

PROJETO DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL PARA FINS NÃO POTÁVEIS UMA ESCOLA MUNICIPAL DE BOA ESPERANÇA-MG

Laiz Moscardini Cruz Nascimento^{1*}

Prof. Esp. Geisla Aparecida Maia Gomes

RESUMO

Os sistemas de captação e aproveitamento de água da chuva são as alternativas com grande capacidade de amenizar gastos financeiros e inundações, apoiando a preservação do meio ambiente. O presente trabalho tem como propósito principal propor a criação do projeto de um sistema de captação e aproveitamento de água da chuva para a instituição de ensino, Escola Municipal Deputado José Aldo dos Santos, localizada no município de Boa Esperança-MG. Com o propósito de adquirir conhecimentos específicos sobre esses sistemas e atribuir o máximo de conhecimento necessário para a criação do projeto, foram executados amplos estudos em literaturas, normas técnicas. Foram feitos estudos para levantar dados equivalentes a séries históricas de precipitação que possibilitaram a caracterização do regime de chuva da região. Em sequência, foram obtidos valores relativos às extensões da edificação e extensão da cobertura. Além disso, foram obtidas as informações quanto o número de pessoas que usufruem do imóvel. Assim, depois de alcançar todos os dados essenciais, foi possível iniciar o dimensionamento parcial do sistema, no qual determinou-se a intensidade de precipitação, a área contribuinte, a vazão de projeto, a estimativa de demanda de água não potável, as calhas, os condutores verticais, o volume aproveitável de água da chuva e os reservatórios inferior e superior.

Palavras-chave: Aproveitamento de água pluvial. Sistema de Captação. Dimensionamento.

1 INTRODUÇÃO

A água se faz necessária em todos os segmentos da sociedade, desde fins mais nobres como consumo, higienização própria e de alimentos, além de fins não potáveis como construção de obras, limpeza de carros, irrigação, descargas sanitárias, entre outros. A

^{1*} Laiz Moscardini Cruz Nascimento. Aluna do Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário do Sul de Minas UNIS-MG. Email: laizmoscardini@outlook.

^{2**} Orientadora: Prof. Esp. Geisla Aparecida Maia Gome, Engenheira Civil, Mestranda em Estatística Aplicada. Docente no centro universitário do Sul de Minas.

construção civil tem demonstrado cada dia mais interesse sobre a importância de gerenciar a utilização da água, proporcionando a racionalização e o combate ao desperdício através de adoção de práticas mais sustentáveis, sobretudo o aproveitamento de água pluvial.

A busca por medidas eficientes de economia da água tem aumentado a cada dia, sendo um destaque o aproveitamento de águas pluviais. Assim, a água pluvial coletada pode ser utilizada para lavagem de roupas, calçadas, e de veículos, descarga de vasos sanitários e torneiras de jardins. Com o sistema de captação de água pluvial e reuso desse elemento, é possível diminuir o consumo de água potável, diminuindo assim a escassez desse elemento essencial.

Visando contribuir para a demanda de abastecimento da população, o objetivo geral deste trabalho é propor um sistema de captação e aproveitamento de água pluvial, averiguar o volume de chuva da região, apresentar um diagnóstico do sistema onde será realizado o estudo de caso, averiguar a vazão de projeto da cobertura, e além de estimar a demanda de água não potável, para a escola Municipal Deputado José Aldo dos Santos na cidade de Boa Esperança – MG.

2 LEGISLAÇÃO E NORMAS BRASILEIRAS PARA O APROVEITAMENTO DA ÁGUA DA CHUVA

Validado em 30 de setembro de 1998, a NBR 5626, intitulada “Instalação predial de água fria” tem como objetivo principal: estabelecer “exigências e recomendações” relativas ao projeto, execução e manutenção da instalação predial de água fria. As exigências e recomendações aqui estabelecidas emanam fundamentalmente do respeito aos princípios de bom desempenho da instalação e da garantia de potabilidade da água no caso de instalação de água potável” (BRASIL, ABNT, 1998).

Essa norma apresenta as definições de cada componente do sistema, além de fornecer os critérios para dimensionamento, execução e manutenção desses componentes, estabelecendo as seguintes exigências ao projeto, de modo que ele atenda aos seguintes requisitos durante a vida útil do projeto.

As condições gerais e o dimensionamento do sistema predial de água fria serão apresentados na sequência deste trabalho. Este sistema é composto por: alimentador predial,

reservatórios, instalação elevatória e rede predial de distribuição.

Surge a NBR 15.527, intitulada “Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis, tem como objetivo:

Fornecer os requisitos para o aproveitamento de água de chuva de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis. Aplica-se a usos não potáveis em que as águas de chuva podem ser utilizadas após tratamento adequado como, por exemplo, descargas em bacias sanitárias, irrigação de gramados e plantas ornamentais, lavagem de veículos, limpeza de calçadas e ruas, limpeza de pátios, espelhos d'água e usos industriais (BRASIL, ABNT, 2007).

3. ELEMENTOS QUE COMPÕEM UM SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL

Os componentes que integram um sistema de aproveitamento de água da chuva têm como encargo primordial, o funcionamento eficiente do processo de captação, filtração, armazenagem e distribuição da água captada por meio das precipitações. Assim, serão apresentados a seguir os elementos que estabelece este sistema e o seus métodos de dimensionamento.

3.1 Área de contribuição

Em concordância com a NBR 10844 (ABNT,1989), o cálculo da área de contribuição determina que deverão ser considerados os incrementos referentes à inclinação da cobertura.

3.2 Vazão de projeto

No momento em que acontecem as precipitações, a água pluvial é captada pelo telhado e rapidamente levada para as calhas e os condutores. Assim, a NBR 10844 (ABNT, 1989) define que a vazão de projeto é a vazão de referência para se dimensionar calhas e condutores. E conforme a norma, a vazão pode ser alcançada pela seguinte fórmula:

$$Q = \frac{I \times A}{60}$$

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 (m²).

3.4 Calhas

Conforme a NBR 10844 (ABNT, 1989) as calhas são elementos que recolhem e transmitem toda água de cobertura, terraços e similares, para um determinado local. Encontram-se três modelos diferentes de calha, sendo elas, a calha de água furtada, a calha de beiral e a calha de platibanda.

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

E para o dimensionamento, esta norma aponta que para o cálculo das calhas, deve-se utilizar a fórmula de Manning-Strickler juntamente com a do raio hidráulico, como pode-se ver a seguir:

$$Q = K \times \frac{S}{n} \times Rh^{2/3} \times I^{1/2}$$

$$Rh = \frac{S}{P}$$

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 (m²);

n - é o coeficiente de rugosidade;

Rh - 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.

3.5 Condutores verticais

Os condutores verticais de PVC, devem ser 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 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.

$$Q = 0,019 \times T o^{\frac{5}{3}} \times D^{\frac{8}{3}}$$

Onde:

Q = vazão de projeto, em L/min;

t = taxa de ocupação;

D = diâmetro interno, em mm

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. Então, será encontrado o diâmetro necessário para subir a vazão de projeto canalizada por cada calha e poderá ser adotado um diâmetro comercial igual ou superior ao achado pela equação

3.6 Condutores horizontais

Conforme a NBR 10844 (ABNT, 1989), os condutores horizontais ou as tubulações horizontais têm como função principal 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%. E 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.

3.7 Reservatórios

Em concordância com a NBR 15527 (ABNT, 2019), os reservatórios de água pluvial, no seu dimensionamento poderão ser empregados 6 (seis) métodos diferentes, ficando a cargo do projetista a escolha de qual melhor método para utilizar ao tipo de projeto que estiver sendo desenvolvido.

3.7.1 Método de Rippl

Para o método de Rippl, o dimensionamento pode ser efetuado usando séries históricas, mensais ou diárias.

$$S(t) = D(t) - Q(t)$$

$$V = \sum S(t) \text{ Somente Para Valores } S(t) > 0$$

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

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: $\sum D(t) < \sum Q(t)$

Conforme Tomaz (2011), o método de Rippl tornou-se o mais utilizado, devido à facilidade de aplicação e simplicidade. Normalmente, ele mostra o valor máximo do volume do reservatório, assim tornando-se de importante utilização para que se tenha uma referência do volume limite.

3.8 Indicador de consumo – IC

Conforme a definição de Oliveira e Gonçalves (1999), o indicador de consumo é propriamente a relação entre a quantidade de água consumida em um determinado intervalo de tempo com o número de consumidores encontrados neste mesmo período. E através dessa ligação, é possível encontrar o valor que mostra a quantidade de água que pode ser utilizada por cada pessoa nos variados modelos de imóveis.

Deste modo, conforme Oliveira e Cardoso (2002), o dimensionamento deste indicador de consumo, poderá ser executado pela seguinte fórmula:

$$IC = \frac{\text{Consumo de água do período}}{\text{nº de agentes consumidores x período de atividades}}$$

3.9 Estimativa de demanda de água não potável

Segundo Tomaz (2009), foram pesquisas suficientes para prever o consumo de água em determinados imóveis, e assim, utilizar esses dados para os cálculos.

Portanto, o autor demonstra alguns dados estimados que podem ser utilizados no dimensionamento, como pode-se notar na tabela 1 em sequência.

Tabela 1 : Demanda de água não potável.

Demanda	Unidade	Faixa
Uso Interno		
Vaso Sanitário - Volume	L/descarga	6 a 15
Vaso Sanitário - Frequência	Descarga/hab/dia	1 a 6
Lavagem de Roupas - Volume	L/ciclo	108 a 189
Lavagem de Roupas - Frequência	Carga/hab/dia	0,2 a 0,37
Uso Externo		
Gramado ou Jardim - Volume	L/dia/m ²	2
Gramado ou Jardim - Frequência	Lavagem/mês	1 a 12
Lavagem de Carro - Volume	L/lavagem/carro	80 a 150
Lavagem de Carro - Frequência	Lavagem/mês	1 a 4
Lavagem de Área Impermeável - Volume	L/lavagem/área	80 a 150
Lavagem de Área Impermeável - Frequência	Lavagem/mês	1 a 4
Manutenção de Piscinas	L/dia/m ²	3

Fonte: Adaptado de Tomaz (2003).

3.10 Intensidade de precipitação

Em relação ao propósito primordial de estimar a intensidade, a duração e a frequência (IDF) de chuva de um determinado localidade, a Universidade Federal de Viçosa (UFV, 1997) em conjunto com os Departamentos de Engenharia Agrícola e Engenharia Civil, criou o software Plúvio, que torna possível aos usuários por meio da seguinte equação para, obter as precipitações para várias regiões do Brasil.

$$Im = \frac{K \cdot x \cdot T^a}{(t + b)^c}$$

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.

Para se utilizar a fórmula retratada acima, será necessário consultar o software Plúvio para a obtenção dos valores de (K, a, b, c), no qual estes dados vão oscilar conforme com a região de dimensionamento.

De acordo com Tomaz (2015), o período de retorno (T), é o intervalo de tempo médio em que um determinado fenômeno hidrológico é igualado ou ultrapassado ao menos uma vez. Porém a NBR 10844 (ABNT, 1989) recomenda que este período de retorno (T) tem que ser determinado por meio das características da área a ser drenada, seguindo assim os valores demonstrados na tabela 9 abaixo, e determinando ainda, que a duração da precipitação (t) deve ser fixada em 5 minutos.

Tabela 2 : Determinação do período de retorno.

Características da área a ser drenada	T (anos)
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).

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Local de estudo

O estudo foi executado na Escola Municipal Deputado José Aldo dos Santos, uma instituição de ensino localizado na Avenida João Júlio de Faria, 2079- Jardim Nova Era, na cidade de Boa Esperança-MG, que apresenta coordenadas geográficas de latitude 21°05'53.81" e de longitude 45°32'43.25". Deste modo, por meio de visitas técnicas, de entrevista com os professores, funcionários e de verificação do projeto arquitetônico, todos esses dados obtidos serão de importância para agregar com os conhecimentos básicos para a realização do projeto.

4.1.1 Área de captação

Empregando como base o projeto arquitetônico do local, e também por meio de visitas técnicas a serem executadas in loco, foram obtidos dados relacionados a área e a inclinação da

cobertura, que proporcionarão o desenvolvimento do cálculo da área contribuinte, usando a fórmula normativa para superfície inclinada, será apresentada em sequência:

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

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).

4.2 Descrição do consumo da escola

A água pluvial que for captada pelo sistema, será destinada para as bacias sanitárias e para limpeza do pátio, no qual será considerando o consumo de 6,0 L/descarga e de 2,0 L/m²xdia para limpeza do pátio. E o uso dos itens citados anteriormente, será ponderado da seguinte forma, onde o pátio será limpo 4 vezes por mês, e as bacias sanitárias será utilizada em média vezes 17,595 por mês.

4.3 Estimativa de precipitação

O levantamento de dados pluviométricos da região de Boa Esperança- MG foi obtido através do site da fundação PROCAFÉ. Portanto, foi possível fazer uma média anual de água de chuva que cai sobre o telhado da escola, de acordo com dados históricos das precipitações em milímetros de chuva relativos aos últimos dez (10) anos (2010 a 2019).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Estimativa de Precipitação

O reaproveitamento da água pluvial é uma importante estratégia, contribuindo com a economia de água, ajuda a contornar os problemas de escassez e evita inundações urbanas. A água é um recurso limitado e precioso. Embora cerca de 3/4 da superfície da Terra seja ocupada pela água, deste total apenas 3% são de água doce, dos quais apenas 20% encontram-se imediatamente disponíveis para o homem. (AGUIAR, 2005).

A média do índice pluviométrico foi calculada por meio da média das precipitações

referentes a precipitações mensais registradas na cidade de Boa Esperança -MG, de janeiro do ano de 2010 até dezembro de 2019. A tabela 3 foi desenvolvida através dos valores apresentados no boletim mensal do site da fundação Procafé.

Tabela 3 - Precipitação mensal de Janeiro de 2010 a dezembro de 2019 (mm).

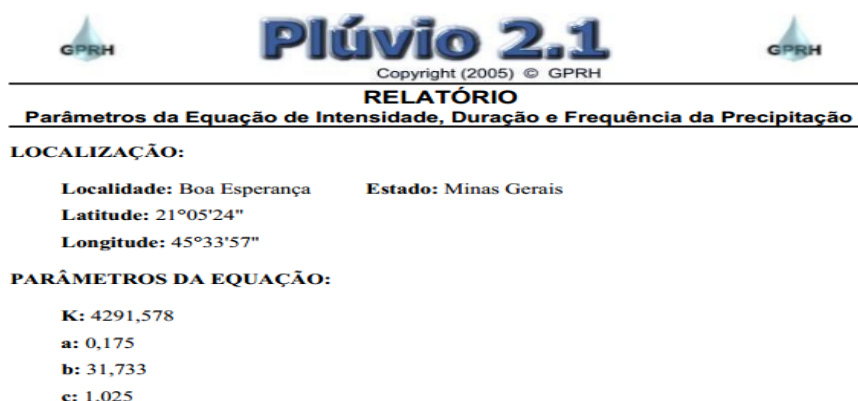
Mês	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
Ano												
2010	125	95	135	70	10,8	3,8	20	0	57,1	85	165,6	215,4
2011	278	60,4	302,6	52,8	19,6	26,2	1,8	7,4	0,8	127	119,8	426,2
2012	335,3	122,2	146,2	53,4	54,6	105,6	20,4	0,2	42,8	31,6	171	59
2013	345	142,8	141,4	75,8	59,4	29,6	27	2,6	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
Σ	2106,6	1228,9	1481	620,2	432,8	333,9	152,4	120,2	418,9	911	1760,6	2160,2
Média	210,66	122,89	148,1	62,02	43,28	33,39	15,24	12,02	41,89	91,1	176,06	216,02

Fonte: Adaptado de fundação Procafé (2020).

5.2 Cálculo da intensidade de precipitação

Por meio da equação de intensidade, duração e frequência (IDF) e dos valores de (K, a, b, c), fornecidos pelo software Plúvio 2.1, e também considerando um tempo de retorno (T) de 5 anos e uma duração (t) de 5 minutos, ambos normativos, tornou-se possível a execução do cálculo da intensidade de precipitação para a cidade de Boa Esperança-MG, conforme demonstrado na figura 1.

Figura 1 : Parâmetros para cálculo da Intensidade de precipitação em Boa Esperança/MG.



Fonte: Pluvio.

Calcula-se a intensidade de precipitação para o município de Boa Esperança-MG, apresentando a seguir.

$$\rightarrow K= 4291,578 \rightarrow \alpha= 0,175 \rightarrow b = 31,733 \rightarrow c = 1,025$$

$$Im = \frac{4291,578 \times 5^{0,175}}{(5+31,733)^{1,025}} = 141,50 \text{ mm/h}$$

O valor obtido da intensidade de precipitação será fundamental para que, posteriormente, possa ser definida a vazão de projeto da cobertura da edificação em estudo.

5.3 Cálculo da área contribuinte

Verificando o projeto arquitetônico e por meio de visitas técnicas no local de estudo, foram obtidos dados referentes às dimensões da cobertura da edificação, que permitiram a realização dos cálculos da área de contribuição.

Declividade dos telhados 01, 02, 03, 04, 05, 07 e 08 :

$$\text{declividade} = \frac{1,20}{2,80} \times 100 = 42 \%$$

$$\text{declividade} = \frac{1,78}{4,20} \times 100 = 42 \%$$

Declividade dos telhados 06:

$$\text{declividade} = \frac{1,78}{4,05} \times 100 = 44 \%$$

$$\text{Área de cobertura} = (32,10 \times 6,05) + (50,24 \times 6,90) + (3,00 \times 5,01) \times 2 + (52,40 \times 7,50) + (22,60 \times 7,40) + (16,60 \times 7,40) + (8,50 \times 11,00) + (32,46 \times 17,30) = 1909,059 \text{ m}^2$$

$$\text{Área de contribuição 01= 02: } \{(3,025 + 1,20/2) \times 32,10\} \times 2 = 232.725 \text{ m}^2$$

$$\text{Área de contribuição 03 = 04: } \{(3,45 + 1,20/2) \times 50,24\} \times 2 = 406.944 \text{ m}^2$$

$$\text{Área de contribuição 05 = 06 : } \{(0,75 + 1,20/2) \times 5,01\} \times 2 = 13.527 \text{ m}^2$$

$$\text{Área de contribuição 07 = 08: } \{(0,75 + 1,20/2) \times 5,01\} \times 2 = 13.527 \text{ m}^2$$

$$\text{Área de contribuição 09 = 10: } \{(3,75 + 1,20/2) \times 52,40\} \times 2 = 455.88 \text{ m}^2$$

$$\text{Área de contribuição 11 = 12: } \{(4,20 + 1,78/2) \times 11,00\} \times 2 = 111.98 \text{ m}^2$$

$$\text{Área de contribuição 13 = 14: } \{(3,70 + 1,20/2) \times 22,60\} \times 2 = 194.36 \text{ m}^2$$

$$\text{Área de contribuição 15 = 16 : } \{(3,70 + 1,20/2) \times 16,60\} \times 2 = 142.76 \text{ m}^2$$

Área de contribuição 17 = 18 : $\{(8,65 + 3,05/2) \times 32,46\} \times 2 = 660,56 \text{ m}^2$

Área contribuinte total: 2232.263 m²

5.4 Cálculo da vazão de projeto

Depois de encontrados os valores relativos à intensidade de precipitação e área contribuinte, conseguiremos definir a vazão de projeto que será mostrada abaixo, através da equação 26 do item 4.6, em sequência será usada para o dimensionamento das calhas e condutores que compõem o sistema.

$$Q = \frac{141,50 \text{ mm/h} \times 2232,263 \text{ m}^2}{60} = 5264,42 \text{ litros/min}$$

Assim, estima-se que 5264,42 litros de chuva precipitação sobre a área da edificação por minuto.

5.5 Cálculo da estimativa de demanda de água não potável

De acordo com os dados levantados, a instituição de ensino Escola Municipal Deputado José Aldo dos Santos possui o total de 705 alunos e 60 funcionários, sendo dividido em dois turnos de aula. O valor máximo é de 765 pessoas e que os mesmos farão uso da bacia sanitária uma vez ao dia, são realizados os seguintes cálculos.

→ Estimativa de demanda diária de água não potável considerando 765 pessoas:

→ Consumo com descargas = 6.0 L/descarga x 765 x 1 vezes/dia = 4590,00 L/ dia

Desta forma, foram feitas visitas técnicas e o levantamento da área dos pátios, sendo um coberto e outro descoberto, chegando em uma área de 190.93 m². Abaixo segue o cálculo do consumo de água não potável para dados fins.

→ Consumo lavagem de pátios = 2.0 L/m² x 190.93 m² = 381.86 L/lavagem

Estimou-se a demanda mensal de água não potável da escola. Foram considerados vinte e três dias de utilização máxima, considerando o período de funcionamento de segunda-feira à sexta-feira. Foi estabelecido que a lavagem do pátio poderá ser de no máximo quatro vezes, no período de trinta dias, sendo empregada uma frequência de lavagem uma vez por semana.

Estimativa de demanda mensal de água não potável considerando 765 pessoas:

$$\rightarrow \text{Gasto mensal} = 23 \times 4590,00 + 4 \times 381,86 = 107497,44 \text{ L/ mês ou } 107,49 \text{ m}^3$$

5.6 Dimensionamento das Calhas

Para efeito de cálculo foram definidas vinte calhas na cobertura de dimensões diferentes de acordo com a tabela 6, pode-se resolver os cálculos a seguir, que, a partir da vazão de projeto calculada abaixo, e dos valores demonstrados pela tabela 4 referente a capacidade de calhas semicirculares disponibilizada pela NBR 10844, conforme imagem abaixo: definiu-se o comprimento, a declividade e o diâmetro que cada calha deverá obter quando forem colocadas.

A vazão de projeto pode ser alcançada pela seguinte fórmula.

$$Q = \frac{L \times A}{60}$$

Os cálculos de vazão de projeto das calhas C1 e C2 foram feitos da seguinte maneira, e assim conseqüentemente com as demais calhas.

$$Q_p = \frac{141,50 \times 232,725}{60} = 548,84$$

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

Calhas	Declividade (%)	Comprimento (m)	n	Vazão de projeto (L/min)	Diâmetro interno (mm)
C1	1%	32,1	0,01	548,84	150
C2	1%	32,1	0,01	548,84	150
C3	1%	50,24	0,01	959,71	200
C4	1%	50,24	0,01	959,71	200
C5	0,5%	5,01	0,01	31,9	100
C6	0,5%	5,01	0,01	31,9	100
C7	0,5%	5,01	0,01	31,9	100

C8	0,5%	5,01	0,01	31,9	100
C9	1%	26,20	0,01	537,5	150
C10	1%	26,20	0,01	537,5	150
C11	1%	26,20	0,01	537,5	150
C12	1%	26,20	0,01	537,5	150
C13	1%	22,60	0,01	458,36	150
C14	1%	22,60	0,01	458,36	150
C15	1%	16,60	0,01	336,67	125
C16	1%	16,60	0,01	336,67	125
C17	1%	11,00	0,01	264,08	125
C18	1%	11,00	0,01	264,08	125
C19	2%	32,46	0,01	1557,8	200
C20	2%	32,46	0,01	1557,8	200

Fonte: A autora (2020)

5.7 Dimensionamento dos Condutores Verticais

Pode-se dar início aos cálculos dos diâmetros dos condutores verticais, conforme será demonstrado, na equação abaixo para dimensionamento de condutores verticais (ver item 3.5) e a vazão de projeto produzida por cada calha (ver item 5.8, tabela 6).

- Para a calha C1 (Qp = 548,84 L/min) = Calha C2
- Cálculo de vazão para cada condutor= (548,84/2) L/min= 274,42 L/min

$$274,42 = 0,019 \times 0,325^{5/3} \times D^{8/3}$$

$$D = \sqrt[8/3]{\frac{274,42}{0,019 \times 0,325^{5/3}}} = 38,86 \text{ mm}$$

$$\text{DN} = 75 \text{ mm}$$

Desta forma foi possível calcular o diâmetro da tubulação para cada calha, garantindo o total aproveitamento da água. Assim foi elaborado a tabela 6.

Tabela 6: Dimensionamento de condutores verticais

Condutores Verticais	Comprimento (m)	n	Vazão de projeto (L/min)	Diâmetro interno (mm)
C1 = C2 = C3 = C4	3,00	0,011	274,42	75
C5 = C6 = C7 = C8	3,00	0,011	479,86	75
C9 = C10 = C11 = C12 = C13 = C14 = C15 = C16	3,00	0,011	15,95	75
C17 = C18 = C19 = C20	3,00	0,011	537,56	75
C21 = C22 = C23 = C24	3,00	0,011	229,18	75
C25 = C26	4,35	0,011	132,04	75
C27 = C28 = C29 = C30	3,00	0,011	168,335	75
C31 = C32 = C33 = C34	6,00	0,011	778,91	100

Fonte: A autora (2020)

Para efeito de cálculo , foram utilizadas descrições distintas para cada condutor

vertical.

5.8 Dimensionamento dos Condutores Horizontais

Para o dimensionamento dos condutores horizontais, utilizamos o diâmetro interno da tubulação de 125mm para facilitar a interligação dos condutores horizontais com os verticais, a vazão está descrito na imagem abaixo, adotamos 0,5% de declividade.

Tabela 7 - Capacidade de condutores horizontais de 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	2.360	3.350	1.100	1.540	2.180	3.040
7	250	2.350	3.310	4.660	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	6.960	9.870	3.230	4.550	6.420	9.110

Fonte: NBR: 10844 (1989).

5.9 Volume Aproveitável da Precipitação Média Mensal

Mediante aos valores de precipitação média mensal obtidos na tabela 03 (ver item 5.1) e da equação de volume aproveitável elaborou-se a tabela 8, na qual apresenta a estimativa de volume de água pluvial aproveitável em cada mês do ano.

Tabela 8 - Volume aproveitável da precipitação média mensal.

Mês	Precipitação Média (mm)	Área de captação (m ²)	Runoff	Rendimento do Filtro	Volume (L)	Volume (m ³)
Janeiro	210,66	1909,05	0,95	0,85	324744,58	324,74
Fevereiro	122,89				189442,05	189,44
Março	148,1				228304,72	228,30
Abril	62,02				95607,42	95,61
Maior	43,28				66718,62	66,72

Junho	33,39				51472,62	51,47
Julho	15,24				23493,34	23,49
Agosto	12,02				18529,53	18,53
Setembro	41,89				64575,86	64,58
Outubro	91,1				140435,92	140,44
Novembro	176,06				271406,68	271,41
Dezembro	216,02				333007,33	333,01

Fonte: A autora (2020)

Portanto, será possível realizar o dimensionamento do reservatório inferior da instituição, conforme os dados de volume aproveitável e precipitação média apresentado na tabela 8..

5.10 Dimensionamento dos reservatórios

5.10.1 Dimensionamento do reservatório inferior

No propósito de dimensionar um reservatório capaz de acumular um volume de água suficiente para suprir a demanda de água não potável gerada pela edificação, elaborou-se o dimensionamento do reservatório inferior pelo método de Rippl.

Deste modo, a tabela 9 a seguir, apresenta o dimensionamento executado pelo método de Rippl (ver item 3.7.1), para efeito de cálculo foi considerado o número máximo de 765 pessoas que podem vir a utilizar o local. Assim, a tabela estabelece, o volume total do reservatório a partir do valor de demanda mensal de água não potável equivalente a 107,49 m³/mês (ver item 5.5) e dos valores aproveitáveis apresentados pela tabela 10 (ver item 5.11).

Tabela 9 - Dimensionamento do reservatório pelo método de Rippl.

Meses	Cons. Mens. (m ³)	Vol. Mens. (m ³)	Vol. Result. (m ³)
Janeiro	107,49	324,74	217,25
Fevereiro	107,49	189,44	81,95
Março	107,49	228,30	120,81
Abril	107,49	95,61	-11,88
Maio	107,49	66,72	-40,77
Junho	107,49	51,47	-56,02
Julho	107,49	23,49	-84,00
Agosto	107,49	18,53	-88,96
Setembro	107,49	64,58	-42,91

Outubro	107,49	140,44	32,95
Novembro	107,49	271,41	163,92
Dezembro	107,49	333,01	225,52
Volume do reservatório inferior (m ³)			324,54

Fonte: A autora (2020)

Desta maneira, objetivando favorecer o processo construtivo e garantir um eficaz fornecimento de água, o reservatório ficará embutido no solo atrás da edificação, e será construído em concreto armado, portando dimensões internas de 10,0 m x 10,0 m x 3,50 m (comprimento x largura x altura), sendo um metro de altura destinado a disposição das tubulações e três metros de altura destinado ao armazenamento de água, possibilitando que ele seja capaz de armazenar até 35 mil litros de água pluvial.

5.10.2 Dimensionamento do reservatório superior

Assim da mesma maneira que o reservatório inferior, o reservatório superior também será dimensionado objetivando atender o número máximo de 765 pessoas que podem vir a utilizar o local, onde elas poderão gerar um consumo de 4590,00 l/dia de água não potável. Assim, foram realizados os seguintes cálculos para o dimensionamento do reservatório superior:

- 4.590,00 litros x 1 dia = 4.590,00 litros

Para que a edificação tenha sua demanda de água não potável suprida por pelo menos um dia, será utilizado um reservatório elevado com capacidade para 5.000 litros.

6 CONCLUSÃO

Através do estudo executado, foram definidos todos os elementos do sistema de abastecimento de água de chuva que serão precisos para projetar, pois o imóvel em estudo não provém de nenhum tipo de elementos que possam serem empregados posteriormente na implantação do projeto.

Para realizar este estudo, foram feitas análises hidrológicas fundamentais para a realização de cálculos preliminares que, mostraram para o município de Boa Esperança – MG, uma intensidade de precipitação equivalente a 141,50 mm/h e definiram que a cobertura do edifício em estudo possui uma área de contribuição de 2232,263 m², capaz de

gerar uma vazão de projeto de 5264,42 litros de água a cada minuto.

Em sequência, a partir da vazão de projeto encontrada, gerada pela área de contribuição, foi possível dimensionar todas as calhas e condutores que compõem o projeto e. Seguidamente, foi usada a área de captação existente e os índices de precipitação média mensal, dimensionou-se um reservatório inferior com capacidade para armazenar um volume de 350 m³ de água pluvial. E para que a edificação tenha sua demanda de água não potável suprida por pelo menos um dias, e será usado um reservatório elevado com capacidade para 5,000 litros.

Desse modo, a cobertura da edificação em estudo e o reservatório inferior e superior dimensionado, serão absolutamente aptas a captar e armazenar uma quantidade de água suficiente para suprir toda a demanda de água não potável produzida pela utilização do local, mesmo que ocorra meses com baixos índices de chuva.

Com quadro ambiental desfavorecido e imprevisível que o planeta se depara, torna-se essencial a utilização de recursos sustentáveis com o propósito em minimizar os impactos que o homem pode ocasionar ao ambiente e que o ambiente pode ocasionar ao homem. Assim, os sistemas de captação e aproveitamento de água da chuva são exemplos significativos dos recursos sustentáveis, pois pode atuar de maneira eficiente ao ambiente e ao ser humano.

Com este quadro, o presente Trabalho de Conclusão de Curso, apresentou as verificações e o diagnóstico de um sistema de captação e aproveitamento de água da chuva para a edificação da Escola Municipal Deputado José Aldo dos Santos, onde se este projeto for implantado ao término de seu dimensionamento completo, tornará a edificação mais sustentável, amenizando o consumo de água potável e, assim, contribuindo com a saúde do meio ambiente.

Em vista disso, conclui-se que a edificação de ensino Escola Municipal Deputado José Aldo dos Santos está totalmente capacitada a aderir um sistema de captação e aproveitamento de água da chuva, pois, ao usar o sistema, 5.264,42 litros de água a cada minuto poderão ser economizados e, assim, o local se tornará mais contribuinte para o meio ambiente.

PROJECT FOR THE USE OF RAINWATER FOR NON-DRINKING PURPOSES A MUNICIPAL SCHOOL OF GOOD ESPERANÇA-MG

ABSTRACT

The systems for capturing and using rainwater are the alternatives with great capacity to mitigate financial expenses and floods, supporting the preservation of the environment. The main purpose of this work is to propose the creation of a project to collect and use rainwater for the educational institution, Municipal School Deputado José Aldo dos Santos, located in the municipality of Boa Esperança-MG. With the purpose of acquiring specific knowledge about these systems, extensive studies were carried out on literature, technical standards and websites, with the objective of attributing the maximum knowledge necessary for the creation of the project. Studies were carried out to obtain data equivalent to historical precipitation series that made it possible to characterize the region's rainfall regime. In sequence, values were obtained for building extensions and coverage extension. In addition, it obtained information about the number of people who use the property. Thus, after reaching all the essential data, it was possible to start the partial dimensioning of the system, in which the intensity of precipitation, the contributing area, the project flow, the estimate of non-potable water demand, the gutters, the vertical conductors, the usable volume of rainwater and the lower and upper reservoirs.

Keywords: Use of rainwater. Catchment System. Sizing.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, Alexandre de Oliveira e et al (Ed.). **Saneamento, Saúde e Ambiente: Fundamentos para um desenvolvimento sustentável**. Barueri: Manole, 2005. 833 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5626**: Instalação predial de água fria. Rio de Janeiro: ABNT, 1998.

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.

GONÇALVES, O. M.; PRADO, R. T. A.; ILHA, M. S.O.; AMORIM, S.; OLIVEIRA, L. H.; PETRUCCI, A. L.; MARTINS, G. A.; PULICI, C. **Execução e Manutenção de Sistemas Hidráulicos Prediais**. Editora PINI. São Paulo, 2000.

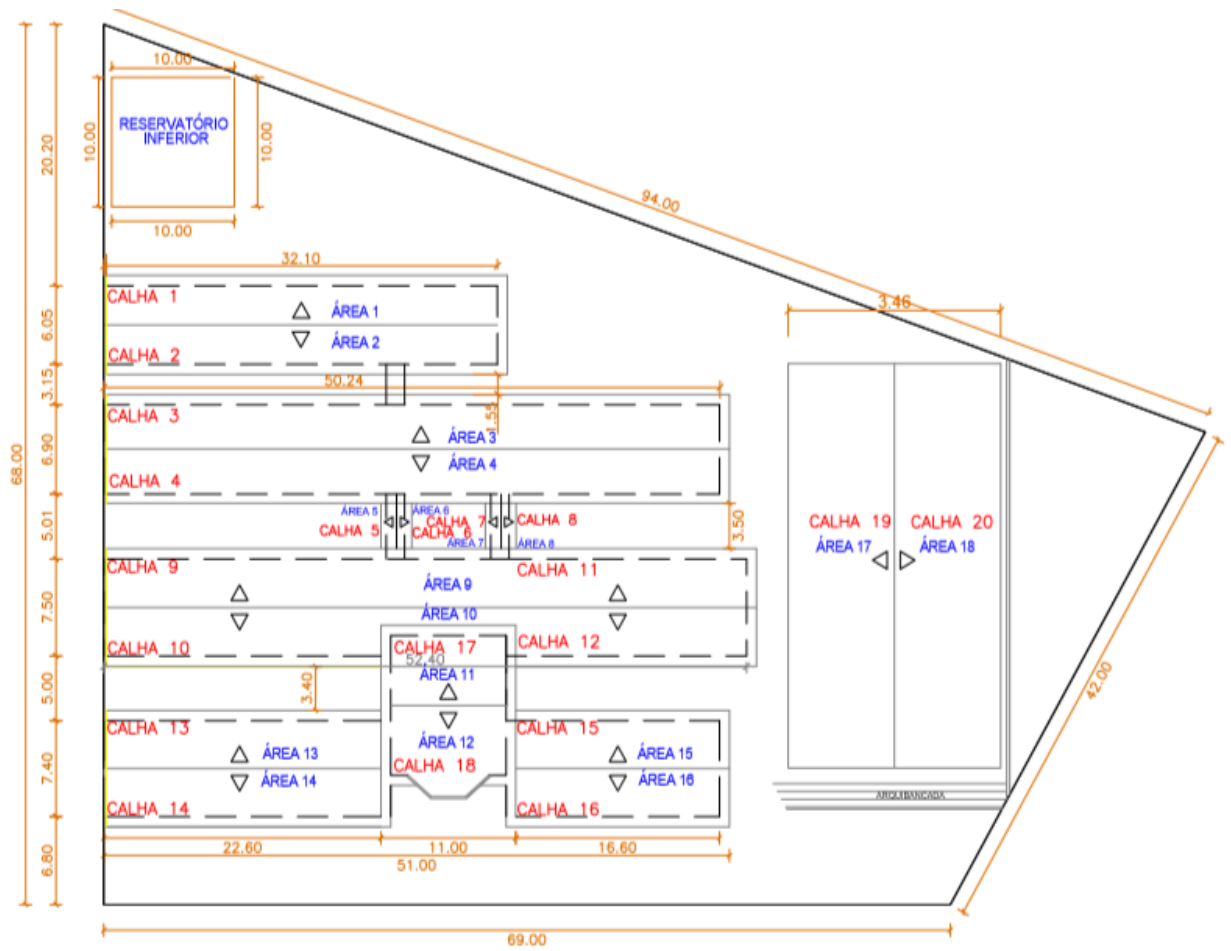
OLIVEIRA, Lúcia Helena de; GONÇALVES, Orestes Marraccini. **Metodologia para a implantação de programa de uso racional da água em edifícios**. 1999. 1 v. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999. Disponível em: <http://www.sef.usp.br/wp-content/uploads/sites/52/2015/08/PUERHE_Água-BT_Oliveira.pdf>. Acesso em: 11 Março. 2020.

TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis**: Capítulo 03 - Previsão de consumo de água não potável. Plínio Tomaz, 2009a. Disponível em: <http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livros/Livro_aprov._aguadechuva/Capitulo03.pdf>. Acesso em: 30 Março. 2020.

TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis**: Capítulo 09 - Método de Rippl. Plínio Tomaz, 2011. Disponível em: <http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livros/Livro_aprov._aguadechuva/Capitulo09.pdf>. Acesso em: 10 Março. 2020.

TOMAZ, Plínio. **Cálculos hidrológicos e hidráulicos para obras municipais**: Capítulo 03 - Período de retorno. Plínio Tomaz, 2015. Disponível em: <http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/Novos_livros/livro_calculoshidrolicos/Capitulo03-Periodo de Retorno.pdf>. Acesso em: 10 Abril. 2020.

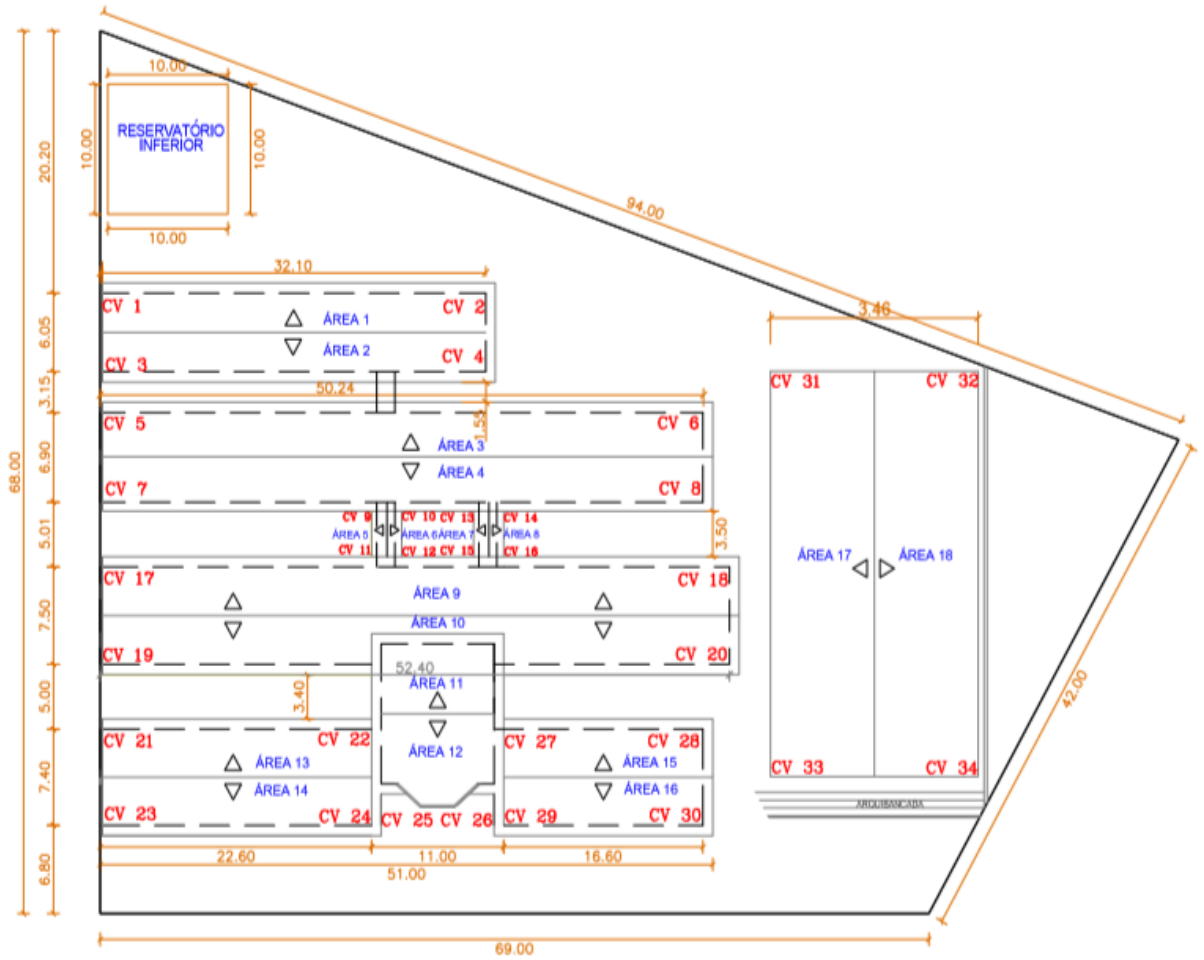
Anexo A- Detalhamento do Projeto- Calhas



COBERTURA/IMPLANTAÇÃO

ESCALA 1:200

Anexo B- Detalhamento do Projeto - Condutores Verticais



COBERTURA/IMPLANTAÇÃO

ESCALA 1:200