

Rainwater catchment for non-potable purposes. A case study in an industrial laundry in the city of Manaus

Melissa de Andrade Nogueira¹, Priscila Bentes Damasceno², Italo Jorge Tavares Jimenez³

^{1,2} Centro Universitario do Norte – UNINORTE - *Laureate Universities*, Brasil, Rua Igarapé de Manaus, 211 – Centro, Manaus/AM

³ Instituto de Tecnologia e Educação Galileo da Amazônia (ITEGAM), Av Joaquim Nabuco, 1950 – Centro, Manaus/AM .

Email: melissaanogueira@hotmail.com, priscilabentes.d@hotmail.com, italo.jimenez@itegam.org.br

ABSTRACT

Received: July 19th, 2018.

Accepted: August 05th, 2018.

Published: September 30th, 2018.

Copyright ©2016 by authors and Institute of Technology Galileo of Amazon (ITEGAM).

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International

License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



In order to contribute to the preservation of drinking water, this work has the objective of studying the feasibility of collecting rainwater for non - potable purposes in an industrial laundry, located in the western part of the city of Manaus, Amazonas. *In loco* visits were made to obtain the average water consumption and for calculating the roof area of the laundry; and the pluviometric indexes of the region were obtained through a survey at INMET (2016). With the data, the reservoir volume was calculated by the methods of Azevedo Neto and Rippl, mentioned in the NBR 15527 (ABNT 2007) as well as the pluviometric intensity and flow rate of the system as based in NBR 10844 (ABNT 1989). The results indicated the impossibility of a catchment project to reach a demand of 450m³ due to the usable volume being lower than the demand of the enterprise. Therefore, it was proposed a catchment project considering a demand of 50m³ / month, and for this demand the proposed system proved to be feasible since it promotes the reduction of 600 m³ per year of drinking water and financial savings of R \$ 969.95 /month. If implemented by the company, the return period of the investment will be reached in two years. In addition to the financial benefits, this study contributes to the environment by minimizing the pressure in underground reservoirs, saving drinking water and decreasing runoff in urban areas.

Keywords: Rainwater, Catchment and use, Financial benefits.

Captação de águas pluviais para fins não potáveis. Um estudo de caso em uma lavanderia industrial da cidade de Manaus.

RESUMO

Com o intuito de contribuir para a preservação de água potável, este trabalho tem como objetivo, estudar a viabilidade de captação de águas pluviais para fins não potáveis em uma lavanderia industrial, localizada na zona oeste da cidade de Manaus, Amazonas. Foram realizadas visitas *in loco* para obtenção do consumo médio de água e a área do telhado da lavanderia e aquisição dos índices pluviométrico da região foram obtidos através de pesquisa no INMET (2016). Com os dados calculou-se o volume do reservatório pelos métodos de Azevedo Neto e Rippl, dispostos na NBR 15527 (ABNT 2007) bem como a intensidade pluviométrica e vazão do sistema como base na NBR 10844 (ABNT 1989). Os resultados obtidos indicaram a inviabilidade de um projeto de captação para atender uma demanda de 450m³ devido o volume aproveitável ser inferior a demanda do empreendimento. Sendo assim, foi proposto um projeto de captação considerando uma demanda de 50m³/mês, portanto para esta demanda o sistema proposto mostrou-se viável pois promove a redução de 600 m³ por ano de água potável e uma economia financeira de R\$ 969,95/mês. Caso implementado pela empresa o período de retorno do investimento será de dois anos. Além dos benefícios financeiros este estudo contribui com meio ambiente minimizando as sobrecargas nos reservatórios subterrâneos, economia de água potável e escoamento superficial em áreas urbanas.

Palavras-chave: Águas pluviais. Captação e aproveitamento. Benefícios financeiros.

I INTRODUÇÃO

A água é um recurso indispensável para manutenção da vida na terra, atualmente há uma grande preocupação com a qualidade deste recurso disponível no planeta, esse fator preocupante está associado ao aumento populacional e ao seu consumo desordenado[1].

Quanto a disposição de água, a maior parte do planeta é composta por água que está nos oceanos, estima-se que 97,5% seja salgada, ou seja, imprópria para consumo humano, o restante 2,5% água doce encontram-se em regiões polares ou subterrâneas de difícil aproveitamento[2].

A maior reserva de água doce está concentrada no Brasil com aproximadamente 13% [3], no Brasil os locais mais populosos são justamente os que possuem menores quantidades de água, por outro lado, onde há maior disponibilidade deste recurso ocorre baixo índice populacional [4]. Um exemplo dessa distribuição desigual mencionada é a região Sudeste, pois comporta em torno de 43% da população e conta com uma reserva hídrica de 6%, enquanto a região Norte conta com 8% da população e dispõe de 69% de água de todo o território brasileiro [5].

Além de toda problemática de distribuição de água, no ano de 2014 o Estado de São Paulo enfrentou uma das maiores crises hídricas da história, com a baixa dos seus principais reservatórios, o Sistema Cantareira[6]. Esse sistema abastece aproximadamente 9 milhões de pessoas, por esse motivo o Estado precisou passar por racionamento de água para evitar que o sistema operasse em estado crítico. Para alguns autores [7, 8] os fatores que tem contribuído para a crise hídrica são o aumento da população, mudanças climáticas, uso inadequado do solo e a poluição da água.

Diante desse quadro crítico, surge a necessidade de criar fontes alternativas que visem suprir as necessidades da população para fins não tão nobres, conservando a água potável. O incentivo à captação de águas pluviais é uma das alternativas, porém o Brasil está longe de se tornar uma referência em termos de captação. Atualmente existe um projeto de Lei em tramitação no Senado Federal Nº 324 de 2015, que institui a obrigatoriedade para que as novas construções sejam elas residenciais, comerciais, privadas ou públicas contemplem em seus projetos um sistema de captação e reuso não potável de águas pluviais. Esse projeto de Lei se aplicado de forma adequada poderá contribuir para minimizar os desperdícios de água potável.

A fim de suprir as necessidades do abastecimento de água foram desenvolvidos diversos estudos e tecnologias para captação de águas pluviais, a mais utilizada é através da captação das precipitações sobre os telhados e o posterior armazenamento em reservatórios através de calhas condutoras, onde essa água captada será armazenada e tratada conforme sua destinação [9, 10].

O aproveitamento das águas pluviais é utilizado em diferentes setores seja residencial, comercial ou industrial, pois apresenta uma redução significativa no consumo de água tratada e conseqüente redução de despesas[11]. Com o aproveitamento de água de chuva, estima-se uma economia de 30% de água potável[12]. Para implementar esse tipo de sistema é necessário levar em consideração três fatores principais, a demanda de água, a área do telhado para captação e a precipitação da região. Além do dimensionamento da capacidade do reservatório ser a parte mais importante, é também onde se concentra o maior custo de um projeto, o baixo volume aproveitável influencia diretamente na confiabilidade do sistema.

A Norma Brasileira Regulamentadora [13] estabelece diversos métodos para dimensionar o tamanho dos reservatórios. Dentro os métodos mais utilizados na literatura o método de

Azevedo Neto é considerado um método prático e de fácil aplicação, este método brasileiro leva em consideração a precipitação média anual, os meses de pouca ou seca e a área de contribuição do telhado onde se pretende captar a água da chuva. Já para o dimensionamento do método de rippl devem ser determinados a demanda média de água pluvial, a área da superfície de captação e o coeficiente de escoamento superficial ou coeficiente runoff.

A região Amazônica apresenta precipitação média superior a 2800 mm/ano, enquanto que a média anual das precipitações na região Nordeste variam de 750 a 1000 mm/ano [14]. O Estado do Amazonas apesar de deter uma das maiores reservas hídrica, o sistema de abastecimento realizado pela concessionária de água não é feito de forma eficiente e a população sofre com falta da água, de 1,7 milhão de habitantes, 440 mil pessoas não são atendidas pela concessionária necessitando de fontes alternativas para armazenamento da água [15].

Para este estudo levou-se em consideração a utilização de águas pluviais em uma lavanderia, pois uma das suas principais características é o elevado consumo de água empregado em seu processo de lavagem de roupas. Diante das problemáticas mencionadas acima, este estudo visa à adoção de práticas que minimizem os desperdícios e que contribua com o uso sustentável deste recurso.

II MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia utilizada para o desenvolvimento deste estudo seguiu conforme disposto na Figura 1.

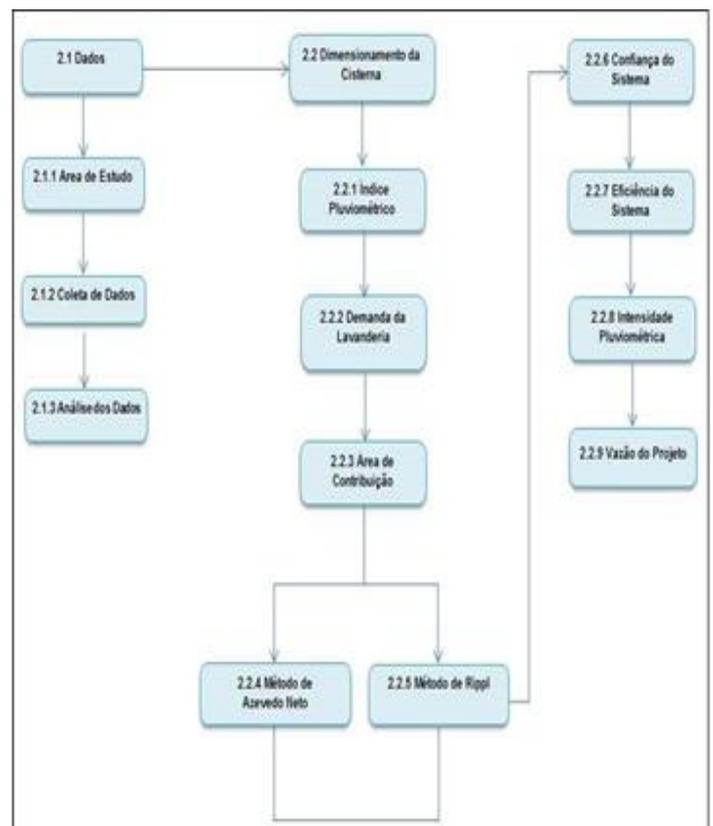


Figura 1: Fluxograma metodologia.

Fonte: Autores, (2018).

Os dados utilizados neste estudo tiveram como base uma lavanderia industrial, situada na Zona Oeste da cidade de Manaus capital do Estado do Amazonas (Figura 2).

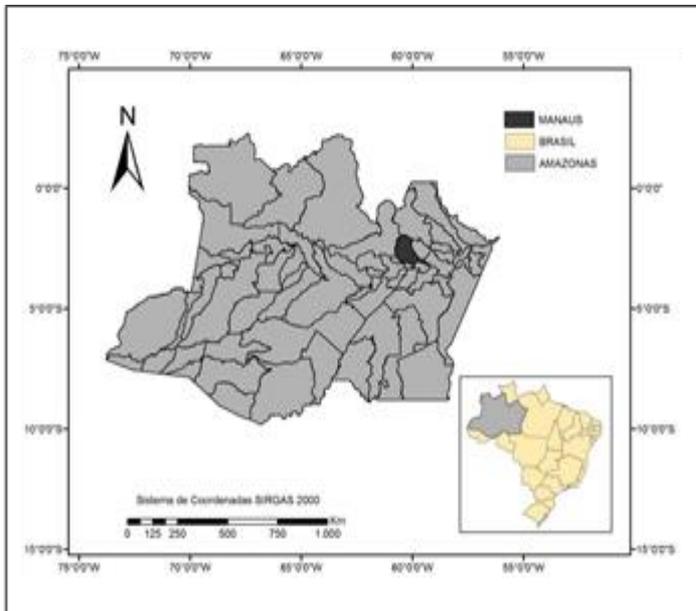


Figura 2: Mapa de localização da área de estudo.
Fonte: Autores, (2018).

A lavanderia é especializada em higienização de uniformes industriais, EPIs e hotelaria, funcionando seis dias por semana 10 h/dia e atualmente com 40 funcionários.

O índice pluviométrico da cidade de Manaus foi obtido em pesquisa no Instituto Nacional de Meteorologia[16] no período entre 1986 a 2015.

Para verificar o consumo de água e a área de captação da lavanderia foram realizadas *visitas in loco* no mês de junho de 2018.

Para este estudo considerou-se os métodos mais utilizados na literatura que são Azevedo Neto e Rippl, com o objetivo de compara-los e determinar qual o método mais adequado segundo os interesses da proposta do projeto.

Os dados de precipitação obtidos através do INMET foram dispostos em planilhas utilizando software da empresa *Microsoft, Excel 2013*, onde foi possível determinar os valores de média mensal, anual e desvio padrão.

A lavanderia tem uma demanda a cerca de 600 kg/dia de roupas, lavando em média 15.000 kg/mês. Para determinar o consumo de água mensal foi utilizado a literatura [17].

Com base no índice pluviométrico foram dimensionadas as estruturas de captação de águas pluviais, como calhas, condutores verticais, área de contribuição e intensidade pluviométrica para a cidade de Manaus, segundo a NBR 10844/1989[18].

Para obtenção do índice pluviométrico da cidade de Manaus, fez-se necessário a aquisição dos dados no Banco de Dados Meteorológico para Ensino e Pesquisa (BDMEP), através do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2016) [19]. Os dados adquiridos para este estudo foram os do período de 1986 à 2015, totalizando 30 anos.

A empresa não autorizou a divulgação do consumo mensal de água em seu processo de lavagem de roupas, para determinar o consumo médio mensal este estudo baseou-se na literatura [17], onde estabelece que, para cada kg de roupa seca utilize-se 30 litros de água, ou seja 0,03 m³.

Para calcular a área de contribuição levaram-se em consideração os dados de comprimento, metade da largura do telhado e a altura da colmeira. Conforme Figura 3, o telhado do empreendimento tem a característica de duas águas com dimensões: Comprimento de 38 metros e metade da largura do telhado 8,5 metros, e a altura da colmeira 2,5.

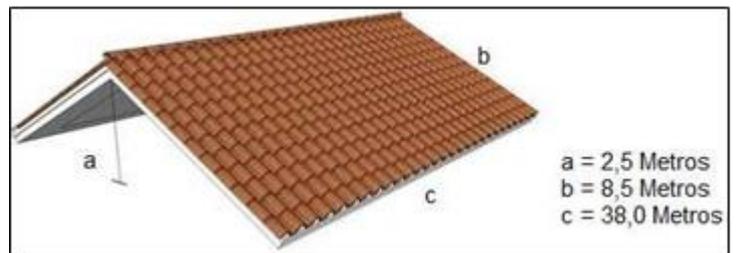


Figura 3: telhado do empreendimento.
Fonte: Autores, (2018).

Para calcular a área de contribuição da lavanderia utilizou-se a NBR 10844/1989[18] através da equação 1.

$$A = b + (a/2).c \quad (1)$$

A= Área de contribuição do telhado (m²)

b= metade da largura do telhado (m)

a= altura da cumeeira (m)

c= comprimento do telhado (m)

O método de Azevedo Neto conhecido também como Método Prático Brasileiro é considerado um método de fácil aplicação. Para o dimensionamento do volume utilizou-se equação:

$$Vl = 0,042 \times P \times A \times T \quad (2)$$

Vl= volume de água aproveitável (litros);

P= precipitação média anual (mm);

A= Área do telhado (m²);

T= número de meses com pouca chuva ou seca;

Onde a constante 0,042 refere-se à precipitação total anual.

O coeficiente de escoamento superficial expressa a relação entre a quantidade de água que escoou pela superfície do telhado e o total de água precipitada [9]. A captação de águas pluviais através das coberturas, é a mais utilizada [20]. Em alguns estudos [21] para cada tipo de cobertura tem-se uma determinada quantidade de água absorvida que é dada pelo escoamento superficial ou coeficiente de runoff.

Para dimensionar o volume pelo método de Rippl utilizou-se o coeficiente de 0,80 (Tabela 1) devido às características do telhado da área de estudo.

Tabela 1: Coeficiente de escoamento e aspectos dos diferentes tipos de coberturas.

TIPO	COEFICIENTE DE ESCOAMENTO	ASPECTOS
Folhas de ferro galvanizado	> 0,90	- Qualidade da água muito boa.
Telha cerâmica	0,60 - 0,90	- Se vitrificada, a água apresenta boa qualidade. - Se não vitrificada, pode apresentar mofo. - Pode existir contaminação nas junções das telhas.
Telha de cimento amianto	0,80 - 0,90	- Telhas novas podem dar boa qualidade a água. - Não há evidência que causa efeito cancerígeno pela investão da água que passa por elas. - Levemente porosas, o que diminui o coeficiente de escoamento e quando velhas podem apresentar mofo e rachaduras.
Orgânicos (sapê)	0,2	- Baixa qualidade da água. - Pouca eficiência da primeira chuva. - Alta turbidez devido à matéria orgânica dissolvida que não decanta.

Fonte: Adaptado Universidade de Warwick [22].

Para o dimensionamento do volume de água no reservatório através deste método se utilizou as equações (3), (4) e (5), a seguir, sendo:

$$Q(t) = C \times P \times A \quad (3)$$

Q(t) = volume de chuva aproveitável no tempo t (m³);
 C = Coeficiente de escoamento superficial (Tabela 1);
 P - Precipitação média no tempo t (mm);
 A - área de captação em projeção no terreno (m²).

$$S(t) = D(t) - Q(t) \quad (4)$$

S(t) = volume de água no reservatório no tempo t (m³);
 D (t) = demanda ou consumo pluvial no tempo t (m³);
 Q (t) = volume de chuva aproveitável no tempo t (m³).

$$V = \sum S(t), \text{ somente para valores } S(t) > 0 \quad (5)$$

V é o volume do reservatório (m³).

Sabendo o volume do reservatório pelos métodos utilizados, calcula-se a probabilidade de falha (Pr) que esta relacionado ao número de meses em que o volume de água aproveitável não atenderá a demanda do empreendimento dividido pelo número de meses do ano. A definição da confiança (Rr) é inversamente proporcional a probabilidade de falha. Para o cálculo da confiança se utilizou as equações (6) e (7):

$$Pr = N_r / N \quad (6)$$

$$Rr = (1 - Pr) \quad (7)$$

Pr = Probabilidade de falha;
 Rr = Confiança;
 Nr = Número de meses em que o reservatório não atendeu a demanda;
 N = Número de meses total.

A eficiência do sistema (Es) é obtida pela seguinte expressão [12]:

$$Es = 100 (V_s) / V_d \quad (8)$$

Vs = volume médio mensal de água de chuva (m³);
 Vd = volume da demanda mensal da lavanderia (m³).

Para o dimensionamento de calhas e condutores, este estudo foi baseado na NBR 10844/1989 Tabela 2 [18], onde estabelece a intensidade pluviométrica da região de Manaus com duração de 5 minutos.

Tabela 2: Chuvas Intensas no Brasil (duração 5 minutos).

Local	Intensidade Pluviométrica (mm/h)	1	25
Manaus	Período de retorno (Anos)	138	180
		180	198

Fonte: Adaptado NBR 10844/1989 [18].

A intensidade Pluviométrica adotada para os cálculos foi 198 mm/h, pois reflete o cenário mais crítico de chuvas intensas com duração de 5 minutos.

Para calcular a vazão da proposta de projeto e determinar o diâmetro dos condutores [18] utilizou-se a equação:

$$Q = (I \cdot A) / 60 \quad (9)$$

Q = Vazão do Projeto em L/m;
 I = Intensidade pluviométrica, em mm/h;
 A = Área de contribuição = 741 m².

III RESULTADOS

O índice pluviométrico dos últimos 30 anos da cidade de Manaus (Figura 4), demonstram os valores no período de 1986 a 2015 e o Figura 5 demonstra a precipitação média mensal.

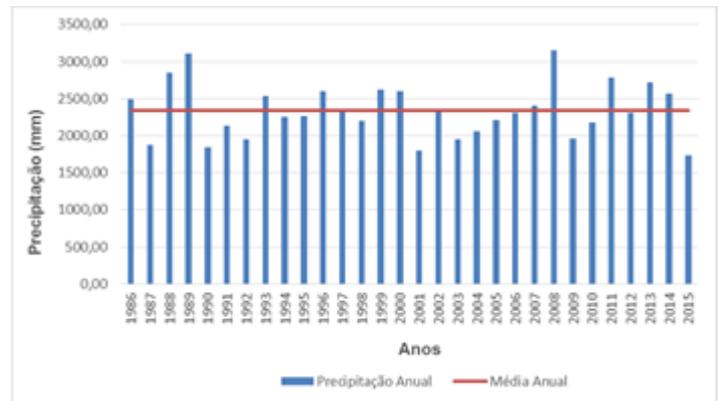


Figura 4: Índice de precipitação anual em Manaus no período de 1986 a 2015.

Fonte: Autores, (2018).

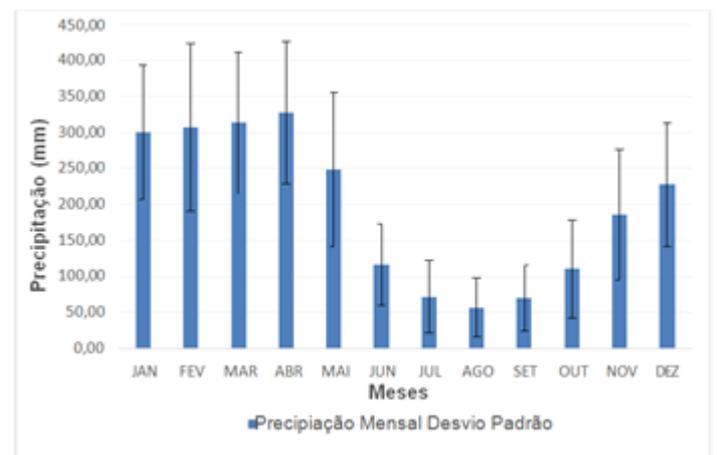


Figura 5: Índice de precipitação média mensal em Manaus no período de 1986 a 2015.

Fonte: Autores, (2018).

Conhecer o índice pluviométrico onde se pretende instalar um sistema de captação é de suma importância, pois mostra a distribuição da chuva ao longo do ano [9]. Quanto mais regular a distribuição, mais confiável será o sistema e o volume do reservatório de armazenamento. Conforme demonstrado no Figura 1 a cidade de Manaus apresenta precipitação média anual de 2337,20 mm, observa-se que o ano de 2008 registrou o maior índice de precipitação ficando acima da média anual com 3156 mm, e o menor índice foi registrado no ano de 2015 com 1737 mm ficando abaixo da média anual.

No Figura 2 observa-se a média de precipitação mensal, a frequência de chuvas está diretamente relacionado ao ciclo hidrológico típico da região. Os meses de Dezembro a Abril foram os meses que apresentaram maior incidência de precipitação, esse período na região é caracterizado como enchente, sendo a fase mais duradoura do ano. No mês de Abril registrou-se o maior índice de precipitação com média de 327,13 ± 98,73 mm. A fase intermediária que fica entre os meses de Julho

a Setembro é o período de vazante, onde os rios da região começam a reduzir seu volume de água, esses meses registraram os menores índices de precipitações. O mês de Agosto é considerado o mais quente do ano e apresentou o menor índice de precipitação com média de $57,72 \pm 41,02$ mm.

Em estudos na cidade Criciúma [23], apresentou uma precipitação média anual de 1624mm. E na cidade de Florianópolis/SC [24], teve uma média mensal de 132,9 mm/mês e média anual de 1595 mm/ano, comparando com os dados obtidos neste estudo, a precipitação na cidade de Manaus supera consideravelmente as precipitações nas demais regiões do Brasil com média mensal de 194,77 e média anual de 2337,20, sendo superiores nos estudos realizados nas cidades de Criciúma e Florianópolis. Portanto, um sistema de captação de águas pluviais seria viável devido ao elevado índice de precipitação e a regularidade de chuvas bem característico da cidade, podendo perfeitamente ser utilizada como fonte alternativa para fins não potáveis em escolas, residências, indústrias, lavanderias dentre outros.

A lavanderia estudada apresenta um consumo médio de 450 m³/mês, somente para o processo de lavagem. Na lavanderia da Paz situada no estado de São Paulo [25], há 30 anos coleta, filtra e utiliza água da chuva para lavagem de roupas e toalhas. Segundo o autor a lavanderia tem consumo mensal de 4000 m³/mês, área de captação de 1,4 mil m² coletando em torno de 500 mil L/mês de água da chuva. Após a implementação do sistema de captação o empreendimento passou a utilizar da concessionária apenas 1500m³, o restante é extraído de poços semi-artesiano e coleta da chuva. Devido ao elevado índice pluviométrico em Manaus, estima-se que um sistema de captação de água proveniente da chuva em uma lavanderia poderá contribuir com a redução de água potável e com a redução de custo empregado na utilização da água fornecida pela concessionária.

O dimensionamento do reservatório pelo método de Azevedo Neto, não leva em consideração a demanda da lavanderia. A Norma Regulamentadora - NBR 15527 (ABNT 2007) [13], não especifica como determinar o número de meses de pouca chuva. Autores [26] adotaram um valor igual a dois meses para a cidade de São Carlos/SP, porém os autores não deixaram claro como determinaram esses meses com pouca chuva. Autores [27], definiram em sua pesquisa que os meses com pouca chuva seriam os meses com precipitação igual ou inferior a 80% da média mensal. Desse modo devido à precipitação média mensal neste estudo ser inferior ao de Rupp, Munarim Ghisi (2011), os meses que estiverem com precipitação igual ou inferior a 70% da média mensal foram considerados meses com pouca chuva, conforme Figura 3.

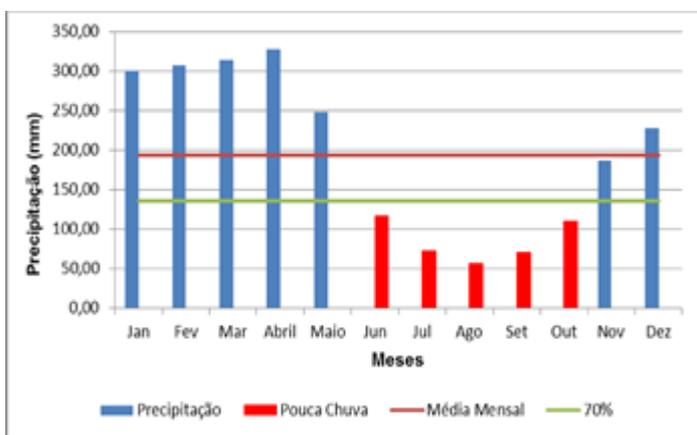


Figura 6: Precipitação Mensal abaixo de 70%.
Fonte: Autores, (2018).

Para aplicação do método de Azevedo Neto utilizou-se a precipitação média anual de 2337,20 mm, a área de contribuição 741m² e os meses de pouca igual a 5 meses conforme o Figura 3, sendo assim o reservatório para armazenamento de água é igual a 363,691 m³.

O dimensionamento do reservatório pelo Método de Rippl utilizou-se a precipitação média mensal contidos na Figura 2. Os dados foram obtidos conforme detalhamento abaixo e demonstrados na Tabela 3.

Tabela 3: Resultado do dimensionamento pelo Método de Rippl.

Meses	Chuva média mensal (mm) (P)	Demanda mensal (m ³) D (t)	Área de captação (m ²) (A)	Coefficiente de escoamento (C)	Volume de Chuva Aproveitável (m ³) Q(t) = P x A x C	Demanda Mensal (m ³) S(t) = D(t) - Q(t)	Somatório dos valores positivos da coluna (m ³) V = ΣS(t) > 0
Col.1	Col.2	Col.3	Col.4	Col.5	Col.6	Col.7	Col.8
Jan	300,17	450	741	0,8	177,94	272,06	272,06
Fev	307,13	450	741	0,8	182,07	267,93	267,93
Mar	313,50	450	741	0,8	185,84	264,16	264,16
Abr	327,13	450	741	0,8	193,92	256,08	256,08
Mai	248,17	450	741	0,8	147,11	302,89	302,89
Jun	116,63	450	741	0,8	69,14	380,86	380,86
Jul	72,17	450	741	0,8	42,78	407,22	407,22
Ago	57,23	450	741	0,8	33,93	416,07	416,07
Set	70,67	450	741	0,8	41,89	408,11	408,11
Out	110,53	450	741	0,8	65,52	384,48	384,48
Nov	186,30	450	741	0,8	110,44	339,56	339,56
Dez	227,57	450	741	0,8	134,90	315,10	315,10
Total	2337,20	5400				Volume do reservatório	4014,51

Fonte: Adaptado [28].

Aplicando o método de Rippl, o volume do reservatório é igual a 4014,51 m³. Contudo o autor [12] em sua pesquisa aborda o superdimensionamento da cisterna pela aplicação do método de Rippl. Este método prevê que a retirada de água do reservatório seja constante, baseado na demanda do sistema, supondo um sistema ideal, porém isso aumenta consideravelmente o tamanho do reservatório de água. Porém os autores [27] estabeleceram no seus estudos que o superdimensionamento do reservatório não faz com que ocorra maior economia de água potável, pois independente do tamanho do reservatório a quantidade de água que é possível armazenar é a mesma.

A coluna 7 estabelece o volume de água aproveitável em cada mês, observa-se que em nenhum dos meses o volume aproveitável foi maior que a demanda de 450 m³, logo nenhum dos meses os reservatório atenderá a demanda mensal do empreendimento.

Comparando os métodos utilizados nesse estudo observa a discrepância nos valores dos dimensionamentos das cisternas. Isso se deve a diferentes técnicas utilizadas pelos autores, impossibilitando determinar qual o método mais adequado para o projeto. Em um estudo [26] chegou-se à mesma conclusão quando aplicaram os diferentes métodos para edifícios localizados na cidade de Curitiba/PR. Contudo [27], sumariza na sua pesquisa que a opção “da utilização” de um método ou outro deve ser baseado nos interesses de cada projeto de captação, já que os métodos não levam em consideração questões como, por exemplo:

espaço físico disponível e eficiência pretendida pelo sistema.

Conforme observado na Tabela 4 verificou-se que em nenhum dos meses o volume aproveitável atendeu a demanda do empreendimento.

Tabela 4: Volume aproveitável por mês.

Meses	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Demanda Mensal m ³	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450
Volume Aproveitável	177,94	182,07	185,84	193,92	147,11	69,14	42,78	33,93	41,89	65,52	110,44	134,9

Fonte: Autores, (2018).

Portanto a probabilidade do sistema de captação falhar é igual 100%, devido a confiança ser proporcional a falha este sistema apresenta confiança igual a 0%. Para calcular a eficiência utiliza-se a média anual do volume aproveitável (115,46m³), sendo assim, a eficiência desse sistema é de apenas 25,65%. Implementar um sistema de captação para atender a demanda de 450 m³ torna-se inviável, pois o sistema atenderá apenas 25,65% da demanda da lavanderia e com probabilidade de ficar vazio por longo período de tempo.

III.1 PROPOSTA DE PROJETO

De acordo com a inviabilidade de criar um sistema de captação para atender uma demanda de 450m³ mensais, a proposta deste projeto estimou-se a redução de 50m³/mês de água potável. Para dimensionar o tamanho e o volume do reservatório, neste caso foi aplicado apenas o método de Rippl, pois o método de Azevedo Netonão leva em consideração a demanda mensal, logo ao utilizar este método o volume do reservatório não sofrerá alteração. Aplicando o método de Rippl teremos um reservatório com capacidade de 31,4 m³, conforme Tabela 5.

Tabela 5: Resultado do dimensionamento pelo Método de Rippl Proposta de Projeto.

Meses	Chuva média mensal (mm) (P)	Demanda mensal (m ³) D (t)	Área de captação (m ²) (A)	Coefficiente de escoamento (C)	Volume de Chuva Aproveitável (m ³) Q(t) = P x A x C	Demanda - Volume Mensal (m ³) S(t) = D(t) - Q(t)	Somatório dos valores positivos da coluna (m ³) V = ΣS(t) > 0
Col.1	Col.2	Col.3	Col.4	Col.5	Col.6	Col.7	Col.8
Jan	300,17	50	741	0,8	177,94	-127,94	
Fev	307,13	50	741	0,8	182,07	-132,07	
Mar	313,50	50	741	0,8	185,84	-135,84	
Abr	327,13	50	741	0,8	193,92	-143,92	
Mai	248,17	50	741	0,8	147,11	-97,11	
Jun	116,63	50	741	0,8	69,14	-19,14	
Jul	72,17	50	741	0,8	42,78	7,22	7,22
Ago	57,23	50	741	0,8	33,93	16,07	16,07
Set	70,67	50	741	0,8	41,89	8,11	8,11
Out	110,53	50	741	0,8	65,52	-15,52	
Nov	186,30	50	741	0,8	110,44	-60,44	
Dez	227,57	50	741	0,8	134,90	-84,90	
Total	2337,20	600			1385,48	Volume do reservatório	31,4

Fonte: Adaptado[28].

Devido às limitações físicas da lavanderia, foi proposto um sistema com dois reservatórios de 20 m³, totalizando 40 m³.

Esta proposta de projeto de captação de águas pluviais tem como objetivo a economia financeira, a redução no consumo de água potável, minimizar as sobrecargas nos mananciais subterrâneos e contribuir com o escoamento superficial em áreas urbanas.

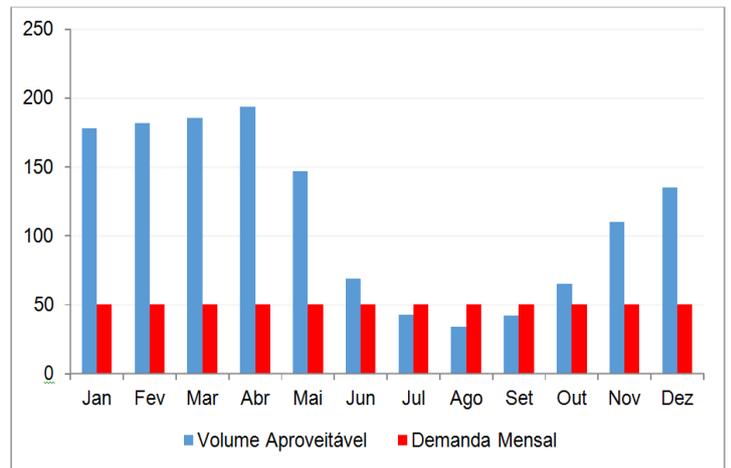


Figura 7: Relação entre o volume Aproveitável de água x Demanda Mensal.

Fonte: Autores, (2018).

Sabendo-se o volume do reservatório pelo método de Rippl, a probabilidade de falha do sistema proposto é igual a 0,25 ou 25%, a confiança 0,75 ou 75%, considerando os dados obtidos o sistema de captação mostrou-se totalmente eficiente com 230,92%, pois o volume aproveitável é duas vezes maior que a demanda, onde a probabilidade de os reservatórios estarem vazios é baixa. A probabilidade de falha (25%) está relacionada aos três meses em que o sistema não atenderá 100% a demanda do empreendimento, porém isso não indica que o reservatório irá falhar. McMahon, 1978 informa que a definição de falha não reflete a realidade em muitas situações. O Autor [12] ressalta que em Guarulhos-SP quando o reservatório estava abaixo de sua capacidade às válvulas fechavam a saída e o reservatório nunca ficava vazio. Outro fator relevante é que o método de rippl não considera como o reservatório estará no fim mês, apenas considera que a retirada de água seja constante.

Os valores das vazões nas calhas e condutores foram obtidos utilizando o valor de intensidade de chuvas no período mais crítico com retorno de 25 anos (198 mm/h) e total da área de contribuição (741 m²). Aplicando os valores na equação 9, a vazão desta proposta de projeto é 2.445 litros/min.

Uma vez que são previstos 4 condutores, a vazão total é dividida por 4 ou seja, 2.445/4 = 611,25 L/min ou 10,18 L/seg em cada condutor.

Levando em consideração as vazões obtidas acima, é possível determinar as dimensões das calhas utilizando a Tabela 6 a seguir, para a vazão de 611,25 L/min as calhas laterais terão 0,30 cm de largura por 0,20 cm de altura, considerando uma inclinação de 0,5 %.

Tabela 6: Dimensões da calha em função da vazão e declividade.

Dimensão		Declividade		
A	B	0,5%	1%	2%
0,20	0,10	336	475	671
0,30	0,20	1501	2122	3001
0,40	0,30	3785	5353	7571
0,50	0,40	7538	10660	15075
0,60	0,50	12946	18309	25892
0,70	0,60	20283	28684	40566
0,80	0,70	29775	42109	59551
0,90	0,80	41641	58889	83281
1,00	0,90	56243	79540	112487

Fonte: Autores, (2018).

Sabendo que a vazão nas calhas é de 10,18L/s, analisou-se a Tabela 7, onde constam os diâmetros dos condutores verticais, sendo assim os condutores para esta proposta terão um diâmetro de 150 mm.

Tabela 7: Área de cobertura para condutores verticais de seção circular.

Diâmetro (mm)	Vazão (L/s)
50	0,57
75	1,76
100	3,78
125	7,00
150	11,53
200	25,18

Fonte: Adaptado [29].



Figura 8: Esquema da Proposta de Projeto de Captação de Águas Pluviais.

Fonte: Autores, (2018).

A – Telhado - o Telhado da lavanderia é composto por telhas de cimento e tem a configuração de duas águas.

B – Calha e Condutores – A água precipitada sobre o telhado será direcionada através das calhas e condutores para o sistema de captação. Nesta proposta foram considerados 4 condutores em cada extremidade da área de captação.

C – Filtro Separador de Folhas - o Filtro separador de folhas tem como objetivo reter folhas ou detritos provenientes da calha e telhado. É o primeiro filtro utilizado no sistema. Para este sistema o filtro será instalado na saída das calhas, essa primeira filtragem é necessária para garantir uma boa qualidade da água armazenada no reservatório.

D – Reservatório para Primeira Chuva - Esse reservatório é destinado à primeira chuva ou lavagem do telhado. A água proveniente da primeira chuva não é aproveitada no sistema, pois contém sujeira acumulada no telhado e na calha. A água que fica nesse reservatório é descartada posteriormente. Quando este reservatório atingir o nível máximo, o sistema de boia impedirá que água seja desviada para descarte e será direcionada para o armazenamento conforme Figura 9.

E – Reservatório de Acumulo de Água - Devido ao volume da chuva, verificou-se a necessidade de um reservatório de acumulação, tipo pulmão para que não haja transbordamento na

calha devido à retenção ocasionada pelo filtro tipo tela que é usado antes do reservatório principal. Com isso descarta-se a possibilidade de transbordamento de água pela calha quando o índice de precipitação for elevado.

F – Filtro tipo Tela - Os filtros utilizados nesse sistema tem as seguintes dimensões: (1mm/0,5mm/0,2mm) são três espessuras diferentes para garantir a retenção de partículas de areia, poeira ou pequenos detritos.

G – Reservatório Principal - Esse é o reservatório principal onde será armazenada a água destinada ao abastecimento do estabelecimento. É o último estágio do sistema onde também é realizada a cloração da água.

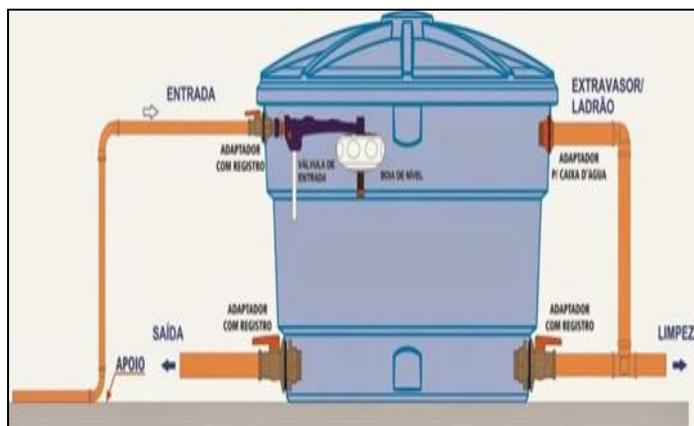


Figura 9: Vista interna do reservatório de primeira chuva.

Fonte: Autores, (2018).

Este sistema de captação de água não utilizará bombas, funcionará de forma gravitacional (Figura 10).

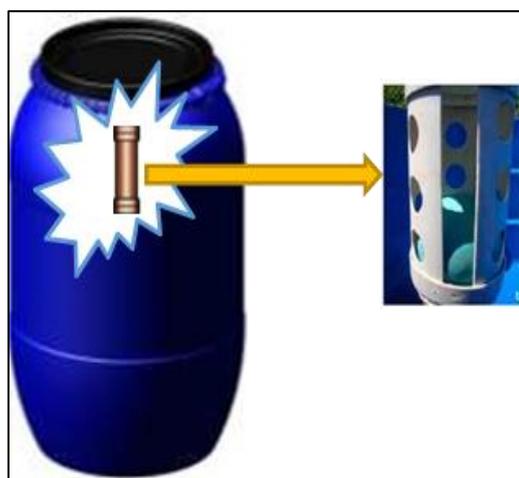


Figura 10: Esquema de Funcionamento do Reservatório principal.

Fonte: Autores, (2018).

O reservatório principal deve conter as seguintes tubulações, conforme Figura 10:

- Tubo de entrada para alimentação do reservatório;
- Tubo de saída para distribuição da água armazenada;
- Tubo extravasor também conhecido como ladrão para evitar o transbordamento do reservatório quando atingir o nível máximo ou se a boia de nível falhar;
- Tubo de limpeza para escoamento da água após limpeza do reservatório. A água proveniente da limpeza do reservatório nunca deverá ser descartada pela tubulação de distribuição (saída);

III.2 MATERIAL E CUSTO DO PROJETO

Os preços dos materiais listados na Tabela 8 foram adquiridos em planilha SINAPI (2018).

Tabela 8: Lista de materiais e custos.

Planilha de Custos					
Item	Descrição	Quantidade	Unidade	Valor Unitário (R\$)	Total (R\$)
1	Caixa D'água Fibra 20000 Litros	2	UNI	7.496,00	14.992,00
2	Caixa D'água Fibra 310 Litros	4	UNI	198,00	792,00
3	Tambor 250 Litros	4	UNI	110,00	440,00
4	Filtro Separador	4	UNI	98,00	392,00
5	Calhas	76	UNI	11,00	836,00
6	Filtro tipo tela	12	UNI	45,00	540,00
7	Tubo PVC 150 mm	4	UNI	113,15	452,60
8	Tubo PVC 50 mm	2	UNI	18,00	36,00
9	Joelho 90 graus - 50 mm	6	UM	9,80	58,80
10	Adesivo PVC Frasco	1	UNI	34,05	34,05
11	Joelho 90 graus - 150 mm	6	UNI	31,85	191,10
12	Te 90 graus - 150 mm	4	UNI	39,75	159,00
13	Bola de Plástico - DN100	4	UNI	3,50	14,00
14	Suporte de Calha Pluvial	48	UNI	4,50	216,00
15	Placa de Sinalização - Água Pluvial	2	UNI	5,50	11,00
16	Cloro em grãos	3	Kg	15,00	45,00
17	Suporte para Reservatório	4	UNI	400,00	1.600,00
18	Parafuso, Bucha e Arruela em Alumínio	96	UNI	0,70	38,40
19	Ralo saída	4	UNI	6,25	25,00
20	Flange soldável	12	UNI	12,30	147,60
21	Registro gaveta	16	UNI	34,00	544,00
22	Auxiliar encaçador ou bombeiro hidráulico	120	Hora	16,80	2.016,00
TOTAL GERAL					23.609,35

Fonte: Autores, (2018).

III.3 PAYBACK

O *payback* é um indicador que determina o prazo de recuperação do investimento e é utilizado para avaliar a atratividade de um investimento [31].

Para verificarmos a variação do volume de água do reservatório principal utilizou-se a simulação mencionada anteriormente [28].

Na Tabela 9 pode-se verificar os volumes aproveitáveis, de início e fim do mês, quantidade de água aproveitada e não aproveitada que foi utilizada da concessionária para posterior cálculo do *payback*.

Tabela 9: Simulação do uso da água durante o ano.

Mês	Chuva Média	Demanda Mensal Constante	Área de Captação	Volume de Chuva C=80	Volume do Reservatório Fixado	Volume do Reservatório no tempo t-1 (início do mês)	Volume do Reservatório no tempo t (final do mês)	Over-flow	Suprimento de água Externa
	mm	m³	m²	m³	m³	m³	m³	m³	m³
Jan	300,17	50,00	741	177,94	40,00	0,00	40,00	87,94	0,00
Fev	307,13	50,00	741	182,07	40,00	40,00	40,00	132,07	0,00
Mar	313,50	50,00	741	185,84	40,00	40,00	40,00	135,84	0,00
Abril	327,13	50,00	741	193,92	40,00	40,00	40,00	143,92	0,00
Mai	248,17	50,00	741	147,11	40,00	40,00	40,00	97,11	0,00
Jun	116,63	50,00	741	69,14	40,00	40,00	40,00	19,14	0,00
Jul	72,17	50,00	741	42,78	40,00	40,00	40,00	32,78	0,00
Ago	57,23	50,00	741	33,93	40,00	32,78	16,71	0,00	0,00
Set	70,67	50,00	741	41,89	40,00	16,71	8,60	0,00	0,00
Out	110,53	50,00	741	65,52	40,00	8,60	24,12	0,00	0,00
Nov	186,30	50,00	741	110,44	40,00	24,12	40,00	44,56	0,00
Dez	227,57	50,00	741	134,90	40,00	40,00	40,00	84,90	0,00
TOTAL	2337,2	600		1385,4				745,48	0,00

Fonte: Adaptado [28].

O resultado estabelece como o reservatório estará no início e final do mês (colunas 7 e 8). [28] Leva em consideração que no mês de Janeiro o reservatório estará vazio, porém como volume aproveitável (coluna 5) é superior à demanda, logo, foi possível utilizar os 50 m³ e o reservatório voltou a ficar na sua capacidade

total no final do mês. Observa-se que na maioria dos meses haverá excesso de chuva, o período mais crítico será nos meses onde o volume aproveitável for inferior a demanda, neste caso o final do mês de setembro e início do mês de outubro, pois o reservatório ficará bem abaixo da sua capacidade com 8,60 m³.

Evidencia a quantidade de água necessária para suprir a demanda do empreendimento, neste projeto conforme pode ser observado em nenhum dos meses o sistema precisará de suprimento externo (coluna 10). Portanto espera-se uma economia total 600 m³ de água potável por mês (coluna 3).

Sabendo que o sistema não necessitará de suprimento externo da concessionária, calcula-se o *payback*.

Tabela 10: Relação entre a redução do volume e do custo após implantação do sistema.

	Consumo médio Mensal (m³)	Custo Mensal (R\$)
Sem sistema	450	8.729,55
Com sistema	400	7.759,60
Redução	50	969,95

Valor da Tarifa em reais por m³ da concessionária: R\$ 19,399. Consumo economizado por mês: 50 m³.

Payback: Custo do projeto ÷ pelo valor economizado/mês.

Payback: 23.609,35 ÷ (969,95 x 12) = 2 anos.

Fonte: Autores, (2018).

III.4 TRATAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS

Para fazer o aproveitamento das águas pluviais, é necessário que os padrões de qualidade sejam estabelecidos de acordo com sua destinação [32]. No presente estudo se considerou que a água captada será destinada para fins não potáveis, tais como: utilização na lavagem de roupas.

Para o tratamento da água captada recomenda-se que os parâmetros físicos, químicos e microbiológicos da água deverão passar por análises periódicas em laboratório químico para garantir a qualidade da água no sistema de captação, conforme estabelecido em norma [13], Tabela 12.

Estudos na literatura técnica estabelece a necessidade de descartar as primeiras águas provenientes da limpeza da atmosfera e da superfície de captação (telhados) por conter diversos poluentes, neste estudo considera-se o valor de descarte de 1 mm. A água captada deverá passar pelo processo de desinfecção logo após a filtragem, onde é necessária aplicação de cloro, conforme estabelecido na Tabela 11 o valor tem que está entre 0,5 a 2,0 mg/L.

Tabela 12: Parâmetros de qualidade de água para usos restritivos não potáveis.

Parâmetro	Análise	Valor
Coliformes Totais	Semestral	Ausência em 100mL
Coliformes Termotolerantes	Semestral	Ausência em 100mL
Cloro Residual	Mensal	0,5 a 2,0 mg/L
Turbidez	Mensal	< 2,0 uT, para usos menos restritivos < 5,0 uT
Cor aparente (caso não seja utilizado nenhum corante, ou antes, da sua utilização).	Mensal	15 uHc
Deve prever ajustes de pH para proteção das redes de distribuição, caso necessário	Mensal	pH de 6,0 a 8,0 no caso de tubulação de aço carbono ou galvanizado.

Fonte: Norma ABNT NBR 15527/2007 [13].

III.5 SUGESTÃO DE MANUTENÇÃO E CUIDADOS NA INSTALAÇÃO

A manutenção e instalação do sistema são de extrema importância para garantir a qualidade da água, a norma recomenda através da Tabela 12 os componentes e a frequência de manutenção. Autores [13, 24], ressaltam alguns cuidados especiais na instalação do sistema, são eles:

- Evitar a entrada de luz solar no reservatório para diminuir a proliferação de microrganismos;
- A tampa do reservatório deverá estar bem fechada;
- A saída do extravassor deverá conter uma tela para evitar a entrada de pequenos animais;
- A tubulação de água não potável deverá ser diferenciada para evitar interconexão com a distribuição de água potável;
- Próximo a torneira onde será liberada a água captada deverá conter uma placa de aviso "Água não Potável".

Tabela 12: Frequência de manutenção.

Componente	Frequência de Manutenção
Dispositivo de Descarte de Detritos	Inspeção Mensal Limpeza Trimestral
Dispositivo de descarte do escoamento inicial	Limpeza Mensal
Calhas, condutores verticais e horizontais.	Semestral
Dispositivos de desinfecção	Mensal
Bombas	Mensal
Reservatórios	Limpeza de desinfecção anual

Fonte: [13].

IV CONCLUSÃO

A cidade de Manaus apresenta elevados índices pluviométricos. Isso mostra um grande potencial na captação que poderia ser bem mais aproveitada para fins não potáveis em residências, indústrias, lavanderias, entre outras.

A lavanderia apresentou um consumo médio de 450m³/mês. Mediante os métodos empregados neste estudo, verificou-se que é inviável um reservatório para atender a demanda total do empreendimento, primeiro devido o volume aproveitável que em nenhum dos meses atenderá a demanda e segundo pelo espaço físico, pois os métodos aplicados não levam em consideração esse fator.

A área de contribuição é de 370,5 m² corresponde a somente um do telhado, sendo que para esta proposta foram considerados os dois lados do telhado, portanto a área total de captação de águas puviais é de 741m².

Tendo em vista que em nenhum dos meses a demanda total da lavanderia pode ser superada, o projeto se propõe reduzir o consumo onde considerou-se utilizar 50 m³ de água proveniente das precipitações.

Para a utilização no processo de lavagem de roupas é necessário que a água captada antes de ser armazenada, passe pelo processo de filtração e desinfecção para manter a qualidade e a confiabilidade do sistema.

Por fim este estudo comprovou a viabilidade de captação de águas pluviais para fins não potáveis em uma lavanderia, caso seja implantado haverá uma economia de R\$ 969,95/mês e uma redução de água potável de 600 m³/ano.

O período de *payback* (retorno) do investimento será de dois anos, além dos benefícios financeiros este estudo tem a proposta de contribuir com meio ambiente através da redução no

consumo de água tratada, minimizar as sobrecargas nos mananciais subterrâneos e ajudar no escoamento superficial em áreas urbanas.

V REFERÊNCIAS

[1] A. K. Marinoski, "**Aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis em instituições de ensino:** estudo de caso em Florianópolis-SC," Trabalho de conclusão de curso. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil, 2007.

[2] C. J. A. Victorino, **Planeta água morrendo de sede:** uma visão analítica na metodologia do uso e abuso dos recursos hídricos: Edipucrs, 2007.

[3] Â. A. Agostinho, S. M. Thomaz, and L. C. Gomes, "**Conservação da biodiversidade em águas continentais do Brasil,**" Megadiversidade, vol. 1, pp. 70-78, 2005.

[4] C. E. Tucci, I. Hespanhol, and O. d. M. Cordeiro Netto, "**Gestão da água no Brasil,**" 2001.

[5] W. C. Ribeiro, **Geografia política da água:** Annablume Editora, 2008.

[6] P. R. Jacobi, J. Cibim, and R. d. S. Leão, "**Crise hídrica na Macrometrópole Paulista e respostas da sociedade civil,**" Estudos avançados, vol. 29, pp. 27-42, 2015.

[7] É. Soriano, L. De Resende Londe, L. Torres Di Gregorio, M. Pellegrini Coutinho, and L. Bacellar Lima Santos, "**Crise hídrica em São Paulo sob o ponto de vista dos desastres,**" Ambiente & Sociedade, vol. 19, 2016.

[8] F. G. Neto, M. d'Ambros, and L. C. de Carvalho Junior, "crise hídrica e gestão da água em São Paulo e Santa Catarina."

[9] K. P. V. Anecchini, "**Aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis na Região Metropolitana de Vitória (ES),**" Vitória: ET/UFES, 2005.

[10] G. W. Duarte, A. S. Mattos, C. Eing, D. L. da Silva, K. C. Frasson, and C. L. Eckert, "**Aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis: estudo de caso na jardinagem,**" Revista Ciência & Cidadania, vol. 1, 2015.

[11] M. Giacchini and A. G. de Andrade Filho, "**Utilização da água de chuva nas edificações industriais,**" II Encontro de Engenharia e Tecnologia dos Campos Gerais, 2008.

[12] P. Tomaz, **Aproveitamento de água de chuva:** para áreas urbanas e fins não potáveis: Navegar São Paulo, 2003.

[13] ABNT, "Associação Brasileira de Normas Técnicas " **NBR 15.527 Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis,** 2007.

[14] H. V. d. Lima, T. S. d. Oliveira, M. M. d. Oliveira, E. d. S. Mendonça, and P. J. B. F. Lima, "**Indicadores de qualidade do solo em sistemas de cultivo orgânico e convencional no semi-árido Cearense,**" Revista Brasileira de Ciência do Solo, vol. 31, pp. 1085-1098, 2007.

- [15] I. Censo, "**Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**," Fornecido em meio eletrônico:[www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/] Acessado em, vol. 20, p. 2012, 2010.
- [16] INMET, "**Instituto Nacional de Meteorologia**," 2016.
- [17] P. Tomaz, "**Previsão de consumo de água**," São Paulo: Navegar, 2000.
- [18] ABNT, "**Associação Brasileira de Normas Técnicas**," **NBR 10844:1989 - Instalações prediais de água pluviais**, 1989.
- [19] I. N. D. METEOROLOGIA-INMET, "**Banco de dados meteorológicos para ensino e pesquisa**," Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. BDMEP, 2017.
- [20] M. A. S. Campos, "**Aproveitamento de água pluvial em edifícios residenciais multifamiliares na cidade de São Carlos**," 2004.
- [21] G. d. Carvalho, "**Análise de uma Proposta de um Sistema de Captação e Aproveitamento de água de Chuva para uso em bacias Sanitárias com caixa acoplada em Residências unifamiliares**," Monografia para o curso de Graduação em Engenharia Ambiental do Instituto de Geociências e Ciências Exatas–Unesp, Campus de Rio Claro SP, 2007.
- [22] T. M. Silveira, "**utilização hídrica do aproveitamento de água da em uma residência familiar**," Repositório de Relatórios-Engenharia Civil, 2017.
- [23] E. A. d. Souza Júnior, "**Viabilidade técnica e econômica da captação da água da chuva para a utilização na fabricação do concreto usinado**," 2012.
- [24] S. May, "**Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações**," Universidade de São Paulo, 2004.
- [25] F. A. D. A. R. P. Montero, "**Capital pode economizar 70% da água com reuso da chuva.**," Gazeta Mercantil, São Paulo, 21 de junho de 2001.
- [26] S. V. D. Amorim And D. J. d. A. Pereira, "**Estudo comparativo dos métodos de dimensionamento para reservatórios utilizados em aproveitamento de água pluvial**," Ambiente Construído, Porto Alegre, vol. 8, pp. 53-66, 2008.
- [27] R. F. Rupp, U. Munarim, E. Ghisi, and A. Construído, "**Comparação de métodos para dimensionamento de reservatórios de água pluvial**," CEP, vol. 88040, p. 900, 2011.
- [28] P. Tomaz and P. Tomaz, "**Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis**," Oceania, vol. 65, p. 5, 2009.
- [29] M. H. C. Botelho and G. d. A. R. Junior, "**Instalações hidráulicas e prediais feitas para durar: usando tubos de PVC**," ProEditores, 1998.
- [30] J. A. Goldenfum, "**Reaproveitamento de águas pluviais**," Simpósio Nacional sobre o Uso da Água na Agricultura. Passo Fundo. Simpósio Nacional sobre o Uso da Água na Agricultura, vol. 1, pp. 1-14, 2006.
- [31] L. H. F. Marquezan and G. Brondani, "**Análise de investimentos**," Revista Eletrônica de Contabilidade, vol. 3, p. 35, 2006.
- [32] J. A. d. Lima, M. V. R. Dambros, M. A. P. M. d. Antonio, J. G. Janzen, and M. Marchetto, "**Potential for potable water savings by using rainwater: an analysis over 40 cities in Amazon**," Engenharia Sanitaria e Ambiental, vol. 16, pp. 291-298, 2011.