

**DIMENSIONAMENTO PRELIMINAR DE UM SISTEMA PARA A UTILIZAÇÃO DA ÁGUA DE CHUVA NO NÚCLEO SUPERIOR DE ENSINO DE MANACAPURU DA UNIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS.**

**KATRIANE MONTEIRO DA CUNHA**  
UNIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS - UEA

## **ÁREA TEMÁTICA: Estudo da Amazônia**

### **DIMENSIONAMENTO PRELIMINAR DE UM SISTEMA PARA A UTILIZAÇÃO DA ÁGUA DE CHUVA NO NÚCLEO SUPERIOR DE ENSINO DE MANACAPURU DA UNIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS.**

Katriane Monteiro da Cunha,

Acadêmica de Engenharia Civil, Universidade do Estado do Amazonas-UEA

katrianemonteiro@gmail.com

Joecila Santos da Silva

Professora, Doutorada Engenheira Civil, Universidade do Estado do Amazonas – UEA

jsdsilva@uea.edu.br

Pablo Alves Leitão

Acadêmico de Engenharia Civil, Instituto Federal do Amazonas – IFAM

Pabl96@hotmail.com

## **RESUMO**

A água é um dos principais recursos naturais utilizados pelos seres humanos e na atualidade, vários países vêm enfrentando problemas de escassez de água decorrentes de problemas tais como falta de organização das cidades, crescimento populacional, aumento da demanda de água pela indústria e pela agricultura, que causam o esgotamento de suas reservas. O gerenciamento do uso da água e a procura por fontes alternativas de abastecimento como o aproveitamento da água da chuva, insere-se no contexto do desenvolvimento sustentável, o qual propõe o uso dos recursos naturais de maneira equilibrada e sem prejuízos para as futuras gerações. Este trabalho busca dimensionar um sistema para a utilização da água de chuva no Núcleo de Ensino Superior de Manacapuru, da Universidade do Estado do Amazonas, visando sua utilização para finalidades não nobres. Serão utilizados três métodos de dimensionamento para a determinação do volume do reservatório, propostos na NBR 15.527/2007, o método de Rippl, o método da simulação e o método prático do professor Azevedo Neto, bem como verificada a economia da taxa de água fornecida pela concessionária local decorrente da utilização do referido sistema.

**Palavras-chave:** Águas pluviais, reuso, aproveitamento de água de chuva

## **ABSTRACT**

Water is one of the main natural resources used by humans and today, several countries are facing water scarcity problems due to problems such as lack of organization of cities, population growth, increased demand for water by industry and agriculture, which cause the exhaustion of their reserves. The management of water use and the search for alternative sources of supply such as the use of rainwater, is part of the sustainable development, which proposes the use of natural resources in a balanced manner and without prejudice to future generations. This work aims to design a system for the use of rainwater in the University of Amazonas State University of Manacapuru, aiming at its use for non - noble purposes. Three sizing methods will be used to determine the reservoir volume, proposed in NBR 15.527 / 2007, the Rippl method, the simulation method and the practical method of Professor Azevedo Neto, as well as the economics of the water rate provided by concessionaire arising from the use of said system.

**Key words:** Rainwater, reuse, use of rainwater

## **1. INTRODUÇÃO**

A limitação de reservas de água doce no planeta, o aumento da demanda de água para atender, principalmente, o consumo humano, agrícola e industrial, a prioridade de utilização dos recursos hídricos disponíveis para abastecimento público, torna necessária a adoção de estratégias que visem racionalizar a utilização dos recursos hídricos, para que usos menos nobres possam ser supridos, sempre que possível, por águas de qualidade inferior.

Para tanto, são necessárias ações para a eficiente gestão da demanda, reduzindo os índices de perdas e desperdícios, muitas vezes inconscientes, bem como são necessários investimentos em desenvolvimento tecnológico e na busca de soluções alternativas para a ampliação da oferta de água como, por exemplo, a utilização da água de chuva.

O uso da água de chuva contribui para a preservação das reservas de água doce no planeta e agrega uma dimensão econômica ao planejamento dos recursos hídricos, reduzindo a demanda sobre os mananciais devido à substituição da água potável por água não potável (ROCHA, 2017). Além disso, se mostra como a alternativa mais

plausível para satisfazer a demandas menos restritivas, liberando as águas de melhor qualidade para usos mais nobres, como o abastecimento doméstico.

O atendimento deste objetivo implica em esforços conjuntos das entidades públicas e privadas. Sendo as universidades, dada sua relevância social, a porta de entrada para recuperar o equilíbrio entre oferta e demanda de água e certificar a sustentabilidade econômica, social e ambiental, fornecendo para a sociedade modelos dos projetos alternativos a serem aplicados.

Nesse contexto, o dimensionamento preliminar de sistema para a utilização da água de chuva no Núcleo Superior de Ensino de Manacapuru, da Universidade do Estado do Amazonas – UEA, levanta questões da importância ambiental voltadas para o reuso da água de chuva, visando a viabilidade econômico/ambiental local, com a possibilidade de reduzir custos com água tratada e contribuir com o meio ambiente, já que o núcleo supracitado não possui projetos voltados reuso da água.

## 2. APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAIS

### 2.1 Históricos de Aproveitamento Águas Pluviais

Aproveitamento de águas pluviais é no seu sentido mais amplo, uma tecnologia usada para coletar e armazenar água de chuva para uso humano a partir de telhados, coberturas, superfícies da terra ou em formações rochosas, utilizando das técnicas mais acessíveis como jarros e potes, bem como técnicas de engenharia.

Segundo Nascimento (2014), a utilização das águas pluviais tem sido praticada há mais de 4.000 anos, devido à variabilidade temporal e espacial das chuvas. É uma significativa fonte de água em muitas áreas onde não possui qualquer tipo convencional de sistema de abastecimento centralizado de água, sendo então, de extrema importância em áreas onde a água de boa qualidade, superficiais ou subterrâneas possa rarear. Sistemas de aproveitamento de águas pluviais têm sido usados desde a antiguidade, existindo evidências de sistemas de captação das águas de chuva que remontam ao início dos tempos romanos. Vilas romanas e mesmo cidades inteiras foram projetadas para utilização de águas pluviais como a principal fonte de água para beber e fins domésticos. No deserto de Negev, em Israel, o aproveitamento das águas das chuvas com o propósito de ser usado para fins domésticos e agrícolas têm permitido habitação e cultivo em áreas com apenas 100 mm de chuva por ano.

A tecnologia também tem longa história na Ásia, onde as práticas de coleta de águas pluviais remontam há quase 2000 anos, na Tailândia. O maior reservatório de águas pluviais do mundo é provavelmente o de Yerebatan Sarayi, em Istambul, Turquia,

construído durante o reinado de César Justiniano (527- 565 a.C.). Mede 140 m por 70 m e tem uma capacidade de 80.000 m<sup>3</sup> (UNEP, 2013).

### **3. MATERIAIS E MÉTODOS**

#### **3.1 DETERMINAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO**

O local de estudo do presente trabalho será o Núcleo de Ensino de Manacapuru, da Universidade do Estado do Amazonas (UEA), localizado na Rua Waldemar Ventura, Bairro São José, Manacapuru - AM.

A edificação, localizada em um terreno de 70,00x80,00m<sup>2</sup>, possui um pavimento, tendo uma área total construída de 44,20 m<sup>2</sup>, onde estão distribuídas salas de aula, laboratórios, biblioteca, lanchonete e banheiros.

Mediante informações obtidas por funcionários da UEA, constatou-se que não existe atualmente – e também nunca foi utilizado – nenhum tipo de sistema de aproveitamento de águas pluviais na edificação.

#### **4.1 MATERIAIS**

##### **4.1.1 Dados Pluviométricos**

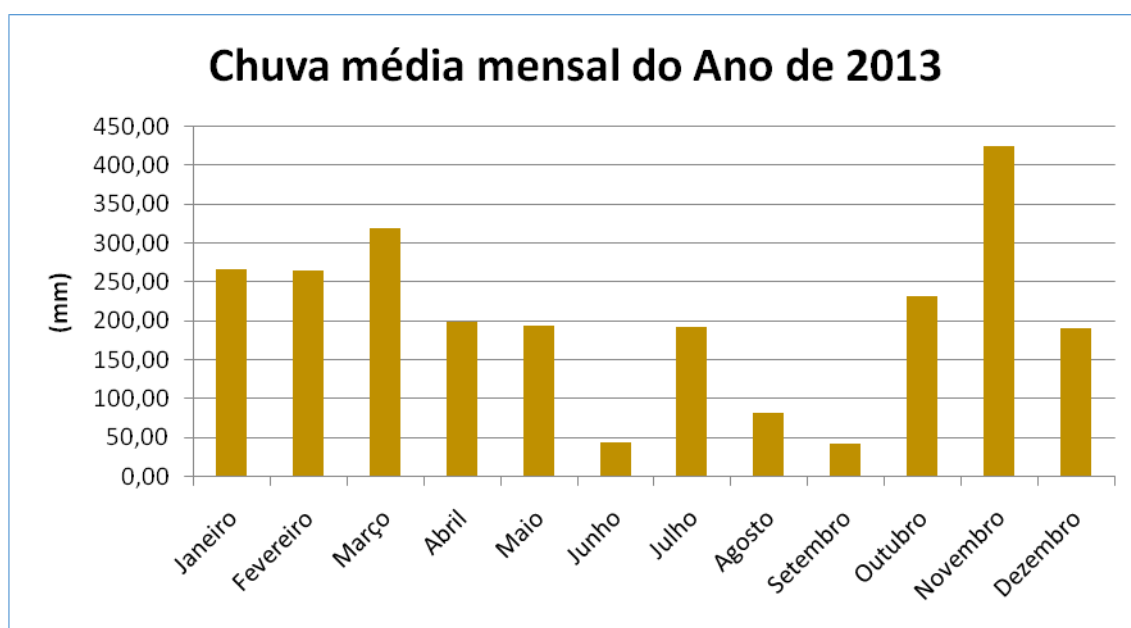
Os valores de precipitação utilizados foram os valores mensais de precipitação média em milímetros, através da série histórica que compreende os anos de 2008 a 2017, obtidos para a cidade Manacapuru – AM, que foi fornecido pelo Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, Através desses dados foi possível observar que o ano de 2013 foi a maior precipitação, entre os meses de maior precipitação estão os meses de Outubro a Maio, de 2.454,6 mm/ano, conforme a figura 1.

Figura 1: Precipitação média mensal de 2008 a 2017 de Manacapuru-AM

Fonte: INMET, 2018

A partir dos dados foi possível criar um pluviograma médio mensal do período para a localidade. (Figura 2).

Figura 2: Precipitação média mensal de 2008 a 2017 – Manacapuru-AM



Fonte: INMET, 2018

Através dessa distribuição percebe-se uma distribuição irregular da chuva para a cidade Manacapuru-Am, com os índices pluviométricos maiores que 200 mm nos meses

Precipitação média mensal de 2008 a 2017 de Manacapuru-AM													
Ano	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maió	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Somatório Anual
2008				448,4	292,4	135,8	0	56,4	64,6	192,4	262,8	166,2	1619
2009	24,6	14,4	16	0,8	0,8	0,2	0	0,6	89	81,2	38	152,8	418,4
2010	13,6	2	1,4	1,8	1	0,2	0	3,8	92,2	84,8	212	224,4	637,2
2011	236,4	274,8	327,4	412,4	186,2	129,8	47	48,2	35,4	0	130	308,6	2136,2
2012	546,8	211,6	280,6	370	114,2	47,8	94,6	30,8	55,8	37	180,6	269,2	2239
2013	266,4	264,6	319,6	199	194,4	44	193,2	82,6	42,4	233	424,8	190,6	2454,6
2014	319,8	193,4	570,8	298,6	342,6	133	0	71,8	52,4	71,8	196,4	47,2	2297,8
2015	471,2	128	482	211	230,6	115,8	124	33,8	46,6	37	146	178,8	2204,8
2016	162,2	224	273,8	268,2	189,4	84	52,6	83,6	96,2	139	210,8	521,4	2305,2
2017	353,4	433,4	301	226,8	0	0	31,4	68,4	141,8	145	201	337,8	2240
Média	266,04	194,02	285,84	243,70	155,16	69,06	54,28	48,00	71,64	102,12	200,24	239,70	1929,81

de novembro a abril. Os meses mais seco por sua vez, são os de junho a outubro.

## 4.2 MÉTODOS

### 4.2.1 Área de Captação

A captação será pela simples coleta, por meio de calhas, das águas de chuva que escoam no telhado da área estudada do Núcleo Superior de Ensino de Manacapuru, da UEA, utilizado posteriormente para dimensionada o reservatório de água pluvial. Será realizado considerando-se as áreas de cobertura da edificação do plano inclinado, conforme Figura 3 extraída através do programa Google Earth (2018).

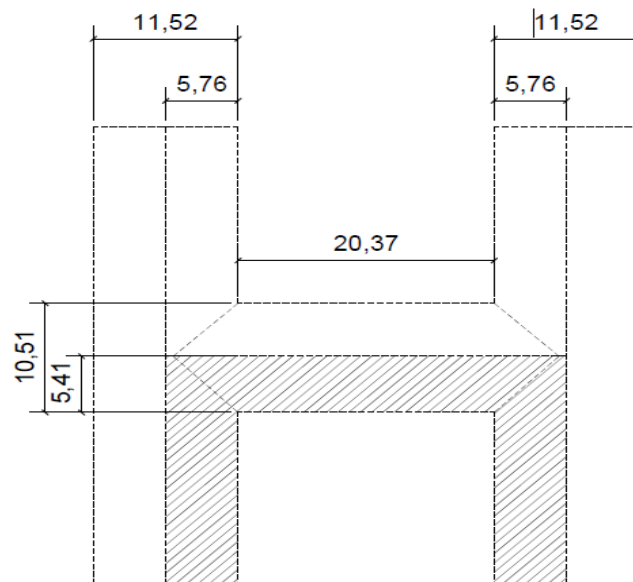
Figura 1: Área de Captação da UEA



Fonte: Mosaico de imagens do programa Google Earth, 2018.

As áreas de projeção horizontal do prédio (telhado) considerada nesse estudo, obtidas através da área hachurada na planta baixa, e de  $396,78\text{m}^2$

Figura 4: Planta Baixa do Telhado da UEA



#### 4.2.2 escoamento Superficial

O coeficiente de escoamento superficial, também chamado de Coeficiente de Runoff (C), varia de acordo com o material do telhado, conforme a figura 5, porém o melhor valor a ser adotado como coeficiente é  $C = 0.8$ , conforme TOMAZ (2010), que será o valor utilizado neste estudo.

Figura 2: Coeficiente de Runoff médios

<b>MATERIAL</b>	<b>COEFICIENTE DE RUNOFF</b>
Telhas cerâmicas	0,8 a 0,9
Telhas esmaltadas	0,9 a 0,95
Telhas corrugadas de metal	0,8 a 0,9
Cimento amianto	0,8 a 0,9
Plástico	0,9 a 0,95

Fonte: Adaptado de Tomaz, 2010.

#### 4.2.3 Volume de Água de Chuva

$$V = P \times A \times C \times \eta \text{ fator de Equação 1.}$$

Captação

Sendo:

$V$  = volume mensal, diário da água de chuva aproveitado;



P= precipitação média mensal ou diário (mm);

C= coeficiente de runoff = 0,80;

$\eta$  fator captação= eficiência do sistema de captação de água (0,5 a 0,9); e

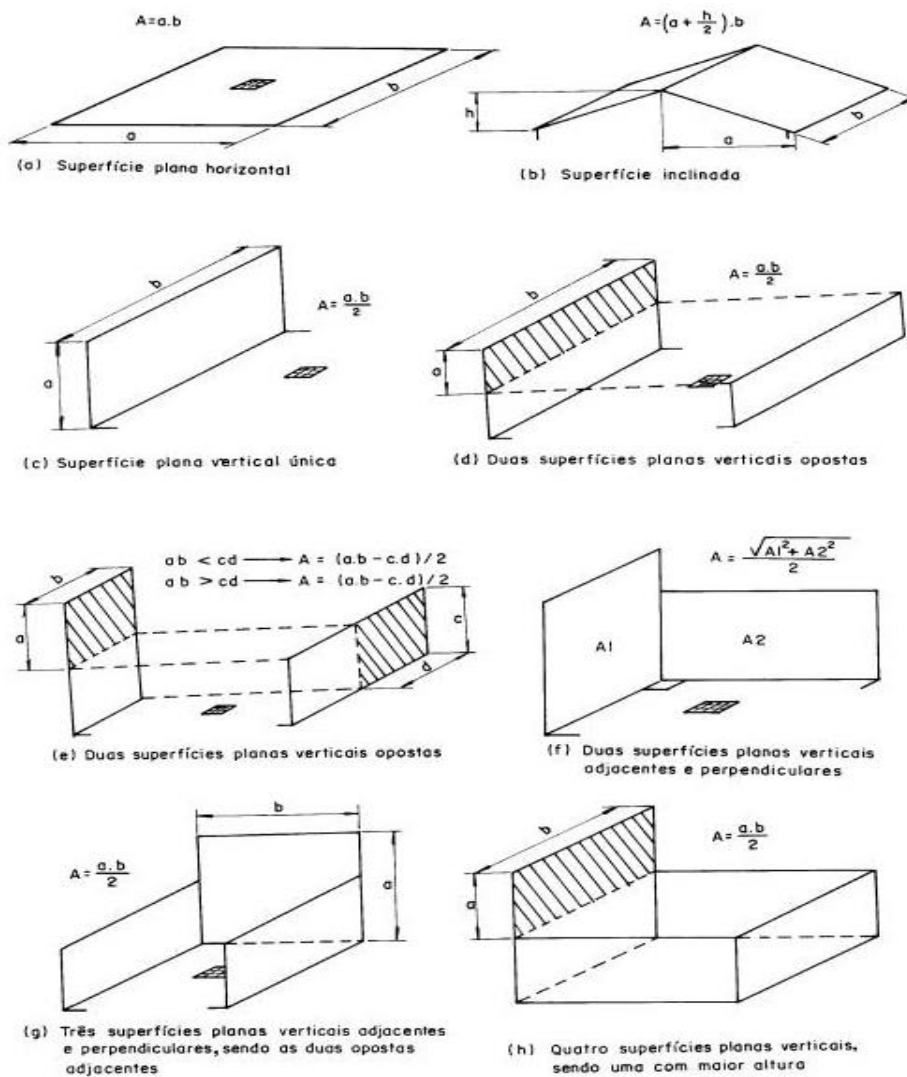
A= área do telhado em projeção (m<sup>2</sup>).

O cálculo de volume da água de chuva que pode ser aproveitado da área de captação da UEA que é 396,78m<sup>2</sup>, sendo a precipitação mensal de 2013 do mês de Novembro de 424,8 mm, aplicando na equação 1, conforme Tomaz (2010). Obtivemos o volume de água de chuva que pode ser aproveitado que é de 135 litros.

#### **4.2.4 Vazão de Projeto na Calha**

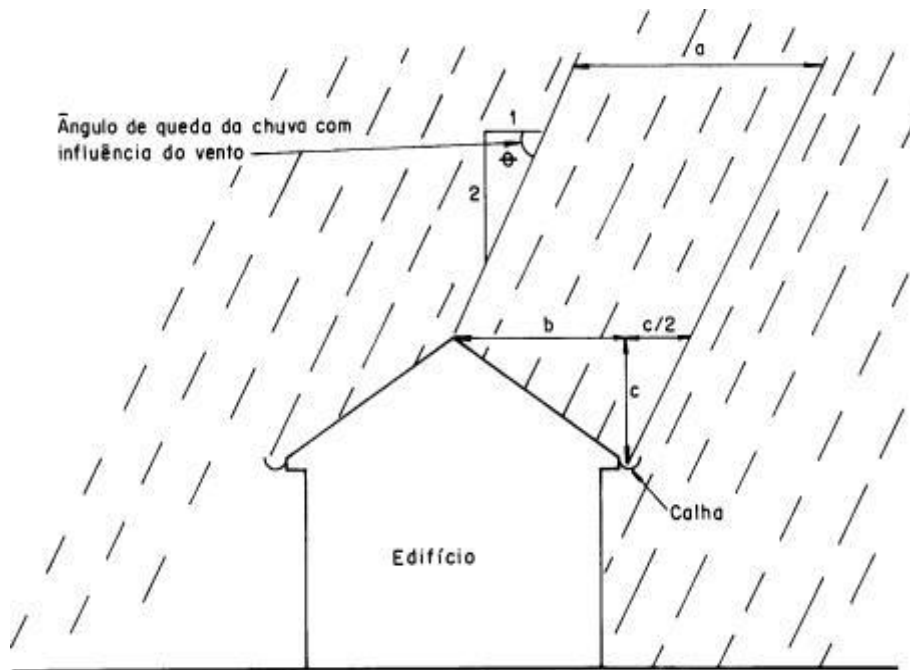
De acordo com a NBR 10844/89, para o cálculo da área de contribuição, devem-se considerar os incrementos devidos à inclinação da cobertura e às paredes, a ação do vento também deve ser considerada. A área de captação horizontal deve possuir uma inclinação mínima de 0,5% para garantir o escoamento até os pontos previstos para a realização da drenagem (NBR 10844/89), conforme figuras 6 e 7.

Figura 6. Indicações para cálculo da área de contribuição



Fonte: NBR 10844/1989

Figura 7. Influência do vento na indicação da chuva



Fonte: NBR 10844/1989

$$Q = I \times A / 60 \quad \text{Equação 2.}$$

Sendo:

Q= vazão de pico (litros/min);

I= intensidade pluviométrica (mm/h) (para período de retorno de maior ou igual 25 anos).

A= área de contribuição (m<sup>2</sup>)

Para a vazão da calha foram seguidas as diretrizes da ABNT NBR 10844/89, dada pela equação 2, logo então a vazão do projeto na calha é de 2809,20 L/min

#### 4.3.5 Dimensionamentos da Calha

O dimensionamento da calha será feito pela a fórmula de Manning (Equação 3).

$$Q = 60000 \times (A/n) \times R^{(2/3)} \times S^{0,5} \quad \text{Equação 3.}$$

Sendo:

Q= vazão de pico (litros/min);

A= área da seção molhada (m<sup>2</sup>);

n= coeficiente de rugosidade de Manning. Para concreto n=0,013 e para plástico n=0,011;

R= raio hidráulico= A/P;

P= perímetro molhado (m); e

S= declividade da calha (m/m).

#### 4.2.5 Dimensionamento do Reservatório

Para o dimensionamento do reservatório será as seguidas as diretrizes apresentadas no anexo A, da ABNT NBR 15527/2007. Adotou-se três metodologias para efeito de comparação **Método de Rippl, Método de simulação, Método Prático do Professor Azevedo Neto.**

##### 4.3.6.1 Métodos de Rippl

Utilizando a metodologia de dimensionamento de Rippl, foi possível encontrar um reservatório de aproximadamente 230,1m<sup>3</sup> como demonstrado na tabela 1.

#### MÉTODO DE RIPPL

Coeficiente de runoff (CR)		0,95					
Meses	Chuva média mensal (mm)	Demand a mensal (m³)	Área de captação (m²)	Volume de chuva mensal (m³)	Diferença entre o vol da demanda e volume de chuva (m³)	Diferença acumulada da col 6 dos valores positivos (m³)	Situação do reservatóri ^
Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3	Coluna 4	Coluna 5	Coluna 6	Coluna 7	Coluna 8
Janeiro	266,40	85,85	396,78	100	-14,15	0	E
Fevereiro	264,60	85,85	396,78	100	-14,15	0	E
Março	319,60	85,85	396,78	120	-34,15	0	E
Abril	199,00	85,85	396,78	75	10,85	10,85	D
Maio	194,40	85,85	396,78	73	12,85	23,7	D
Junho	44,00	85,85	396,78	17	68,85	92,55	D
Julho	193,20	85,85	396,78	73	12,85	105,4	D
Agosto	82,60	85,85	396,78	31	54,85	160,25	D
Setembro	42,40	85,85	396,78	16	69,85	230,1	D
Outubro	233,00	85,85	396,78	88	-2,15	227,95	S
Novembro	424,80	85,85	396,78	160	-74,15	153,8	S
Dezembro	190,60	85,85	396,78	72	13,85	167,65	D
Total	2454,6	1030,2		925	Volume=	230,1	

Tabela 1 Método de Rippl.

##### 4.3.6.2 Método de Simulação

Pelo Método de Simulação nota-se que em nove meses (outubro, novembro, dezembro, janeiro, fevereiro, março, abril, maio e julho), com um reservatório de 250m<sup>3</sup>, o sistema conseguirá suprir a demanda de água para de águas para fins não potáveis, portanto necessário utilizar o suprimento do SAAE para os demais meses.

ANÁLISE DE SIMULAÇÃO DO RESERVATÓRIO									
Coeficiente de runoff (CR) =		0,95							
Volume do reservatório (m³) =		250							
Meses	Chuva média mensal (mm)	Demanda mensal (m³)	Área de captação (m²)	Volume de chuva mensal (m³)	Volume do reservatório fixado (m³)	Volume do reservatório no tempo (t-1) (m³)	Volume do reservatório no tempo (t) (m³)	Overflow (m³)	Suprimento de água externo (m³)
Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3	Coluna 4	Coluna 5	Coluna 6	Coluna 7	Coluna 8	Coluna 9	Coluna 10
Janeiro	266,40	85,85	396,78	100	250	0	250	0	0
Fevereiro	264,60	85,85	396,78	100	250	250	250	14,15	0
Março	319,60	85,85	396,78	120	250	250	250	34,15	0
Abril	199,00	85,85	396,78	75	250	250	239,15	0	0
Mai	194,40	85,85	396,78	73	250	239,15	226,3	0	0
Junho	44,00	85,85	396,78	17	250	226,3	157,45	0	0
Julho	193,20	85,85	396,78	73	250	157,45	144,6	0	0
Agosto	82,60	85,85	396,78	31	250	144,6	89,75	0	0
Setembro	42,40	85,85	396,78	16	250	89,75	19,9	0	0
Outubro	233,00	85,85	396,78	88	250	19,9	22,05	0	0
Novembro	424,80	85,85	396,78	160	250	22,05	96,2	0	0
Dezembro	190,60	85,85	396,78	72	250	96,2	82,35	0	0
<b>Total</b>	<b>2454,6</b>	<b>1030,2</b>		<b>925</b>				<b>48,3</b>	<b>0</b>

Tabela 2: Método de Simulação.

#### 4.3.6.3 Método Prático do Professor Azevedo Neto

Para o método do Prof. Azevedo Neto será utilizada a Equação 9.

$$V = 0,042 \times P \times A \times T \text{ Equação 9}$$

Onde:

P = precipitação média anual em milímetros;

T = número de meses de pouca chuva ou seca;

A = área de coleta, em metros quadrados;

V = volume de água aproveitável e o volume de água do reservatório, em litros.

A economia na taxa de água será calculada multiplicando-se o valor cobrado por m³ pelo SAAE, pelo volume captado. Será obtido o valor economizado por ano na taxa de água, conforme Equação 10.

$$EC \text{ tx. água} = \text{Valor do m}^3 * V_{\text{captado}} \text{ Equação 10}$$

## 5 POPULAÇÃO E AMOSTRA

Para estimar a demanda de água não potável considerou-se a utilização do sistema por 190 alunos, 12 funcionários e por 3 professores considerando uma utilização da descarga na bacia para o consumo de 20 dias (úteis) do mês de agosto 2018.

Tabela 3: Parâmetros para estimativa de demanda de água para o local de estudo.

Uso Interno	Unidades	Parâmetros	
		Inferior	Superior
Descarga na bacia	Descarga/ pessoa/ dia	4	6
Volume de descarga	Litros/ descarga	6,8	18

Fonte: Adaptado de Tomaz, (2009)

### 5.1 PREVISÕES DE CONSUMO DE ÁGUA NÃO POTÁVEL DO NÚCLEO SUPERIOR DE ENSINO DE MANACAPURU – AM

Será calculado o consumo de água não potável pela equação 11.

$$(0,03 \times \text{área construída}) + (0,07 \text{ n}^\circ \text{ de funcionário}) + (0,8 \text{ n}^\circ \text{ de Bacias}) + 50;$$

Equação 11

### 5.2 VOLUME MÉDIO MENSAL GASTO NAS BACIAS SANITÁRIAS

A bacia sanitária mais econômica existente no Brasil é de 6,8 L/descarga, mas como podemos ter vazamento de ordem de 30%, então será usado a taxa de 9,0 L/descarga. O volume médio mensal gasto nas bacias sanitárias será estimado pela equação 12.

$$(\text{Funcionários}) \times (9 \text{ L/descarga/dia}) \times (5 \text{ vezes/dia}) \times 20 \text{ dias} / 1000; \text{Equação 12}$$

## **6. RESULTADOS ESPERADOS**

Espera-se obter, ao final da pesquisa, os seguintes resultados:

- a) Dados do índice pluviométrico sobre precipitações diárias de sete anos, de 04/2004 a 12/2017, no município de Manacapuru;
- b) Aplicação dos Métodos de acordo com as diretrizes NBR 15527/2007 para determinação do dimensionamento preliminar de um sistema para a utilização da água de chuva no Núcleo Superior de Manacapuru-AM;
- c) Determinação do Estudo comparativo dos dados do cálculo da economia do consumo água fornecida pelo SAAE;

## **7. CONCLUSÃO ESPERADOS**

Ao final da pesquisa, espera-se comprovar os seguintes itens:

- a) Apresentar como o sistema de aproveitamento da chuva é econômico e sustentável; e
- b) Apresentar que a implantação do sistema de aproveitamento da água da chuva, seja uma alternativa eficiente para os alunos, professores e funcionários da Universidade do Estado do Amazonas; e
- c) Apresentar o estudo comparativo dos dados do cálculo da economia do consumo água fornecida pelo SAAE.

## **8. REFERENCIAS**

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

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

THOMAS, T. H; MARTINSON, D. B. RoofwaterHarvesting: A Handbook for Practitioners. Delft, Holanda: InternationalWaterandSanitation Centre, 2007.

TOMAZ, PLÍNIO. Água pague menos: 4 atitudes básicas para economizar água. Ed: Plínio Tomaz. Dezembro, 2010.