup> )	Runoff	Rendimento do Filtro	Volume (L)
Janeiro	275,0	797,00	0,9	0,85	167668,9
Fevereiro	176,0				107308,1
Março	179,0				109137,2
Abril	64,0				39021,12
Mai	40,0				24388,2
Junho	18,0				10974,69
Julho	13,0				7926,165
Agosto	15,0				9145,575
Setembro	59,0				35972,6
Outubro	110,0				67067,55
Novembro	193,0				117673,1
Dezembro	274,0				167059,2

Fonte: a autora (2025).

Com os dados de volume aproveitável e precipitação média apresentados na tabela 15, será possível realizar o dimensionamento do reservatório inferior da edificação.

#### 5.9.5. Dimensionamento dos reservatórios

##### 5.9.5.1. Dimensionamento do reservatório inferior

Para dimensionar o reservatório de armazenamento inferior, garantindo que sua capacidade atenda à demanda da edificação, os cálculos foram realizados com base no método de Rippl. A Tabela 8 apresenta os resultados obtidos, considerando a demanda mensal de 47.701,46 L de água não potável e os volumes aproveitáveis determinando o volume total necessário para reserva. Ressalta-se que, no mês de janeiro, o reservatório permanece cheio devido à ausência de aulas, enquanto em julho e dezembro, o consumo é reduzido pela metade, pois há apenas 14 dias letivos antes do início das férias.

Tabela 8 - Dimensionamento do reservatório pelo método de Rippl.

Mês	Consumo Mensal (L)	Volume Aprox. Mensal (L)	Volume Resultante (L)
Janeiro	2484	167668,9	165.184,90
Fevereiro	47701,76	107308,1	59.606,34
Março	47701,76	109137,2	61.435,44
Abril	47701,76	39021,12	-8.680,64
Mai	47701,76	24388,2	-23.313,56
Junho	47701,76	10974,69	-36.727,07
Julho	28621,1	7926,165	-20.694,94
Agosto	47701,76	9145,575	-38.556,19
Setembro	47701,76	35972,6	-11.729,16
Outubro	47701,76	67067,55	19.365,79
Novembro	47701,76	117673,1	69.971,34
Dezembro	28621,1	167059,2	138.438,10

Fonte: a autora.

Com base na Tabela 8, observa-se que entre abril e setembro, período de menor precipitação, a captação de água pluvial não é suficiente para atender à demanda da escola. Nos meses mais chuvosos (janeiro, fevereiro, março, outubro, novembro e dezembro) o excedente coletado pode compensar essa deficiência. O déficit total, correspondente aos meses secos, foi de 139.701,55 litros, conforme indicado na Tabela 9, que apresenta a estratégia de uso da água excedente para equilibrar o abastecimento ao longo do ano.

Tabela 9: Utilização da água acumulada

Consumo mensal - volume de Aproveitamento	descarte dos valores negativos	balanço de Vazão
-165184,90	0,00	139.701,55
-59606,34	0,00	139.701,55
-61435,44	0,00	139.701,55
8680,64	8680,64	131.020,91
23313,56	23313,56	107.707,35
36727,07	36727,07	70.980,28
20694,94	20694,94	50.285,35
38556,19	38556,19	11.729,16
11729,16	11729,16	0,00
-19365,79	0,00	19.365,79
-69971,34	0,00	89.337,13
-138438,10	0,00	139.701,55

Fonte: A autora (2025)

Considerando a possibilidade de variações na precipitação, o reservatório inferior foi dimensionado para suprir o consumo por 30 dias, mesmo em períodos de estiagem. Será construído em concreto armado, de forma enterrada, com dimensões internas de 8,50 m x 6,0 m x 3,0 m, sendo 1 metro destinado às tubulações. Assim, sua capacidade total de armazenamento será de aproximadamente 153 mil litros de água pluvial.

#### 5.9.5.2. Dimensionamento do reservatório superior 1

Assim como o reservatório inferior, o reservatório superior também é dimensionado para suprir a demanda de água não potável da edificação. O primeiro reservatório será usado para a lavagem da quadra, rega do jardim e bacia sanitária da quadra, conforme descrito a seguir:

$$\text{Volume do reservatório superior 1} = \frac{(424,64 + 1240 + 1800) * 2}{5} = 1385,86 \text{ litros}$$

Com isso conclui que o reservatório superior 1 será de 1500 litros.

#### 5.9.5.3. Dimensionamento do reservatório superior 2

O reservatório 2 será destinado ao banheiro para a utilização das descargas das bacias sanitárias. As descargas gastam em média de 1800 litros por dia, então o reservatório terá uma capacidade de 2000 litros.

### 5.10. Análise da viabilidade de execução do sistema

Os resultados demonstram que o volume de água pluvial coletado é suficiente para atender à demanda de água não potável da escola. Nos meses de menor precipitação, a água armazenada dos períodos mais chuvosos será utilizada. Entretanto, devido à variabilidade das chuvas ao longo dos anos, recomenda-se um plano de contingência, no qual o reservatório do SAAE seja acionado para suprir a escola com água potável sempre que houver escassez de água pluvial.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho desenvolveu o dimensionamento de um sistema de captação e aproveitamento de água pluvial para a Escola Estadual Dr. Lauro Corrêa do Amaral, em Guapé/MG, identificando as demandas de consumo e a disponibilidade de chuva, além

de definir os principais componentes do sistema. O estudo ressaltou a importância do uso da água pluvial como alternativa sustentável diante da escassez hídrica, considerando sua eficiência, viabilidade e funcionalidade.

Foram analisadas as características da edificação e da região, obtendo-se uma intensidade média de precipitação de 161,88 mm/h e uma área de contribuição da cobertura de 398,49 m<sup>2</sup>. Com base nesses dados, foi determinada a vazão de projeto de 967,61 L/min. O consumo médio de água potável foi estimado em 2.781,11 L/dia, e a demanda mensal de água não potável em 47.701,76 L, considerando o uso em bacias sanitárias, irrigação e lavagem de pátios. Um questionário indicou que menos de 50% dos usuários acionam as descargas diariamente, permitindo estimar o volume efetivo de consumo.

Conforme explicado anterior no desenvolvimento do cálculo, a vazão de projeto encontrada permitiu determinar o diâmetro das calhas e condutores, necessários ao transporte da água até o reservatório de armazenamento. No dimensionamento da calha de beiral, optou-se pela instalação de duas calhas por lado, partindo do ponto central do beiral, reduzindo o desnível para 8 cm e distribuindo a vazão entre quatro áreas de contribuição. A seção final definida para a calha foi de 20 cm de largura, 18 cm de altura e 16,60 cm de comprimento, garantindo eficiência no escoamento da água coletada. Já o condutor vertical dimensionado foi definido um diâmetro de 125mm e os condutores horizontais de 150mm.

Foi realizado o dimensionamento dos reservatórios de armazenamento, divididos em inferior enterrado e superiores apoiados. O reservatório superior 1 foi projetado para atender a uma demanda de 1.500 litros e o superior 2 para 2.000 litros. Para o reservatório inferior, calculou-se o volume aproveitável de precipitação considerando a área de captação e a eficiência do sistema, verificando-se que o volume coletado seria suficiente para suprir a demanda mensal de água não potável. Contudo, por não se pode garantir a constância da precipitação, definiu-se a implantação de um reservatório com capacidade de 153.000 litros, suficiente para atender a edificação por 23 dias em períodos de estiagem. Dessa forma, os objetivos propostos no início do trabalho foram alcançados, e possibilitam o desenvolvimento do sistema hidráulico, assim como os demais componentes a serem instalados para o perfeito funcionamento do sistema

## ABSTRACT

This work presents a case study on rainwater harvesting and utilization at the Dr. Lauro Corrêa do Amaral State School in Guapé/MG, which involves a sustainable alternative in the face of scarcity and high consumption of potable water. Technical and academic research was carried out, in addition to the analysis of rainfall data and building characteristics, to support the sizing of gutters, downpipes, and reservoirs. The results obtained allowed defining the best way to implement the system and discovering the feasibility of using rainwater as a supplement to the water supply.

Keywords: Rainwater harvesting; Sustainability; Sizing.

## REFERENCIAS 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**: Aproveitamento de água de chuva de coberturas fins não potáveis – Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5626**: Sistemas prediais de água fria e água quente – Projeto, execução, operação e manutenção. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.

BARBOSA JR., A. R. **Precipitação. Hidrologia Aplicada** – CIV 226. Universidade Federal de Ouro Preto. [S. l.]: [s. n.], [s. d.]. Disponível em: <[https://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/17403/material/11Precipitacao\\_UFOP.pdf](https://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/17403/material/11Precipitacao_UFOP.pdf)>. Acesso em: 26 abr. 2025.

**CLIMATEMPO**. Climatologia: Guapé – MG. [S. l.], [s. d.]. Disponível em: <<https://www.climatempo.com.br/climatologia/4806/guape-mg>>. Acesso em: 20 maio 2025.

McMURRY, John E.; FAY, Robert C. Química. Tradução da 6ª edição norte-americana. São Paulo: Pearson, 2012.

Software Plúvio 2.1. **Chuvas intensas para o Brasil**. Disponível em: <<http://www.gprh.ufv.br/?area=softwares>>. Acesso em: 31 mai. 2025.

TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis**: Capítulo 03 – Previsão de consumo de água não potável. [S.l.]: Plínio Tomaz, 2009c. Disponível em: <[http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livros/Livro\\_aprov.\\_aguadechuva/Capitulo%2003.pdf](http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livros/Livro_aprov._aguadechuva/Capitulo%2003.pdf)>. Acesso em: 15 abr. 2025.

Universidade Federal de Viçosa (UFV). **Manual**. 1997. Disponível em: <<http://arquivo.ufv.br/ctq/terrace/Menu2.html>>. Acesso em: 19 abr. 2025.