

Dimensionamento do Sistema de Captação e Reservação de Águas Pluviais e Avaliação Econômica da Utilização para Fins não Potáveis em uma Residência na Região Urbana de Manaus - AM

VICTOR DE ANDRADE LEITE

Graduating in Civil Engineering

International Universities Laureate / UNINORTE (Brazil) (2019)

CHARLES RIBEIRO DE BRITO

Master's degree from the Federal University of Amazonas - UFAM
teacher at Laureate International Universities / UNINORTE (Brazil)

Resumo

É bastante discutido o assunto dos recursos hídricos, fundamentais para a sociedade. Recursos que são imprescindíveis para a vida na terra, e também essenciais para as atividades humanas em grande parte. Na pré-história, a água era recolhida através dos copos hídricos ou da chuva por serem nômades, fazendo com que não houvesse a necessidade de obras de drenagem ou estações de tratamento de água para a separação dos dejetos ali encontrados. O objetivo foi avaliar o potencial econômico da água pluvial por meio da superfície de telhados, conhecidas como calha e projetada para residência unifamiliar de 63,25 m² localizada no conjunto Santos Dumont, em Manaus - AM. Com dados da estação pluviométrica de Manaus (OMM: 82331) obtidos do Banco de Dados Meteorológicos, para Ensino e Pesquisa (BDMEP), Através do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2019) foram dimensionadas a calha de acordo com o NBR 10844/89 e o reservatório dimensionado pelo método prático inglês. A residência estudada pode alcançar em seu período chuvoso, de dezembro a abril, de 90% a 100% do aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis, na faixa de consumo de 35 m³ mensais, sendo 45% deste valor considerado não potável. A economia

financeira no consumo de água potável para a residência foi de 1324 reais por ano.

Palavras-chave: Recursos Hídricos. Calhas. Águas pluviais

Abstract

The subject of water resources, which is fundamental to society, is very much discussed. Resources that are imperative for life on earth, and also essential for human activities to a large extent. In prehistory, the water was collected through the water cups or the rain because they were nomadic, so that there was no need for drainage works or water treatment plants for the separation of the wastes found there. The objective was to evaluate the economic potential of rainwater through the surface of roofs, known as gutter and designed for a single - family dwelling of 63.25 m² located in Santos Dumont, Manaus - AM. With data from the Manaus rain station (OMM: 82331) obtained from the Meteorological Data Bank, for Teaching and Research (BDMEP), through the National Institute of Meteorology (INMET, 2019), the gutter was dimensioned according to NBR 10844/89 and the reservoir sized by the English practical method. In the rainy season, from December to April, the residence studied can reach from 90% to 100% of rainwater harvesting for non-potable purposes, in the consumption range of 35 m³ per month, 45% of which is considered non-potable. The financial savings in drinking water consumption for the residence was R\$ 1324,44 per year.

Key words: Water resources. Gutters. Rainwater

1. INTRODUÇÃO

É bastante discutido o assunto dos recursos hídricos, fundamentais para a sociedade. Recursos que são imprescindíveis para a vida na terra, e também essenciais para as atividades humanas em grande parte. Na pré-história, a água era recolhida através dos copos hídricos ou da chuva por serem nômades, fazendo com que não houvesse a necessidade de obras de drenagem ou estações de tratamento de água para a separação dos dejetos ali encontrados (MATTOS, 2014).

Em uma visão global, a água pertencente ao planeta, engloba uma porcentagem de 70% da superfície da terra. O total de água do planeta possui 97,5% salgada e 2,5% de água doce. Em geleiras e neves ficam 69 %, a água subterrânea é composta de 30%, a umidade do solo em 0,7%, e somente 0,3% estão disponíveis em rios e lagos para consumo humano (COIMBRA et al, 1999).

Segundo Vargas (1999), a utilização da água de chuva é algo encantador, principalmente em áreas que possuem precipitação elevada, áreas com escassez de abastecimento e áreas com custo elevado de extração de água subterrânea.

Um fator preocupante é a distribuição de maneira desigual da população em função das reservas hídricas. Os locais com maior índice populacional são os que possuem pouca água, mas por outro lado os locais de menor índice populacional apresentam elevada quantidade de água, segundo Ghisi (2006).

O Brasil, detém a maior potência hídrica do planeta, com 13,7% do total mundial, segundo a Agência Nacional de Águas (ANA), porém essa distribuição não é bem distribuída no território nacional. A região Norte, com 6,98% da população, possui 68% da água do país; o Nordeste, com 28,91% da população, possui 3,3%; o Centro-Oeste com 6,41% da população, possui 15,7%; o Sul com 15,5% da população, possui 6,5% e a Região Sudeste, com 42,45% da população, detém apenas 6% de água do país.

Com o crescimento da urbanização das cidades em grande parte do mundo, o ciclo hidrológico foi modificado nas áreas urbanas (ZAIZEN et al., 1999).

O Estado de São Paulo já está passando por uma mudança histórica de escassez de água, segundo Garcia (2014). Foi especificado que além do problema climático, o desperdício de água, seja de maneira de uso inadequado ou vazamentos na rede, a situação tornou-se pior, e que nem a elaboração, planejamento e construção de grandes obras evitaria os problemas futuros.

Uma tecnologia chave para captação de água de chuva seria uma forma para fornecer água potável para solucionar os problemas do abastecimento de água de regiões do Brasil.

O Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água – PNCDA de 1998, que consiste na estimativa do consumo domiciliar por ponto, onde se divide em 38% no vaso sanitário, 29% banho /

chuveiro, 17% na lavagem de roupas, 6% para lavar pratos, 5% no lavatório e 5% para beber / cozinhar.

A água pluvial representa uma alternativa de uso da água com qualidade razoável para vários usos. A captação da água da chuva para fins não potáveis como descargas em bacias sanitárias, lavagem em calçadas, irrigação, lavagem de roupas, seria uma forma de diminuição dos danos causados aos mananciais. O que minimizaria o volume do consumo de água tratada, e em consequência disto a economia do sistema de tratamento de água do usuário (DE LIMA et al., 2011).

O armazenamento e parte do volume precipitado contribuem para a diminuição do escoamento superficial, ajudando no enfraquecimento das enchentes, principalmente em grandes cidades como São Paulo, Curitiba, Porto Alegre e Manaus.

Semelhantes estimativas feitas por Fendrich (2002) onde cita Tomaz (1998) que fornece a estimativa do consumo de água potável, onde ela pode ser substituída pelo uso de água de chuva.

Tabela 1: Substituição do consumo de água potável pela utilização das águas pluviais

Uso Interno	Parâmetro de Consumo
Bacia sanitária (5 descargas/dia.hab)	- 6 L a 15 L/ descarga - 30 L a 75 L/dia.hab (+ ou - 40% do consumo diário)
Uso Externo	Parâmetro de Consumo
Lavagem de calçadas, garagens e pátios de estacionamentos.	- 2 L/dia.m ² a 5 L/dia.m ²
Lavagem de carro (1 a 2 vezes/semana)	- 150 L a 300 L/semana
Lavagem de carro em lava-jato	- 150 L a 300 L/carro
Irrigação de jardins e plantas ornamentais	- 2 L/dia.m ² a 5 L/dia.m ²
Manutenção de uma piscina	- 2,5 L/dia.m ² a 6 L/dia.m ²

Fonte: FENDRICH (2002) citando TOMAZ (1998).

O aproveitamento das águas pluviais não é um conceito atual, porque ela existe desde os primórdios da civilização. Um exemplo clássico é o da Pedra Moabita, encontrada em uma região próxima a Israel, na qual continha gravações que sugeriam a captação da água de chuva, na data de 850 a.C., segundo Tomaz (2003). Em Portugal, a Fortaleza dos Templários, localizada na cidade de Tomar e construída em 1160

d.C., era abastecida com água de chuva. Existem exemplos ainda mais antigos que evidenciam a utilização deste sistema pelo homem. Muitos países estão empenhados no desenvolvimento de pesquisas nesta área, devido a preocupação global com a escassez dos recursos hídricos. Nos Estados Unidos, Alemanha e Japão, são oferecidos financiamentos para incentivar a construção de sistemas de captação de águas pluviais (TOMAZ, 2003). Por outro lado, no Brasil, ainda há certa resistência e sem incentivos para tais projetos.

As técnicas mais comuns para coleta da água da chuva são através da superfície de telhados ou através de superfície no solo, sendo que o mais simples a ser considerado é o de coleta de chuva através da superfície de telhados, e ainda na maioria das vezes ainda produz uma água de melhor qualidade quando comparado ao sistema que coleta água da superfície do solo.

A viabilidade desse uso ajuda na diminuição da demanda de água oferecida pelas companhias de saneamento tendo como consequência a diminuição dos custos com água potável. A água da chuva coletada através de calhas, condutores verticais e horizontais é armazenada em reservatório, podendo ser utilizada para consumo não potável, como em bacias sanitárias, em torneiras de jardim, para lavagem de veículos e de roupas, limpeza das salas de aula e pavimentos escolares, dentre outros.

Desta forma, é muito importante o estudo de outras alternativas de abastecimento de água. Esta pesquisa visa verificar a viabilidade econômica, e dimensionar o sistema de captação e utilização das águas provenientes de precipitações em uma residência na região urbana de Manaus para fins de atividades não potáveis. As calhas têm por objetivo coletar as águas de chuvas que caem sobre o telhado e conduzi-las aos condutores verticais (prumadas de descida). No projeto arquitetônico destacam-se dois tipos: de beiral e Platibanda.

2. OBJETIVO

2.1 Objetivo geral

Verificar o potencial de aproveitamento da água pluvial por meio da superfície de telhados projetada para residência unifamiliar.

2.2 Objetivos específicos

- Avaliar a pluviometria da cidade de Manaus
- Dimensionar o sistema de captação da água de chuvas (Calhas), de acordo com a NBR 10844/89.
- Avaliar o potencial de economia de água potável de uma residência na região metropolitana de Manaus.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área de estudo

O presente trabalho foi realizado em uma residência unifamiliar e está localizada no Bairro da Paz, Zona Centro-Oeste do município de Manaus, capital do estado do Amazonas, oficialmente fundada em 24 de outubro de 1669, possui uma área de 11.401,092 km², e uma população estimada de aproximadamente 2.145.444 (IBGE, 2018). Faz divisa territorial com os municípios de Presidente Figueiredo, Careiro da Várzea, Iranduba, Rio Preto da Eva, Itacoatiara e Novo Airão.

O Conjunto Santos Dumont, local onde está localizada a residência, foi fundada entre as décadas de 70 e 80, o conjunto foi criado inicialmente para aviadores, porém, logo foi aberto à população geral. Quando o conjunto foi entregue, não existia linha telefônica, nem transporte coletivo e o abastecimento de água e energia elétrica eram precários, em função das dificuldades locais no início, o conjunto e seus moradores deram vida ao comércio na Avenida Torquato Tapajós, que até então não era movimentado. Os serviços básicos foram chegando durante a década de 80.

Figura 1: Vista aérea da localização da área de estudo, no Conjunto Santos Dumont Fonte: Google Maps (2019)



A residência apresenta uma área de 63,25 m² e, está localizada na Rua Coronel Brito. Com mais de 57 domicílios, a rua caracteriza-se por 100,00% de domicílios constituídos de casas, sobrados ou similares. A residência possui o pavimento térreo, onde está dividido da seguinte forma: 01 banheiro dentro do ponto comercial e 01 banheiro dentro da área de lazer; no 2º pavimento, encontram-se: 02 quartos, 01 banheiro, 01 sala e 01 cozinha, e no 3º pavimento localiza-se 01 quarto, 01 banheiro, uma área externa, uma área de serviço e uma dispensa para colocação de materiais.

3.2 Pluviometria de Manaus

Com dados da estação pluviométrica de Manaus (OMM: 82331) obtidos do Banco de Dados Meteorológicos, para Ensino e Pesquisa (BDMEP), Através do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2019), foi possível calcular a quantidade de precipitação média anual na região urbana de Manaus e demonstrar o comportamento da chuva nos últimos 10 anos. Os dados apresentados estavam no formato de medidas mensais. O período de dados utilizados foi de 2009 a 2018.

3.2 Calhas

As calhas têm por objetivo coletar as águas de chuvas que caem sobre o telhado e conduzi-las aos condutores verticais (prumadas de descida). No projeto arquitetônico destacam-se dois tipos: de beiral e Platibanda.

As seções das calhas possuem as mais variadas formas, dependendo, obviamente, das condições impostas pelo projeto arquitetônico e dos materiais empregados em sua confecção (chapas de aço galvanizado, folhas de flandres, chapas de cobre, PVC rígido, fibra de vidro). Há ainda o modelo de concreto, mais conhecido com viga-calha.

Nesse projeto será usada a calha do tipo beiral, sua seção será no formato retangular, feita de aço galvanizado.

3.2.1 Vazão de projeto

A vazão de projeto será calculada pela Equação Eq. (1)

$$Q = \frac{i \times A}{60} \quad (1)$$

Onde,

Q = Vazão do projeto, em L/min

i = intensidade Pluviométrica, em mm/h

A= Área de contribuição, em m²

3.2.2 Dimensionamento da calha

O dimensionamento da calha será através da fórmula de Manning-Strickler, indicada na Eq.(2).

$$Q = k \frac{S}{n} \cdot RH^{2/3} \cdot i^{2/3} \quad (2)$$

Onde,

Q = Vazão do projeto, em L/min

S = Área de seção molhada, em m²

n = Coeficiente de rugosidade, (Tabela 2 da NBR 10844)

R = Raio hidráulico, m

RH = S/P. perímetro molhado, em m

I = declividade da calha, m/m

K = 60.000 (coeficiente para transformar a vazão em m³/s para l/min)

3.2.3 Dimensionamento do condutor vertical

O condutor será dimensionado a partir dos valores obtidos através da vazão de projeto, altura útil da calha e o comprimento do condutor vertical, todos analisados através da Figura 3 da NBR 10844/1989.

3.2.4 Dimensionamento do reservatório

Nesse projeto foi adotado o sistema de coleta simples, que conta com a área de coleta do telhado e condutores que operam por gravidade, os quais serão ligados ao sistema. A água coletada deve ser lançada para o sistema de captação da residência, não necessitando de tratamento, nesse caso, visto que será usado para fins não potáveis. (WATERFALL, 2006)

O intuito do sistema de armazenamento é tornar o sistema autossuficiente para o projetado de acordo com a precipitação pluviométrica de Manaus. No caso deste projeto, o armazenamento será composto por dois reservatórios superiores interligados, e será calculado pelo Método Prático Inglês. Os reservatórios receberão o sistema de captação por gravidade.

3.2.4.1 Método Prático Inglês

Para o dimensionamento do reservatório de água pluvial pelo método Prático Inglês, segundo a NBR 15527 (ABNT, 2007), deve-se utilizar a Equação 3.

$$V = 0,05 \times P \times A \quad (3)$$

Onde,

V = volume de água pluvial, ou o volume do reservatório de água pluvial (L).

P = precipitação média anual (mm).

A = área de captação em projeção no terreno (m²).

3.3 Potencial de economia

Analisando tecnicamente o sistema de captação de água da chuva, foi possível estimar o valor economizado no uso de água pluvial para fins não potáveis.

3.3.1 Volume de chuvas

O volume de chuva, que foi coletado na cidade de Manaus, foi determinado considerando os dados de precipitações mensais, a área total do telhado e o coeficiente de *runoff* igual a 0,8. Este coeficiente indica que 20% da água pluvial é perdida pelo descarte para limpeza do telhado e da evapotranspiração. Assim o volume de chuva que poderia ser coletado pode ser calculado por meio da Eq. (4).

$$V = \frac{R.A.Rc}{1000} \quad (4)$$

Onde,

V = Volume de chuva (m³/mês)

R = Precipitação média mensal (mm/mês).

A = Área do telhado (m²).

Rc = Coeficiente de *runoff*

3.3.2 Implantação do sistema de aproveitamento pluvial por meio da superfície de telhados.

No sistema de aproveitamento das águas pluviais, os volumes que precipitam sobre os telhados são direcionados por uma calha no telhado, e em seguida para o reservatório de descarte do fluxo inicial, que possui uma filtração, onde serão retirados resíduos granulados maiores, e quando este enche, o fluxo passa a ser direcionado diretamente para o reservatório de aproveitamento. Quando o reservatório de aproveitamento está cheio, todo volume de água

pluvial que entra no mesmo é imediatamente extravasado e direcionado para o reservatório de amortecimento de enchentes, e deste segue para a rede de drenagem pública de jusante. Desta maneira, a água que precipita sobre os telhados não influencia o escoamento provocado pela água precipitada no restante do terreno. Desta forma, a análise dos escoamentos deve considerar os volumes extravasados do sistema de aproveitamento em conjunto com os escoados do terreno.

Os valores obtidos no dimensionamento do sistema, juntamente com os economizados de água potável, são para uma residência unifamiliar de 63,25 m² de cobertura.

3.3.3 Cálculo da economia na taxa de água

De acordo com Pereira et al. (2008) o uso da água pluvial para fins menos nobres como irrigação de jardins, descarga de vasos sanitários, lavagem de pisos, roupas e automóveis representam 45% do consumo de uma residência conforme pode ser observado na tabela 2 a seguir:

Tabela 2: Precipitação total mensal da estação MANAUS - AM (OMM: 82331)

Consumo Potável		Consumo Não Potável	
Chuveiro	36%	Lavagem de Roupas	12%
Lavagem de pratos	6%	Vaso sanitário	27%
Beber e cozinhar	4%	Lavagem de Carros e jardins	6%
Pequenos trabalhos	9%	Total	45%
Total	55%		

Fonte: Dados da Rede do INMET 2019

Para o cálculo ficar mais próximo da real economia com a implantação do sistema, foi multiplicado por 0,45 (referente ao consumo médio de 45% não potável de uma residência em m³/mês). O valor obtido apontará quanto poderá ser economizado por mês em média. Multiplica-se este resultado por 12 (referente aos 12 meses do ano e posteriormente multiplica-se pelo valor do m³ fornecido pela concessionária Águas de Manaus para se obter o valor economizado por ano com a implantação do sistema de captação e armazenamento de água pluvial. Eq.(5).

$$e = Cm.0,45.12.Ta \quad (5)$$

Onde,

e= Economia de água

Cm= Consumo de água

0,45= 45% referente ao consumo de água não potável de uma residência

12= Meses

Ta= Taxa de água

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Pluviometria de Manaus

Na tabela 3 podemos verificar as médias anuais e mensais das precipitações de Manaus nos últimos 10 anos, de 2009 a 2018.

Tabela 3: Precipitação total mensal da estação MANAUS - AM (OMM: 82331)

Ano	Mês												Prec. Total (mm)
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	
2009	310,8	457,9	232,5	222,1	114,0	165,8	25,1	5,4	4,2	26,0	132,3	262,4	1958,5
2010	295,8	352,5	206,4	303,4	165,1	119,1	100,6	54,8	26,6	116,9	140,6	290,1	2171,9
2011	226,8	493,3	323,3	515,9	222,4	121,3	20,2	64,3	41,5	283,7	272,8	194,5	2780,0
2012	365,2	288,7	277,4	195,6	167,8	85,4	83,0	26,6	90,3	181,3	284,5	266,2	2312,0
2013	314,6	342,1	427,4	420,6	238,4	32,3	167,1	53,0	121,0	193,0	312,2	101,3	2723,0
2014	253,3	245,4	527,7	255,0	411,3	211,7	66,1	32,2	0,6	190,9	196,0	173,8	2564,0
2015	303,7	214,0	373,7	165,5	280,8	75,8	47,3	10,7	15,8	31,3	90,7	126,4	1735,7
2016	129,6	235,3	281,9	303,9	117,5	97,1	103,2	49,8	112,0	152,2	193,7	518,8	2295,0
2017	402,1	257,4	270,0	338,4	135,8	126,5	75,7	20,1	166,4	148,1	195,7	512,8	2649,0
2018	215,3	331,4	242,9	280,8	179,4	188,6	54,1	19,5	80,8	56,7	148,4	349,7	2147,6
Méd.M	281,7	321,8	316,3	300,1	203,3	122,4	74,2	33,6	65,9	138,0	196,7	279,6	

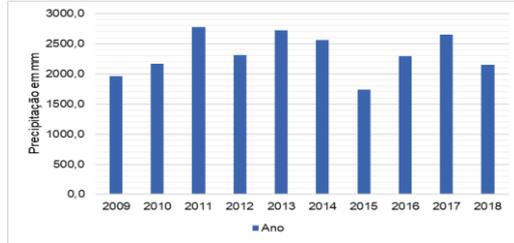
Obs: Méd.M = média mensal dos últimos 10 anos.

Fonte: Dados da Rede do INMET 2019

A média anual para os 10 anos em estudo (2009 a 2018) foi de 2333,7 (mm.ano⁻¹) com desvio padrão de 1031,7 (mm.ano⁻¹).

No gráfico 1 podemos observar os períodos com maiores e menores índices pluviométricos no período estudado, 2011 foi o ano com maior volume de chuvas, no total de 2780,0 mm e em 2015 o ano do menor índice pluviométrico, total de 1735,7. Uma diferença de 1044,3 mm.

Gráfico 1: Precipitações anuais para o município de Manaus, de 2009 a 2018



Fonte: Dados da Rede do INMET, 2019

4.1 Vazão de projeto

A NBR 10844, no item 5.5.1 determina a intensidade pluviométrica “T”, para fins de projeto, deve ser feita a partir da fixação de valores adequados para a Duração de precipitação e o período de retorno. Tomam-se como base dados pluviométricos locais. No item 5.1.2 O período de retorno deve ser fixado segundo as características da área a ser drenada, obedecendo ao estabelecido de $T = 5$ anos, para coberturas e/ou terraços. No item 5.1.4, estabelece que para construção até 100 m^2 de área de projeção horizontal, salvo casos especiais, pode-se adotar: $I = 150 \text{ mm/h}$.

Conhecidos os valores de Intensidade Pluviométrica e a área de contribuição, a Vazão de projeto será de 158 L/min conforme Eq.(1).

4.2. Dimensionamento da calha

O Dimensionamento da calha através da formula de Manning-Strickler, o material para confecção da calha será de aço galvanizado ($n = 0,011$). A declividade adotada será a mínima recomendada pela NBR 10844/89, no valor de $0,5\%$.

Tabela 4: tabela 2 da NBR 10844/1989 para coeficiente de rugosidade

Material	Coefficiente (n)
Plástico, fibrocimento, alumínio, aço inoxidável, aço galvanizado, cobre, latão	0,011
Ferro fundido, concreto alisado, alvenaria revestida	0,012
Cerâmica e concreto não alisado	0,013
Alvenaria de tijolos não revestida	0,015

Fonte: NBR 10844/1989.

Considerando-se uma calha de seção retangular com as seguintes dimensões:

Tabela 5: Dimensões da calha

Base (m)	Altura (m)	Altura útil (m)
0,10	0,10	0,05

Fonte: Próprio autor, 2019.

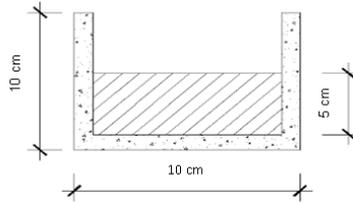


Figura 2: Seção transversal da calha, Fonte: Próprio autor, (2019)

Com os valores adotados acima, na tabela 6 temos os parâmetros para cálculo da vazão da calha.

Tabela 6: parâmetros para cálculo da vazão da calha

S (m ²)	n	P (m)	RH (m)	I (m/m)	K
0,005	0,011	0,20	0,025	0,005	60000

Fonte: Próprio Autor, 2019.

A vazão da calha foi calculada através da Eq.(2) e seu resultado é de 164,88 L/min, atendendo a vazão de projeto que é de 158 L/min.

4.2.1 Dimensionamento do Condutor Vertical

O diâmetro do condutor Vertical foi determinado a partir dos parâmetros obtidos na tabela 7, e cruzados com a Figura 3 (Ábaco para a determinação de diâmetros de condutores verticais) da NBR 10844/1989.

Tabela 7: Parâmetros para cálculo do condutor vertical

Vazão de projeto (Q)	Altura útil (H)	Comprimento Vertical (L)
158 L/min	50 mm	3 m

Fonte: Próprio Autor, 2019.

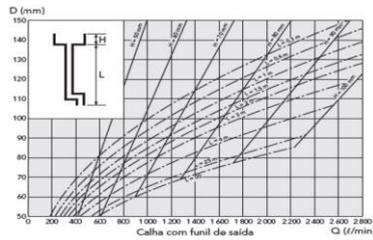


Figura 3 - Ábaco para a determinação de diâmetros de condutores verticais, Fonte: CARVALHO JUNIOR, 2012, p. 164.

Analisando os valores através da figura 3, conclui-se que o diâmetro encontrado é inferior ao mínimo de 75mm, especificado em norma. Neste caso, será adotado o diâmetro mínimo de 75 mm.

4.4 Dimensionamento do reservatório

4.4.2 Dimensionamento de reservatório

O dimensionamento do reservatório de água pluvial pelo método Prático Inglês, segundo a NBR 15527 (ABNT, 2007), conforme a Equação 4.

$$V = 0,05 \times 2333,7 \times 63,25$$

O volume de água pluvial, ou o volume do reservatório de água pluvial é 7380,33 L equivalente a aproximadamente 7,40 m³. Os reservatórios serão simétricos, de concreto armado e com as dimensões de acordo com a tabela 8.

Tabela 8: dimensões dos reservatórios

Reservatórios	Altura (m)	Largura (m)	Comprimento (m)	Vol. (m ³)
1	1,0	2,0	2,0	4
2	1,0	2,0	2,0	4

Fonte: próprio autor, 2019.

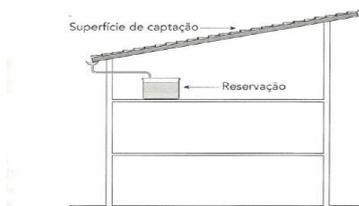


Figura 4: Esquema de captação e alimentação do reservatório de água pluvial por gravidade, Fonte: CARVALHO JUNIOR, 2012, p. 181

4.4 Potencial de economia

4.4.1 Volume de chuvas

O volume de precipitação foi calculado através da equação 4, e seu resultado consta na tabela 9.

4.4.2 Potencial de economia de água potável

O potencial de economia de água potável para Manaus (tabela 9) observou que a utilização de água pluvial como fonte hídrica é uma alternativa para o uso residencial. Devido à cidade de Manaus possuir duas estações bem definidas, uma chuvosa e outra seca, verificou-se que, na chuvosa, o potencial alcança de 90% a 100%, meses que vão de dezembro a abril. No entanto, na estação seca de maio a outubro o aproveitamento de água pluvial é baixo (65% a 11%). Agosto e setembro são os meses que apresentam menor potencial de aproveitamento de água pluvial.

Mesmo com os valores inferiores de aproveitamento de água na estação, observamos a viabilidade de usar água pluvial para consumo doméstico (não potável) durante todo o ano em Manaus

Tabela 9: Potencial de aproveitamento de água da chuva

Mês	Precipitação média mensal (mm/mês)	Área do telhado (m ²)	Volume de chuva (m ³ /mês)	Consumo de água não potável (m ³ /mês)	Potencial de aproveitamento (%)
Jan	281,72	63,25	14,26	15,75	91
Fev	321,80	63,25	16,28	15,75	100
Mar	316,32	63,25	16,01	15,75	100
Abr	300,12	63,25	15,19	15,75	96
Mai	203,25	63,25	10,28	15,75	65
Jun	122,36	63,25	6,19	15,75	39
Jul	74,24	63,25	3,76	15,75	24
Ago	33,64	63,25	1,70	15,75	11
Set	65,92	63,25	3,34	15,75	21
Out	138,01	63,25	6,98	15,75	44
Nov	196,69	63,25	9,95	15,75	63
Dez	279,60	63,25	14,15	15,75	90

Fonte: próprio autor, 2019.

4.4.3 Potencial de economia mensal da residência

Na Tabela 10 podemos verificar o resultado referente a viabilidade econômica do aproveitamento de águas pluviais mensais da residência estudada.

Tabela 10: Valores mensais de economia de água potável de acordo com a faixa de consumo

Mês	Faixa de consumo (m³/mês)	Volume de chuva (m³/mês)	Consumo de água não potável (m³/mês)	Potencial de aproveitamento (%)	Consumo de água potável (m³/mês)	taxa de água (m³/R\$/mês)		economia de água potável (R\$/mês)
Jan	35	14,26	15,75	91	20,74	00 a 12 m³	R\$ 3,79	R\$ 158,09
						13 a 20 m³	R\$ 6,35	
Fev	35	16,28	15,75	100	19,25	00 a 12 m³	R\$ 3,79	R\$ 167,59
						13 a 20 m³	R\$ 6,35	
Mar	35	16,01	15,75	100	19,25	00 a 12 m³	R\$ 3,79	R\$ 167,59
						13 a 20 m³	R\$ 6,35	
Abr	35	15,19	15,75	96	19,81	00 a 12 m³	R\$ 3,79	R\$ 164,00
						13 a 20 m³	R\$ 6,35	
Mai	35	10,28	15,75	65	24,72	00 a 12 m³	R\$ 3,79	R\$ 117,15
						13 a 20 m³	R\$ 6,35	
						21 a 30 m³	R\$ 9,69	
Jun	35	6,19	15,75	39	28,81	00 a 12 m³	R\$ 3,79	R\$ 77,50
						13 a 20 m³	R\$ 6,35	
						21 a 30 m³	R\$ 9,69	
Jul	35	3,76	15,75	24	31,24	00 a 12 m³	R\$ 3,79	R\$ 49,55
						13 a 20 m³	R\$ 6,35	
						21 a 30 m³	R\$ 9,69	
						31 a 40 m³	R\$ 13,20	
Ago	35	1,70	15,75	11	33,30	00 a 12 m³	R\$ 3,79	R\$ 22,45
						13 a 20 m³	R\$ 6,35	
						21 a 30 m³	R\$ 9,69	
						31 a 40 m³	R\$ 13,20	
Set	35	3,34	15,75	21	31,66	00 a 12 m³	R\$ 3,79	R\$ 44,00
						13 a 20 m³	R\$ 6,35	
						21 a 30 m³	R\$ 9,69	
						31 a 40 m³	R\$ 13,20	
Out	35	6,98	15,75	44	28,02	00 a 12 m³	R\$ 3,79	R\$ 85,17
						13 a 20 m³	R\$ 6,35	
						21 a 30 m³	R\$ 9,69	
Nov	35	9,95	15,75	63	25,05	00 a 12 m³	R\$ 3,79	R\$ 113,93
						13 a 20 m³	R\$ 6,35	
						21 a 30 m³	R\$ 9,69	
Dez	35	14,15	15,75	90	20,85	00 a 12 m³	R\$ 3,79	R\$ 157,43
						13 a 20 m³	R\$ 6,35	
Economia Total anual								R\$ 1.324,44

Fonte: próprio autor, 2019.

Os valores referentes a economia variam de acordo com a faixa de consumo de m³ e as precipitações medias mensais, resultando numa economia anual de 1324, 44 reais.

5. CONCLUSÃO

A utilização da água da chuva para fins não potáveis se mostrou bastante positiva e conclui-se que a região tem ótimo potencial para captação da água de chuva, devido ao clima da região e as constantes precipitações. A residência estudada pode alcançar em seu período chuvoso, de dezembro a abril, de 90% a 100% do aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis, na faixa de consumo de 35 m³ mensais, sendo 45% deste valor considerado não potável.

A economia financeira no consumo de água potável para a residência foi de 1324 reais por ano, mostrando-se bastante satisfatória.

O método Prático Inglês, utilizado para dimensionamento do reservatório não foi satisfatório, pois, superdimensiona o reservatório, o que acarretara uma carga elevada para as estruturas da residência.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT NBR 15.527/2007. **“Água de chuva – Aproveitamento em coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos”**.
- 2 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT NBR 10.844/1989. **“Instalações prediais de águas pluviais”**.
- 3 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT NBR 5626/1998. **“Instalações prediais de água fria”**.
- 4 COIMBRA, Roberto; ROCHA, Ciro Loureiro; BEEKMAN, Gertian Berndt. **Recursos Hídricos: Conceitos, desafios e capacitação**. Brasília, DF: ANEEL, 1999.
- 5 DE LIMA, Jeferson Alberto et al. **Potencial da economia de água potável pelo uso de água pluvial: Análise de 40 Cidades da Amazônia**. Eng Sanit Ambient, v. 16, p. 291-298, 2011.
- 6 FRENDRICH, Robert; OLIYNIK, Rogério. **Manual de utilização das Águas Pluviais – 100 Maneiras práticas**. -1. Ed. Curitiba: Livraria do Chain Editora, 2002.

- 7 **GARCIA, Yara Manfrin. Conflitos de uso de solo em APPs na bacia hidrográfica do córrego Barra Seca (Pederneiras/SP) em função da legislação ambiental. 2014.**
- 8 **GHISI, E. Potential for Potable Water Savings by Using Rainwater: na analysis over 62 cities in Southern Brazil. Building and Environment, v.41, n.2, p. 204 -210, 2006.**
- 9 **MATTOS, Pedro José Naoum. Abastecimento de água na região Metropolitana de São Paulo: das políticas atuais à necessidade da integração. 2014. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental). Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2014.**
- 10 **TOMAZ, Plínio. Aproveitamento de água da chuva para fins não potáveis em áreas. Cap. 8, pag. 167-200, 1998.**
- 11 **TOMAZ, P. Aproveitamento de Água de Chuva – Para Áreas Urbanas e Fins não Potáveis. Navegadora Editora, São Paulo, 2003.**
- 12 **VARGAS, Marcelo Coutinho. O gerenciamento integrado dos recursos hídricos como problema socioambiental. Ambiente & Sociedade, n. 5, p.109-134, 1999.**
- 13 **ZAIZEN, M. et al. The Collection of Rainwater from dome stadiums in Japan. Urban Water v.4, n.1, p. 355-359, 1999.**
- 14 **WATERFALL, P.H. (2006). Harvesting Rainwater for Landscape Use. University of Arizona Cooperative. Disponível em <http://ag.arizona.edu/pubs/water/az1052/harvest.html> Acessado: 17/01/2019.**