



Proposal for a the use of rainwater project for non-potable purposes in vertical tank

Vanessa Costa Da Silva¹; Ítalo Jorge Tavares Jimenez²; Fabiola Bento De Andrade³

^{1,2} UNINORTE - Laureate Internacional Universities. Rua Joaquim Nabuco, Nº 1615. Manaus- Amazonas-Brasil. CEP: 69020-030 (vanessa.vcs@terra.com.br; italojimenez@hotmail.com; fabiola.bento@uninorte.com.br)

ABSTRACT

Water is essential for human survival and also for the entire ecosystem of the planet. The lack of this precious asset will cause irreversible damage to the planet. Many countries are having various problems with the scarcity of drinking water. Some regions of Brazil are facing a water crisis of its natural resource. As an example the city of São Paulo, which recently presented a historic decrease in its reservoirs. Humanity must be aware of the importance of water and its waste. This new culture must be taken immediately, through sustainable renovation of actions to ensure the maintenance and regeneration under appropriate conditions for future generations. The objective of this article is to enable a rainwater collection system, easy to handle, practical for installation, occupying little space and economically viable for the final consumer. The materials presented in a major way was polyvinyl choride (PVC), it is a lightweight material, easy to handle, has a high durability relevant to other materials such as metal pipes and is not reagente to no other kind of material, keeping integrates water quality, without changing it. The methods applied were the steps to progress the proposed project identifying the six steps whose implementation procedures in accordance with current regulations. The expected results are presented as a contribution proposed for sanitation and environmental management, in order to enable solutions that promote the use of rainwater for non-potable purposes with storage vertical tanks for the cities that have monthly precipitation in min (60 mm).

Keywords: Rainwater, use, water resources, vertical tank

Proposta de projeto de aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis em cisterna vertical

RESUMO

A água é fundamental para a sobrevivência humana e também para todo o ecossistema do planeta. A falta desse bem tão precioso acarretará prejuízos irreversíveis ao planeta. Muitos países estão tendo diversos problemas com a escassez de água potável. Algumas regiões do Brasil estão enfrentando uma crise hídrica do seu recurso natural, exemplo disso foi à cidade de São Paulo, que recentemente apresentou uma baixa histórica em seus reservatórios. A humanidade precisa se conscientizar da importância da água e do seu desperdício. Essa nova cultura, deve ser tomada de imediato, através de ações de renovação sustentável que garanta a manutenção e regeneração em condições adequadas para as futuras gerações. O objetivo do artigo é viabilizar um sistema de captação de água pluvial, de fácil manuseio, prático na sua instalação, ocupando pouco espaço e viável economicamente para o consumidor final. O material apresentado de forma principal foi o policloreto de polivinila (PVC), pois é um material leve, de fácil manejo, possui uma alta durabilidade pertinente aos outros materiais, como os tubos metálicos e não é reagente a nenhum outro material da natureza, mantendo integra a qualidade da água, sem alterá-la. Os métodos aplicados foram às etapas para evolução do projeto proposto identificando os seis passos, cujos procedimentos da implantação de acordo com as normas vigentes. Os resultados esperados são apresentados como uma proposta de contribuição para área de saneamento e gestão ambiental, com o intuito de viabilizar soluções que promovam o aproveitamento de água pluvial, para fins não potáveis com armazenamento em cisterna vertical para as cidades que apresentem precipitações mensais de no mínimo (60 mm).

Palavras Chaves: Água pluvial, aproveitamento, recursos hídricos, cisterna vertical.

I. INTRODUÇÃO

O Brasil é considerado a maior potência mundial, quando o assunto é a disponibilidade hídrica, com 12% de toda água doce

do planeta, totaliza 5,4 trilhões de metros cúbicos, onde 72% estão distribuídos na região Norte, onde se tem o maior índice de 37% que daria para abastecer de água, vários outros países. Um novo padrão cultural em relação ao uso consciente da água, devido ao

impacto que está sendo gerado no meio ambiente, na sociedade, nas industriais e na economia do país [1].

Por suas características climáticas, com o predomínio dos climas equatorial e tropical, o Brasil recebe um significativo volume de chuva por ano, que varia de 3.000mm na Amazônia à 1.300mm no centro do país. No entanto, a severa escassez de água potável em diversas regiões tem sido provocada pelo desequilíbrio entre a distribuição demográfica, industrial e agrícola [2].

O aproveitamento de águas pluviais também pode ser concebido no contexto da gestão de bacias hidrográficas, para descentralizar o controle de inundações [3-6]. Neste contexto, práticas de captação de água têm mostrado resultados promissores quanto ao seu uso na relação com o meio ambiente, pois oferecem impactos positivos nos ecossistemas.

Esse artigo tem como proposta apresentar uma alternativa de captação de água pluvial, por meio do dimensionamento de um sistema de armazenamento para água da chuva com baixo custo de implantação, utilizando pouco espaço, de fácil instalação e manutenção, podendo ser instalado em qualquer edificação, urbana ou rural, e que evitará os desperdícios de água potável.

Para a implantação do projeto de aproveitamento de água da chuva, necessitará de seis etapas que devem ser respeitadas para garantir o funcionamento do sistema e, principalmente, assegurar a qualidade dos volumes coletados, através da viabilidade técnica da estrutura do telhado, do volume necessário para captação, à utilização do recurso captado pela precipitação local, a praticidade em sua utilização e retorno social e econômico.

II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

II.1 HISTÓRIAS DO APROVEITAMENTO DA ÁGUA DA CHUVA

Os historiadores descobriram que no Palácio de Knossos na ilha de Creta, 2000 a.C. aproveita a água da chuva, para consumo humano. Em Israel, na fortaleza de Masada, foram encontrados dez reservatórios, cavados nas rochas com capacidade para 40 milhões de litros, (figura 1). [7].



Figura 1 - Cisterna em Masana.
Fonte: [7].

Na Península de Iucatã, no México, existem reservatórios que datam de antes da chegada de Cristóvão Colombo à América,

e que ainda estão em uso. Este método também foi utilizado por Incas, Maias e Astecas e ainda são utilizados por outros países [7].

II.2 DISPONIBILIDADE MUNDIAL PARA OS RECURSOS HÍDRICOS

Segundo a Divisão do Programa Ambiental das Nações Unidas de Tecnologia, Indústria e Economia UNEP, na península de Cingapura, quase 86% da população vive em edifícios de elevada altura, a água captada nos telhados é mantida em cisternas distintas para usos não potáveis; Já em Tóquio, a captação da água da chuva é utilizada para diminuir a escassez de água no país. Em Berlim, o sistema de aproveitamento de água pluvial foi introduzido como parte de uma grande escala de re-desenvolvimento urbano, a fim de promover economia no uso das águas pela cidade. Na Tailândia, armazenar a água da chuva do telhado é um meio adequado e de baixo custo de obtenção de água de qualidade. Na Indonésia, que está se tornando mais escassos nas grandes áreas urbanas, o governo introduziu um regulamento que obriga que todos os edifícios aproveitem a água da chuva nos telhados [8].

Em Gansu uma das províncias mais secas na China, a precipitação anual é de cerca de 300 mm, ou seja, o abastecimento natural de águas superficiais e subterrâneas é limitado. O Governo Provincial de Gansu lançou um projeto de captação de água pluvial implantado para desenvolver a agricultura e o ecossistema em áreas secas. Essa técnica foi adotada, também na África do Sul, Namíbia, Moçambique, Quênia, Tanzânia entre outros [8].

No Brasil, a instalação mais antiga de aproveitamento de água pluvial foi 1943, construída por norte-americanos na ilha de Fernando de Noronha que até hoje é utilizada para o abastecimento da população [9].

Em São Paulo, 1996, foi criado um Programa de Uso Racional da Água pela SABESP, para conscientizar a população na questão ambiental; prorrogar a vida útil dos mananciais existentes; postergar investimentos necessários na ampliação de sistemas de água; incentivar o desenvolvimento de novas tecnologias voltadas à redução do consumo de água e energia elétrica [10].

Nas regiões tropicais semi-áridas da parte nordeste do Brasil, a precipitação anual varia amplamente de 200 a 1.000 mm, com um padrão de chuvas regional e sazonal irregular. Na década passada, muitas ONGs combinaram seus esforços com o governo para iniciar um projeto que envolva a construção de um milhão de cisternas de água da chuva ao longo de um de cinco anos.

As maiorias destes tanques são feitos de placas de betão pré-fabricado ou betão de malha de arame. O conceito aproveitamento de águas pluviais também está se espalhando para outras partes do Brasil, especialmente em áreas urbanas [8].

II.3 DISPONIBILIDADES DE RECURSOS HÍDRICOS NO BRASIL

O Brasil possui uma grande oferta hídrica. Por outro lado, as distribuições desse recurso são bastante significativas entre suas

regiões hidrográficas quanto à oferta e à demanda de água, em alguns estados, a condição é bastante satisfatória quanto à quantidade e à qualidade de água. A região Norte, a Amazônica e Tocantins, por exemplo, a demanda pelo uso da água é bem inferior às demais regiões [1].

O Nordeste possui a baixa de disponibilidade hídrica das demais regiões; em regiões metropolitanas, como por exemplo, as bacias PCJ, Paraíba do Sul e Alto Tietê, apresentam criticidade quali-quantitativa, de carga orgânica lançada aos rios; no Sul do Brasil muitos rios possuem criticidade quantitativa, na demanda para irrigação (arroz inundado); dos rios federais no Brasil, cerca de 16,4 mil km dos 105 mil km, que equivale a 16%, são considerados do ponto de vista quantitativo ou qualitativo. As demais representam áreas de conflito, seja pelo mau uso do recurso hídrico, pela baixa oferta de água ou pela combinação de ambos os fatores [1].

De acordo com a Organização Nações Unidas no Brasil (ONU-BR), a meta do País até 2030 é assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todo o país; alcançar o acesso universal e equitativo de água potável e segura para todos; melhorar a qualidade da água, e minimizar a poluição; eliminar o despejo de produtos químicos e materiais perigosos, de águas residuais não tratadas; aumentar substancialmente a eficiência do uso da água em todos os setores; assegurar retiradas sustentáveis e o abastecimento de água doce para enfrentar a escassez de água; implementar a gestão integrada dos recursos hídricos em todos os níveis, protegendo e restaurando o ecossistema relacionado com a água [11].

II. 4 LEGISLAÇÃO BRASILEIRA PARA APROVEITAMENTOS DE ÁGUA PLUVIAL

O Decreto Lei nº 24.643/1934 – Título V – Águas Pluviais, que procedem diretamente das chuvas, pertencente ao dono do prédio onde caírem diretamente, podendo o mesmo dispor delas à vontade, salvo existindo direito em sentido contrário. Porém, não é permitido desperdiçar essas águas em prejuízo dos outros. É imprescritível o direito de uso das águas pluviais, a todos é lícito apanhar estas águas [12].

Em 1997, foi criada a lei nº 9.433, voltada para os recursos hídricos, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), onde a partir disso, foi criado o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SNGRH), conhecida como a Lei das Águas, onde o seu objetivo acaba tendo relação indireta com o processo de captação de água da chuva, incentivando de certo o uso racional da água e combatendo as enchentes, secas e outros eventos hidrológicos [13].

No ano de 2007, foi criada a lei nº 11445, determinando alguns critérios de manejo, drenagem, instalação, transporte, infraestrutura operacional de drenagem urbana, tratamento e destino final da água pluvial [14].

No Amazonas ano de 2001, foi criada, uma Lei de nº 1192, desenvolvendo um Programa de Tratamento e Uso Racional das águas nas Edificações - Pró-águas, tendo como objetivo,

instituir medidas que induzam à preservação, tratamento e uso racional dos recursos hídricos nas edificações, inclusive com a utilização de fontes alternativas para captação de águas. No artigo 81 desta Lei, a pessoa física ou jurídica que invistam em ações ou atividades que visem a melhoria da qualidade ambiental receberá incentivos mediante a criação e a manutenção de programas permanentes [15].

O projeto Lei de nº 036/2015, criando em Manaus, que estabelece a política municipal de captação, armazenamento e aproveitamento de água pluvial, com a finalidade de melhor, aproveitar e fomentar o uso racional das águas da cidade de Manaus. Parágrafo Único: Esta Lei esta em consonância com a política Nacional e Estadual de Recursos Hídricos e também com a Política Nacional de Meio Ambiente e desenvolvimento urbano promovendo o saneamento básico e saúde [16].

II.5 RESERVATÓRIOS DE ÁGUA PLUVIAL

Os reservatórios são elementos cuja função principal é armazenar a água pluvial coletada através dos telhados das edificações, que contribuem para a redistribuição dos fluxos, reduzindo assim a incidência de inundações à jusante [17]. Um estudo realizado em *coastside Tirreno da Itália*, demonstraram o desempenho de um tanque na redução da concentração das descargas a partir de um sistema de esgoto que serve como bacia urbana típica [18-20].

II.6 ÁREA DE CAPTAÇÃO DA ÁGUA PLUVIAL

A captação da água da chuva depende exclusivamente de uma cobertura, existem cinco tipos de telhado: os convencionais: asfalto, fibra de vidro, telha galvanizada, cerâmica e telha de concreto; para as coberturas alternativas: fresco e verde [21]. É preciso observar o tipo de telhado e condições ambientais, pois interfere na qualidade da água recolhida [22]. A telha de metal, telhas de concreto e telhados frios são adequadas para captação da água pluvial, no entanto, os telhados verdes produz uma alta concentração de carbono orgânico dissolvido, que poderia levar a altas concentrações de subprodutos de desinfecção [23]. Quanto maior o volume de precipitação, menor a carga de poluição nas amostras [24].

II. 7 SISTEMA DE FILTRAGEM

A filtragem de um sistema de aproveitamento de água pluvial é o item mais importante para a eficiência do processo captação e da qualidade da água que será utilizada, para fins não potáveis. No Brasil, existem normas que obrigam a instalação do filtro, independente se a água será utilizada, na lavagem de pátio, plantas ou veículos [8].

III. MATERIAIS E MÉTODOS

Na elaboração desse artigo, foi realizado um levantamento de dados bibliográficos pertinente ao reaproveitamento da água pluvial, através de livros, revistas, sites, reportagens e orientações junto as Leis e a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) que normatiza a elaboração e execução de vários projetos, contribuindo com o estudo de

materiais é métodos de cada etapa deste desse artigo [17,24-30].

III.1 MATERIAIS UTILIZADOS

De acordo com as normas brasileiras, os materiais que indicados para a captação e condução das águas pluviais são: Para calhas: aço galvanizado, folhas de flandres, cobre, aço inoxidável, alumínio, fibrocimento, PVC rígido, fibra de vidro, concreto ou alvenaria; Para condutores vertical: ferro fundido, fibrocimento, PVC rígido, aço galvanizado, cobre, chapas de aço galvanizado, folhas de flandres, chapas de cobre, aço inoxidável, alumínio ou fibra de vidro; Para condutores horizontal: ferro fundido, fibrocimento, PVC rígido, aço galvanizado, cerâmica vidrada, concreto, cobre, canais de concreto ou alvenaria [27].

Para o estudo dos materiais necessários para a implantação desta proposta de projeto de aproveitamento de águas pluviais, foi realizado um levantamento, visando selecionar um modelo de sistema que contribuísse com o interesse da sociedade na preservação dos recursos hídricos, ecossistema e economia. O material (PVC), apresentar resistência contra raios ultravioletas (UV); durabilidade, contra corrosão; boa capacidade de vazão, proteção da edificação contra a umidade excessiva que seja capaz de suportar uma pressão de serviço de até 750 kPa, (7,5 kgf/cm² ou 75 m.c.a.) [31].

III.2. INSTALAÇÕES E COMPONENTES

Na instalação do sistema de aproveitamento de água da chuva, os componentes de (PVC), para captação, condução e armazenamento das águas pluviais, que facilitará na capacidade de vazão devido à disponibilidade de diâmetros. Esses condutores são recomendados para as instalações de até 2 pavimentos (aprox. 6,50 m) a união das partes é feita por encaixe; leveza que facilita na instalação, manutenção e limpeza podendo ser pintado para melhor adequação da edificação, facilitando a captação de água da chuva, canalizando-a e destinando-a ao reservatório de destino. Os componentes em contato com outros materiais de construção, não deve provocar ruídos excessivos e fixados de maneira a assegurar a resistência e durabilidade de todo conjunto [26-28].

Para melhor entendimento, da instalação das calhas, condutores e descartes a (figura 2), ilustra o correto despejo da água da chuva em via pública.

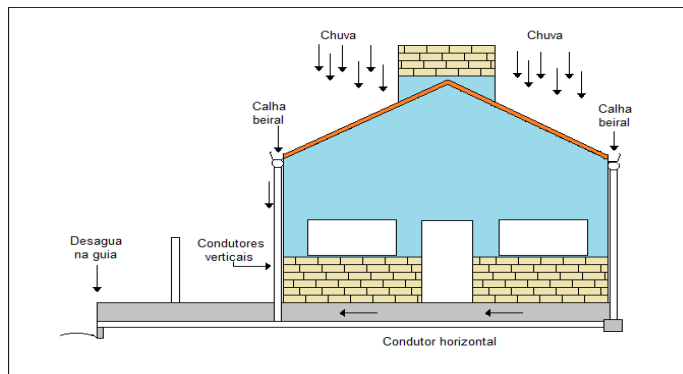


Figura 2 - Sistema de captação e despejo urbano.
Fonte: [1].

No aproveitamento da água da chuva, as instalações destinadas às torneiras e reservatórios, devem está sinalizadas com a cor verde, (pintado com tinta sintética), para diferenciação entre as tubulações de água potável (rede da Manaus Ambiental), da rede não potável (sistema de aproveitamento de água Pluvial), acompanhada de placa de identificação, (figura 3a), instalada ao lado da torneira, que liberará a água da chuva, evitar assim que crianças e outros adultos utilizem de forma indevida. É de fundamental importância que a torneira de liberação da água da chuva, contenha uma trava de segurança, conforme demonstrado na (figura 3b) [29,30].



a) b)

Figura 3 – a) Placa de sinalização; b) Torneira de segurança.
Fontes: [31].

III.3 VAZÃO DO PROJETO

A vazão do projeto deve ser considerada, mediante a área de captação, o telhado das edificações, que servirá de fonte coletora da precipitação da região. A quantidade de litros de água da chuva que poderá ser captado e o volume do seu armazenamento deverão ser calculados com a fórmula de vazão:

$$Q = \frac{I \cdot A}{60} \quad (1)$$

Onde: Q = vazão (litros/min);
I = Intensidade pluviométrica (mm/h);
A = área de contribuição (m²);

III.4 FORMATOS E TIPOS DE CALHAS

No Brasil, as calhas, condutores horizontal, possuem os formatos, retangular, circular, semicircular, U e V, que têm por objetivo recolher as águas das chuvas que caem sobre as coberturas a fim de conduzi-las aos condutores verticais, que devem ser projetadas, de acordo com as normas [27], itens 5.4.1 a 5.4.6, respeitando a declividade de 0,5% em direção das bordas para melhor escoamento.

O formato adequado de calha para instalação do sistema de escoamento dependerá do formato e a medida da área do telhado. Para uma melhor compreensão, a (figura 4), demonstrará os seguintes formatos:

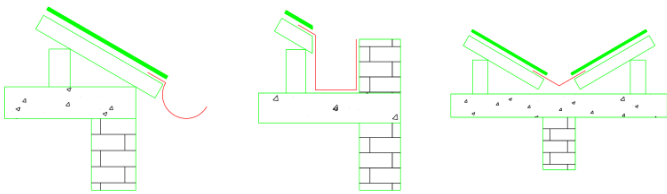


Figura 4 - a) Calha de beiral; b) Calha de platibanda; c) Calha água furtada. Fonte: Autores, (2016).

III.5 DIMENSIONAMENTO DAS CALHAS

O dimensionamento da calha será calculado por meio da fórmula de Manning – Strickler com o coeficiente de rugosidade $n = 0,011$, para material plástico:

$$Q = \frac{K \cdot S \cdot \sqrt[3]{Rh^2 \cdot \sqrt{i}}}{n} \quad (2)$$

onde:

- Q = vazão de projeto, em (L/min);
- S = área da seção molhada, em (m²);
- Rh² = raio hidráulico, S/P (m);
- P = perímetro molhado (m);
- i = declividade da calha (m/m);
- n = coeficiente de rugosidade;
- K = 60000 (coeficiente para transformar a vazão em m³/s para l/min);

Uma das características que influenciam na capacidade de uma calha é a sua forma (normalmente retangular ou semicircular) [2].

Tabela 1: Capacidade de calhas semicirculares com coeficiente de rugosidade $n = 0,011$.

Diâmetro interno (mm)	Declividade		
	0,5%	1%	2%
100	130	183	256
125	236	333	466
150	384	541	757
200	829	1167	1634

Fonte: [27].

Tabela 2 – Capacidade da calha retangular.

Dimensões da calha em função do seu comprimento do telhado	
Comprimento do telhados (m)	Largura da calha (m)
Até 5	0,15
5 a 10	0,20
10 a 15	0,30
15 a 20	0,40
20 a 25	0,50
25 a 30	0,60

Fonte: [2].

Outro fator que diminui o escoamento da calha é a mudança de direção, pois reduz sua capacidade de escoamento em 17%, dependendo da suavidade da curva e de sua distância em planta. O ideal é projetar uma descida, sempre que possível nessas curvas, quina e encontro entre duas calhas.

Tabela: 3 – Redução da capacidade da calha.

Tipo de curva	Redução da capacidade de escoamento da calha.	
	Distância da curva à saída $d < 2$ m	$2m \leq d \leq 4$ m
Canto vivo	17%	9%
Canto arredondado	9%	5%

Fonte: [2].

III.6 DIMENSIONAMENTO DOS CONDUTORES VERTICAIS

Os condutores verticais deverão está nivelados, utilizado curvas de 90° de raio longo ou curvas de 45°, nos desvio, para facilitar a inspeção, quando for necessário. O diâmetro mínimo dos condutores para rede de água pluvial é de 75 mm e deve ser dimensionado conforme a vazão de projeto; altura da lamina de água na calha; e o comprimento do condutor vertical [2].

Dados esses que deverá ser consultado de acordo com a construção de saída da calha, conforme demonstrado no ábaco específico da figura 5 e figura 6.

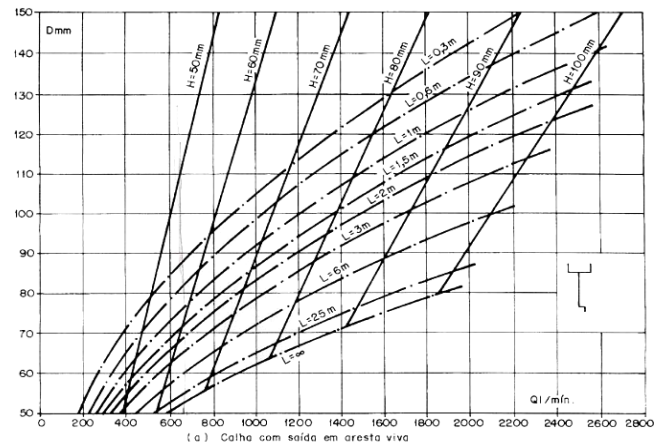


Figura 5 – Ábaco - dimensionamento dos condutores vertical para calha com saída em aresta viva.

Fonte: [27].

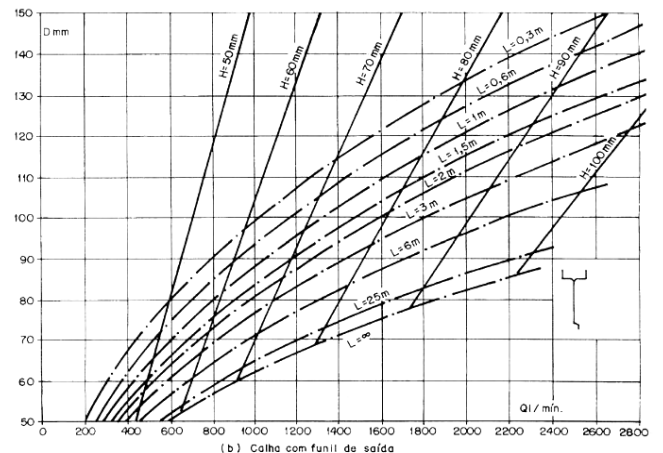


Figura 6 – Ábaco - dimensionamento dos condutores vertical para calha com funil de saída.

Fonte: [27].

Na utilização do Ábaco, deve-se levantar uma linha vertical de Q até interceptar as curvas de H e L correspondentes no caso de não haver curvas dos valores de H e L, intercalar entre as curvas existentes; Conduzindo a interseção mais alta até o eixo D; Deve-se adotar um diâmetro nominal interno superior ou igual ao valor encontrado no ábaco [27].

III.7 DIMENSIONAMENTO DOS CONDUTORES HORIZONTAIS

Mediante aos diversos modelos e formatos dos condutores, de seção circular, com uma altura de lâmina igual a 2/3 do diâmetro do tubo, conforme apresentada na Tabela 4, para diversos tipos de materiais, vazão, declividade, diâmetro e rugosidade.

em que a duração de precipitação será igualada ou ultrapassada apenas uma vez.

O potencial do aproveitamento da água da chuva tem que ser estudado, considerando a projeção da precipitação e impactos das mudanças climáticas sobre a precipitação antes do sistema de captação ser implantado [32].

Tabela 5: Chuvas Intensas no Brasil (Duração – 5 minutos.)

Local	Intensidade pluviométrica (mm/h)		
	Período de retorno (anos)		
39 - Manaus/AM	1	5	25
	138	180	198

Fonte: ABNT [27].

Tabela 4: Capacidade de condutores horizontais de seção circular.

Capacidade de condutores horizontais de seção circular (vazões em litros / min).								
Diâmetro Interno (mm)	(n = 0,011): PVC, cobre, alumínio e fibrocimento				(n = 0,012): Ferro fundido, concreto liso			
	0,5%	1%	2%	4%	0,5%	1%	2%	4%
75	32	45	64	90	29	41	59	83
100	204	287	405	575	187	264	372	527
150	602	847	1190	1690	552	777	1100	1550
200	1300	1820	2570	3650	1190	1670	2360	3350
250	2350	3310	4660	6620	2150	3030	4280	6070
300	3820	5380	7590	10800	3500	4930	6960	9870

Fonte: [27].

Como medida de segurança, para não ocorrer o transbordamento ao longo da tubulação, se faz necessário projetar o extravasamento, para o descarte na rede de galeria de águas pluviais, na via pública ou infiltrada no jardim.

III. 8 VIABILIDADE TÉCNICA

III. 8.1 TEMPO DE CONCENTRAÇÃO

O tempo de concentração é o intervalo do tempo decorrido entre o início da chuva e o momento em que toda a área de contribuição passa a contribuir para determinada seção transversal de um condutor ou calha. Com base nessa concentração de tempo, se definir o nível máximo que o reservatório atinge [27].

III. 8.3 PRECIPITAÇÃO E PERÍODO DE RETORNO

Considerando o nível de recorrência de precipitação, conforme definido abaixo, na tabela 5, com duração de 5 minutos para o município de Manaus, com o período de retorno dos anos

III.8.3 ÁREA DE COBERTURA

Considerando que as chuvas não precipitam de forma horizontal, a direção do vento deve ser observada na maior quantidade de água pluvial interceptada pelos telhados, conforme determina a norma [27], fornecendo critérios para cálculo da arquitetura dos telhados, no que se refere às inclinações da cobertura e às paredes que interceptam água da chuva, conforme demonstrado abaixo.

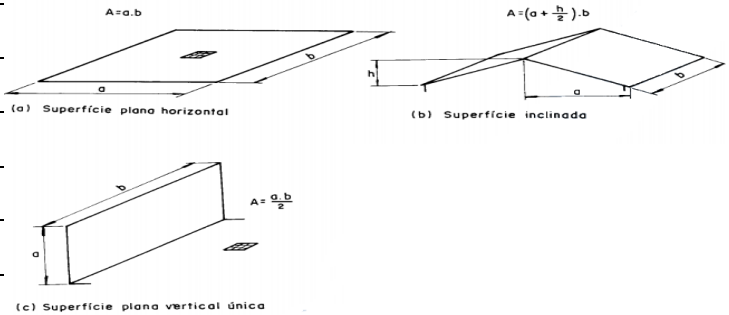


Figura 7 – Indicações de cálculos para área de contribuição. Fonte: [27].

IV RESULTADOS E DISCUSSÕES

De acordo com os indicadores pluviométricos da região Amazônica, especificamente da cidade de Manaus, o volume de precipitação anual corresponde a 2307 mm, uma quantidade bastante expressiva de água, que poderia estar sendo aproveitada, para fins não potáveis em residências, fábricas e instituições, a mesma está sendo desperdiçada nas vias públicas gerando um enorme volume de água, onde as poucas redes de esgoto da cidade de Manaus, não estão preparadas para essa enorme demanda. A Prefeitura de Manaus sancionou em 2007 o Programa de Tratamento e Uso Racional das Águas nas Edificações – Pro-Águas, para instituir medidas para a preservação, tratamento e uso racional dos recursos hídricos nas edificações. [15].

A proposta deste projeto de aproveitamento de água pluvial em cisterna vertical está sendo apresentada como forma alternativa de economia dos recursos hídricos, financeira na redução da conta de água, da rede privada e na diminuição de alagamento nas ruas e avenidas no período de chuva.

IV.1 ÍNDICES PLUVIOMÉTRICOS

Para o cálculo do índice pluviométrico da cidade de Manaus, será adotada como base a partir os valores apresentados na tabela 6 do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), viabilizando o cálculo do balanço hídrico e armazenamento do solo.

Tabela 6: Dados climatológicos – 2015 – Manaus / AM.

DADOS CLIMATOLÓGICOS PARA MANAUS													
Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ano
Temperatura máxima absoluta (°C)	36,4	36,1	36,2	35,1	34,7	34,9	35,7	37,6	39	38,7	38,2	37,3	39
Temperatura máxima média (°C)	30,6	30,4	30,6	30,7	30,6	31	31,3	32,6	32,9	32,8	32,1	31,3	31,4
Temperatura média compensada (°C)	26,1	25,9	26	26,2	26,2	26,4	26,5	27,3	27,7	27,7	27,7	26,6	26,7
Temperatura mínima média (°C)	23,1	23,1	23,2	23,3	23,3	23	22,7	23	23,5	23,7	23,7	23,5	23,3
Temperatura mínima absoluta (°C)	18,5	18	19	18,5	19,5	17	12,1	18	20	19,4	18,3	19	12,1
Precipitação (mm)	264,2	289,5	335,4	311,2	279,3	115,4	85,4	47,3	73,7	112,6	173,8	219,6	2307
Dias com precipitação (≥ 1mm)	19	18	20	18	17	11	8	6	6	9	12	16	160
Úmidade relativa compensada (%)	85	87	88	87	87	83	80	77	77	79	81	85	83,1
Horas de sol	114,3	87,7	98,5	111,9	148,6	184,8	214,2	225	200,5	171,2	140,9	130,9	1829

Fonte: [33].

IV. 2 CÁLCULO DA VAZÃO DO PROJETO

Sabendo da precipitação anual da região em que será implantado o projeto, e da viabilidade técnica do local que será instalado, será necessário o levantamento dos dados ilustrados na (figura 8), onde de forma teórica, foi dimensionada uma residência urbana, com área construída de 150m², com um telhado de 4 (quatro) águas, medindo as áreas 1 e 3 (10,00 m) e a 2 e 4 (15,00 m).

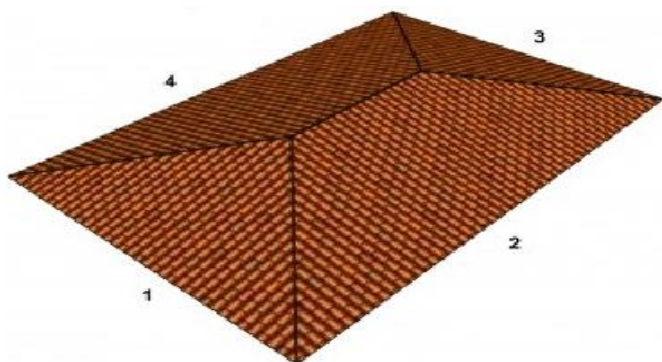


Figura 8 - Telhado de 4 (quatro) águas.

Fonte: [34].

O número de condutores, dimensionados para escoamento de águas pluviais do projeto, cuja área de contribuição é de 150m²: Para bocal retangular o escoamento é de 93,33 m²; Para bocal circular é de 119,16 m².

A vazão de incidente em cada um dos trechos das calhas será de 200 L/min. Pode-se então adotar as calhas com seção 10 cm x 10 cm, a 1% de declividade, ou 20 cm x 20 cm, com 0,5 % de declividade.

Tabela 7: Vazões do projeto conforme o período de retorno.

VAZÕES DE PROJETOS CONFORME A ÁREA DO TELHADO, PARA O PERÍODO DE RETORNO DE 1, 5 E 25 ANOS			
Período de retorno (anos)	Intensidade pluviométrica (mm/h)	Área (m ²)	Vazão de projeto (L/min)
1	138	150 m ²	1242
5	180		1620
25	198		1782

Área de contribuição (tamanho da cobertura) – A = 10 x 15 = 150 m², chuvas intensas na cidade de Manaus.

Fonte: [27].

IV.3 FILTROS

De acordo com as normais vigentes para de aproveitamento de água pluvial, o filtro ajuda a retirar os poluentes presentes nos telhados e no ar que são carregados pela

água da chuva, no momento da precipitação, onde a filtragem dessa água coletada impedirá que esses resíduos sejam levados para dentro do sistema de captação e armazenamento [27-29].

O sistema de filtragem dessa proposta de projeto, foi dimensionado no processo de três estágios: primeiro estágio, terá a função de reter as sujeiras mais grossas como folhas, penas de pássaros, pedras ou qualquer outro objeto que seja maior que o diâmetro da sua tela, figura 9a, instalada na descida do ralo das calhas.

O segundo estágio é o filtro auto-limpante, figura 9b, componente que trabalhará em conjunto com o primeiro filtro, é composto por tubos de PVC, que encaixados dentro do outro, com uma tela (tela mosquiteiro) entre os dois tubos, inclinada a (+/- 45°) e com abertura (lateral), que deverá ser instalado no tubo de descida da calha do telhado para o descarte das sujeiras como os pequenos insetos (geralmente mortos e secos) fezes de bichos, e outros resíduos que tenha passado pelo primeiro filtro.

Os demais filtros fazem com que a água captada chegue ao terceiro filtro, mais limpa e livre de resíduos onde será o último processo de filtragem, de uso obrigatório, citado em todas as normas de aproveitamento de água pluvial, no que se refere ao descarte da primeira água. Esse terceiro filtro separador, armazenará a água da chuva mais turva e só após atingir a altura necessária de captação, trará sua entrada, para condução da água, mais limpa, para a cisterna vertical.

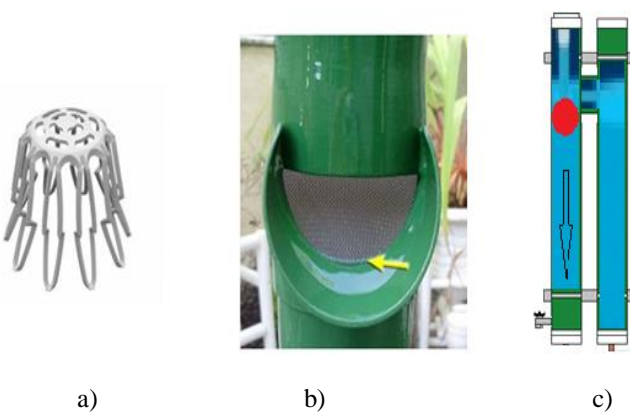


Figura 9 - a) Tela de proteção, da calha; b) 2º Filtro auto-limpante; c) 3º Filtro Separador da 1ª Água.
Fonte: [35, 36], c) e Autores, (2016).

A filtragem da proposta desse projeto, cancela a necessidade da instalação de caixa de inspeção, pois à eficiência das etapas de filtragem, descarta os resíduos visuais. Que mesmo passando por todo esse processo de filtragem, não qualifica a água captada para fins potáveis, não podendo ser utilizada para consumo humano (como beber, fazer comida, lavar verduras, legumes, frutas, louças e banho) sem antes um laudo de um técnico sanitarista, medindo a potabilidade dessa água. É recomendado usar apenas o cloro de origem orgânica (cloro usado em piscinas) para evitar qualquer tipo de proliferação de bactérias, germes, vírus [26].

IV.4.1 RESERVATÓRIO – (CISTERNA VERTICAL)

O estudo que orientou essa proposta de aproveitamento de água pluvial, com armazenamento em uma Cisterna Vertical foi o Sistema MANO, (figura 10), criado pelos arquitetos Uli Zens (arquiteto paisagista) e João David (arquiteto urbanista) da cidade de São Paulo. Possui um diferencial, pois além de ser uma ideia inovadora, utiliza pouco espaço, pois sua implantação poderá ser feita na própria estrutura da edificação, tornando prático a instalação e a utilização do sistema de captação da água da chuva.



Figura 10 - Sistema MANO.
Fonte: [37].

O Sistema MANO soluciona os problemas quanto: à instalação, pois é de fácil manuseio; a pouca utilização de espaço, devido a sua instalação ser em paredes; de menor custo, comparado às cisternas existentes no mercado; e estético, não polui de forma visual o ambiente, conforme as demais cisternas. Observando todo a sua estrutura, identifiquei algumas correções necessárias para serem feitas, mediante a exigência das normas existentes para aproveitamento de água pluvial [17] e reservatórios [30], no que se refere à identificação do tipo da água, no seu ponto de saída, como água potável ou água pluvial. As torneiras deverão conter uma trava de segurança, evitando assim o uso indevido da mesma, para fins potáveis.

O sistema possui um filtro, não informado pelos autores, com mais detalhes, que dependendo da sua composição, encarecerá o custo do projeto, podendo ser melhorado com outros tipos de filtragem, como mostrei anteriormente neste artigo. Os problemas citados, não inviabilizam o Sistema MANO, e sim, necessita de correções para atendimentos das normas vigentes.

E diante dessa nova ideia tecnológica, do Sistema MANO, é viável a implantação do mesmo para armazenamento da água da chuva, principalmente no que se refere à praticidade de espaço, visual e custo. Essa alternativa de Cisterna Vertical, (figura 11), fabricada em (PVC), atende as normas vigentes para reservatórios [17] e aproveitamento de águas pluviais [30], unindo todos os elementos e componentes da estrutura construída, em um processo de captação, tratamento da água da chuva e armazenamento, através dos telhados e paredes, formando um sistema integrado que após o armazenamento da água da chuva na Cisterna Vertical, não será necessário a utilização de bomba, devido à quantidade de água armazenada nos tubos, que de forma

gravitacional, gerará pressão ao sair pela torneira, podendo ser utilizada para lavagem de pisos, automóveis, canteiros com vegetação ou qualquer outro objeto que não necessite de água potável.

Para que não ocorra a perda de pressão da cisterna, a mesma deverá está hermeticamente fechado, evitando também a entrada de insetos, animais e perda de água por evapotranspiração.

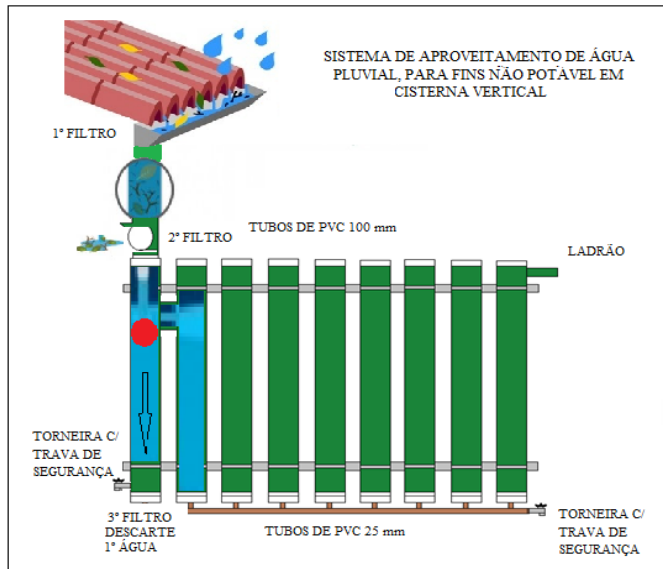


Figura 11 - Cisterna Vertical de PVC.

Fonte: Autores, (2016).

O reservatório deste projeto atende as Normas Brasileiras, com consideração de extravaso, esgotamento, cobertura, filtragem e segurança. Onde seu dimensionamento será com base em critérios técnicos, econômicos e ambientais, levando em conta as boas práticas de engenharia com o auxílio do método Azevedo Neto [17,30]

$$V = 0,042 \times P \times A \times T \quad (3)$$

onde:

P é o valor numérico da precipitação média anual, expresso em milímetros (mm);

T é o valor numérico do número de meses de pouca chuva ou seca;

A é o valor numérico da área de coleta em projeção, expresso em metros quadrado (m²);

V é o valor numérico do volume de água aproveitável e o volume de água do reservatório, expresso em litros (L).

IV.4.2 VOLUME MÁXIMO DO RESERVATÓRIO

Existem inúmeros trabalhos de pesquisa sobre o dimensionamento de reservatórios de armazenamento para uso em

da água pluvial [38-44], e referências citadas, muitas vezes eles não são comparáveis a dificultada pela enorme disparidade entre as condições e restrições que influenciam e análise do desempenho específicos e as conclusões sobre a eficiência e confiabilidade do sistema, a saber: precipitação anual, área de precipitação total, a capacidade de armazenamento e consumos diários. Para contornar este revés, o conceito de análise não dimensional foi introduzido e aplicado em alguns estudos [38, 44].

Neste estudo, o reservatório de água pluvial (cisterna vertical) é para ser instalada nas paredes das estruturas das edificações, se possível bem próximo da descida dos condutores verticais contribuído assim com o espaço e pressão simultânea da água por gravidade. O volume máximo do reservatório, tabela 8, dependerá da estrutura do local de implantação, mesmo sendo o (PVC) um material leve, apresentará certo peso, quando for preenchido com a água da chuva. Como exemplo, pra cada 1 litro, deverá ser acrescentado ao cálculo 1 kg. Independentemente do volume da cisterna vertical de água pluvial, há sempre um benefício econômico, relacionadas com a economia de espaço, consumo de água da rede pública e energia.

Tabela 8: Demonstrativo de Captação de Águas Pluviais

Precipitação anual (mm)	Área do Telhado (m ²)	Captação da Área (L/mm)	Volume da Cisterna (L/mm)	Água Captada Anual (Litros)
68 mm	150	10.200	500	122.400
192 mm	150	28.800	1.200	345.600
335,4 mm	150	50.310	2.000	603.720

Fonte: Autores, (2016).

V. CUSTO DE IMPLANTAÇÃO DO PROJETO

O Projeto proposto foi idealizado para a cidade de Manaus, devido o elevado índice pluviométrico da região, que mesmo em tempo de baixa, entre os meses de julho á setembro, apresentando uma precipitação relevante de (68,8mm), em teoria seria possível captar cerca de 10.320 litros de água da chuva. Mesmo sendo instável, o índice de precipitação no Brasil, por consequências das mudanças climáticas que já estamos vivendo.

Para demonstração do custo do projeto, será considerada a implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial, para fins não potáveis, de uma residência urbana, com um telhado de 150 m², inclinado, quatro águas, com telha de barro, conforme ilustrado na (figura 12). O desenho demonstrativo possui a calha com dois tubos de queda dos dois lados e uma cisterna vertical com capacidade de 550 litros de água da chuva, que poderá ser utilizado nas irrigações e lavagem de pátio, veículos e entre outros. O retorno financeiro do custo de implantação do projeto proposto será obtido após o calculo da área de captação do telhado com a estimativa de consumo de água do imóvel, obtendo o resultado da viabilidade e economia decorrente do aproveitamento da água da chuva [45].



Figura 12 - Vista do Telhado da casa:
Fonte: Autores, (2016).

No quantitativo dos demais componentes, a figura 13, ilustra como o sistema deverá ser instalado, evitando assim a passagem entre as janelas e portas. É importante ressaltar que a estrutura da parede que será instalado esse sistema, suportará o peso de todos os seus componentes, uma vez que 550 litros de água da chuva pesam 550 Kg, fora as demais conexões pertinentes da instalação de todo o conjunto.

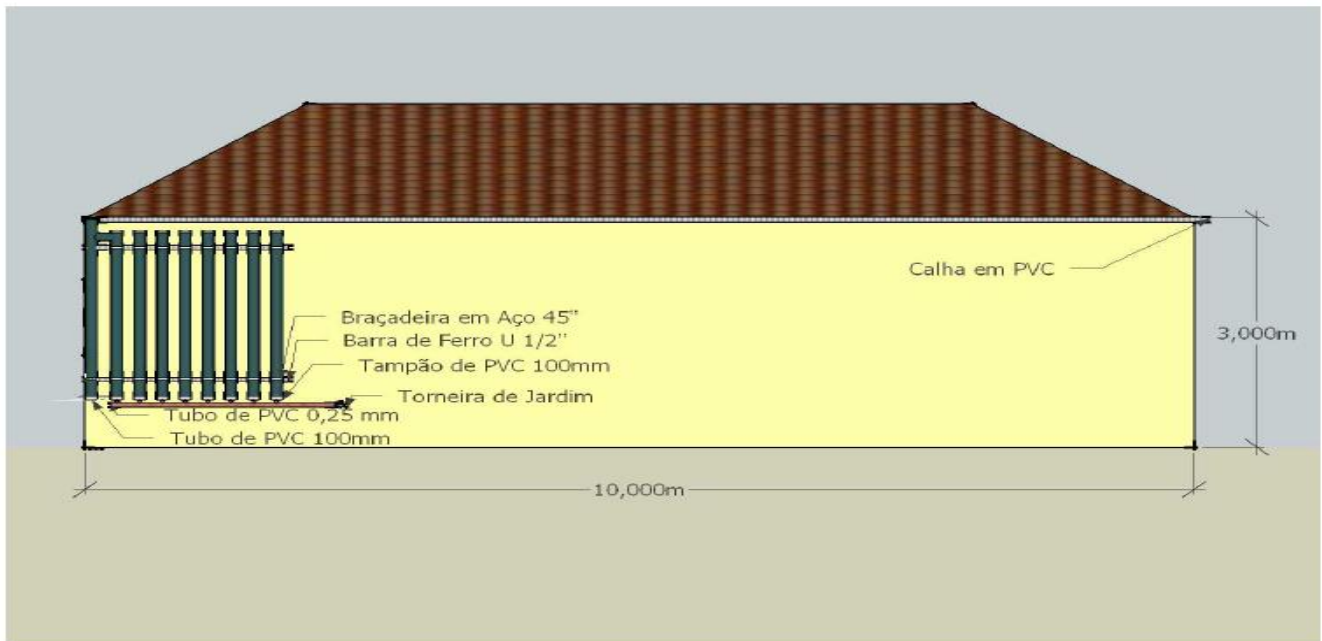


Figura 13: Vista lateral da casa.
Fonte: Autores, (2016).

Em teoria, o levantamento dos materiais que compõem a tabela 9, para a construção de todo o sistema de aproveitamento de água pluvial, teve como base de preços do Sistema Nacional de Pesquisa de Custo e Índice da Construção Civil (SINAPI), para região do Amazonas, Manaus. Tendo em teoria, o cálculo do tempo médio necessário para a implantação desse projeto, supondo um conhecimento técnico de instalação hidráulica da mão de obra que irá instalar o sistema de aproveitamento de água pluvial, estimado o prazo em média de 10 dias de trabalho, respeitando as fases de implantação: 1º) A viabilidade técnica, inspeção da estrutura construída, área de cobertura, paredes, pisos,

vegetação, descartes em rede de via pública; 2º) Planilha orçamentária, levantamento dos materiais, ferramentais e mão de obra; 3º Fase de instalação; calhas e ralos; 4º Fase de instalação, tubos de drenagem e filtro; 5º Fase de instalação, montagem da cisterna vertical, de acordo com a vazão e necessidade do cliente; 6º Fase, teste de vazamento, resistência e pressão do sistema.

O projeto proposto só será considerado viável se o retorno do investimento for atingido dentro do período de 20 anos, caso contrário, a viabilidade econômica deste projeto é inviável [46].

Tabela 9: Custo Estimado do Projeto.

SINAPI - Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil					
Orçamento: Estimado		Data: Setembro/2016			
Projeto: Proposta de Projeto de Aproveitamento da Água da Chuva em Cisterna Vertical					
Ítem	Descrição	Quant.	Unid.	Valor Unit.	Total
1	ACOPLAMENTO DE CONDUTOR PLUVIAL, EM PVC, D 100 MM	6	UNI	R\$ 3,26	R\$ 19,56
2	ADESIVO ACRÍLICO/COLA DE CONTATO	2	UNI	R\$ 12,49	R\$ 24,98
3	ADAPTADOR PVC 100 MM	1	UNI	R\$ 22,44	R\$ 22,44
4	REGISTRO BRUTO GAVETA INDUSTRIAL - 3/4	1	UNI	R\$ 23,18	R\$ 23,18
5	ANEL BORRACHA P/ TUBO ESGOTO PREDIAL, DN 100MM	18	UNI	R\$ 1,48	R\$ 26,64
6	REDUÇÃO EXCÊNTRICA - 100 MM	1	UNI	R\$ 14,80	R\$ 14,80
7	BRAÇADEIRA C/PARAFUSO D - 2 1/2"	20	UNI	R\$ 3,92	R\$ 78,40
8	BUCHA E ARRUELA EM ALUMÍNIO FUNDIDO	36	UNI	R\$ 1,07	R\$ 38,52
9	PARAFUSO ROSCA SOBERBA AÇO CABEÇA CHATA FENDA	36	UNI	R\$ 0,69	R\$ 24,84
10	TUBO DE PVC, SOLDAVEL, DM 25 MM	1	UNI	R\$ 12,00	R\$ 12,00
11	TINTA EPOX - VERDE 1L	1	L	R\$ 27,05	R\$ 27,05
12	TE PVC, 25MM SOLDAVEL COM ROSCA, 90 GRAUS	8	UNI	R\$ 2,50	R\$ 20,00
13	TE INSPEÇÃO DE PVC 100MM	1	UNI	R\$ 18,90	R\$ 18,90
14	PERFIL "U" SIMPLES DE AÇO GALVANIZADO 75 X 40, E- 2,6 MM	2	UNI	R\$ 16,50	R\$ 33,00
15	CAP DE 100 MM	18	UNI	R\$ 13,80	R\$ 248,40
16	JOELHO PVC, SOLDAVEL 45 GRAUS, DN 100 MM	7	UNI	R\$ 9,60	R\$ 67,20
17	JOELHO PVC, SOLDAVEL 90 GRAUS, DN 100 MM	2	UNI	R\$ 11,80	R\$ 23,60
18	CALHA MOLDURA AMERICANA DE PVC "U"	6	UNI	R\$ 26,50	R\$ 159,00
19	FLANGE SOLDAVEL 25 MM	9	UNI	R\$ 4,30	R\$ 38,70
20	TELA DE MOSQUITEIRO - 1/2 METRO	1	UNI	R\$ 4,00	R\$ 4,00
21	BOLA DE PLÁSTICO - DN 100	1	UNI	R\$ 3,50	R\$ 3,50
22	TELA DE PROTEÇÃO PARA CALHA	1	UNI	R\$ 4,80	R\$ 4,80
23	RALO DE SAÍDA DE CALHA	1	UNI	R\$ 6,30	R\$ 6,30
24	SUPORTE DE CALHA PLUVIAL	10	UNI	R\$ 4,50	R\$ 45,00
25	PLACA DE SINALIZAÇÃO - ÁGUA PLUVIAL	2	UNI	R\$ 5,50	R\$ 11,00
26	AUXILIAR DE ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO	80	H	R\$ 16,80	R\$ 1.344,00
27	COLORO EM PASTILHA	3	UND	R\$ 15,00	R\$ 45,00
VALOR TOTAL ESTIMADO					R\$ 2.365,25

Fonte: Autores, (2016).

V CONCLUSÃO

A implantação deste sistema de aproveitamento de água pluvial, para fins não potáveis, pretende contribuir com o meio ambiente, no que se refere a desperdício de água potável, diminuição o volume de água nas vias públicas, que contribuirá com a diminuição das enchentes nas ruas e avenidas, assim como na conta de abastecimento privado, do local que for implantado esse sistema de aproveitamento de água pluvial e principalmente na contribuição social para o meio ambiente. O volume de água pluvial necessária deverá ser dimensionado de acordo com o espaço e a necessidade de cada usuário, pois nem todos possuem pátio, jardins, veículos e outros materiais que não necessite de água potável para sua lavagem. Contribuindo assim com o objetivo desta proposta de projeto, pois atenderá ao seu usuário, com bastante eficiência, economia no que se refere a contribuição social. Outra área de aproveitamento e de utilização de emergência seria em quarteis do bombeiro, para abastecimento dos caminhões contra incêndio, em colégio para lavagem de pátios, banheiros e playground; Assim como nas repartições públicas e privadas, devido ao alto índice pluviométrico da região norte. Infelizmente a política do Brasil, ainda está muito defasada com relação aos outros países, ao ponto de adotarem leis que obrigue a cada imóvel construído, a instalação de um sistema de captação de água pluvial. Pois a sociedade ainda não se conscientizou que a crise hídrica, não é só a falta de algumas regiões e sim a falta de água potável para a sobrevivência da humanidade e de todo o ecossistema.

VI AGRADECIMENTOS

Ao Centro Universitário do Norte (UNINORTE) pelo apoio a esta pesquisa.

VII REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ANA – Agência Nacional de Água: ANA divulga **relatório de Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil** – Informe 2014. Disponível em: http://www2.ana.gov.br/Paginas/imprensa/noticia.aspx?id_noticia=12683>. Acessado em 25/08/2016.
- [2] CARVALHO, Júnior, Roberto de. **Instalações hidráulicas e projeto de arquitetura** – 3º ed. rer.ampl. e atual. – São Paulo: Editora Blucher, 2010.
- [3] Dile, Y.T., Karlberg, L., Temesgen, M., Rockström, J., 2013. **The role of water harvesting to achieve sustainable agricultural intensification and resilience against water related shocks in sub-Saharan Africa**. Agric. Ecosyst. Environ. 181, 69–79.
- [4] Rockström, J., Karlberg, L., Wani, S.P., Barron, J., Hatibu, N., Oweis, T., Bruggeman, A., Farahani, J., Qiang, Z., 2010. **Managing water in rainfed agriculture: the need for a paradigm shift**. Agric. Water Manag. 97, 543–550.
- [5] Sharma, A.K., Tjandraatmadja, G., Cook, S., Gardner, T., 2013. **Decentralised systems definition and drivers in the current context**. Water Sci. Technol. 67, 2091e2101.

[6] Reinhardt, C., Bölscher, J., Schulte, A., Wenzel, R., 2011. **Decentralised water retention along the river channels in a mesoscale catchment in south-eastern Germany**. Phys. Chem. Earth A/B/C 36, 309–318.

[7] TOMAS, Plínio, **Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis**. p. 530, (2010). Disponível em: < <http://pliniotomaz.com.br/livros-digitais/>>. Acessado: 20/Agosto/2016).

[8] UNEP - United Nations Environment Programme - **Newsletter and Technical Publications Rainwater Harvesting And Utilisation - An Environmentally Sound Approach for Sustainable Urban Water Management: An Introductory Guide for Decision-Makers**. Disponível em:< <http://www.unep.or.jp/ietc/publications/urban/urbanenv-2/9.asp><. Acessado em 15/Agosto/2016.

[9] ANNECCHINI, K. P. **Aproveitamento da Água da Chuva Para Fins Não Potáveis na Cidade de Vitória (ES)**. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre. Universidade Federal do Espírito Santo – UFES, 2005.

[10] SABESP – **Programa de Uso Racional da Água**. Disponível em: ><http://site.sabesp.com.br/site/interna/subHome.aspx?secaoId=3><. Acessado em 15/Maio/2016.

[11] ONU-BR - Organização Nações Unidas no Brasil – **6 águas limpa e saneamento, Objetivo 6. Assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todos**. Disponível em: > <https://nacoesunidas.org/pos2015/ods6/><. Acessado em 20/agosto/2016.

[12] Lei nº 24643/1934 – Título V – **Águas Pluviais**. Disponível em:<www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d24643.htm>. /Acessado em 03/Setembro/2016.

[13] Lei nº 9.433/1997 – **Política Nacional de Recursos Hídricos**. Disponível em:>www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.htm<. /Acessado em 03/Setembro/2016.

[14] Lei nº 11.445/2007 – **Diretrizes Nacional para Saneamento Básico**. Disponível em:>www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2007-2010/2007/lei/11445.htm<. /Acessado em 03/Setembro/2016.

[15] Lei nº 1192 de 31 de dezembro de 2007. Disponível em:>http://cm-anaus.jusbrasil.com.br/legislacao/824684/lei-1192-07?ref=topic_feed<. Acessado em:20/Setembro/2016.

[16] Lei Municipal nº 036/2015 – **Estabelece a Política de Captação, Armazenamento e Aproveitamento de Águas Pluviais**. Disponível em:>www.cmm.am.gov.br/wp-content/uploads/2015/04/PL_036_2015.pdf<. Acessado em 25/agosto/2016.

[17] ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 12217 e NBR 593. Projeto de reservatório de distribuição de**

- água para abastecimento público.** – agosto, 1993. 4p. Acessado em 26 de março de 2016.
- [18] König, K.W., Gnadlinger, J., Han, M., Hartung, H., Hauber-Davidson, G., Lo, A., Qiang, Z., 2009. **Rainwater harvesting for water security in rural and urban areas.** In: **Barron, J. (Ed.), Rainwater Harvesting: A Lifeline for Human Well-being (Chapter 6).** Stockholm Environment Institute, York, UK/Stockholm Resilience Centre, Stockholm, Sweden, pp. 44–55.
- [19] Marques, M.D.C., 2011. **Gestão integrada de águas pluviais na utilização residencial aplicada a um loteamento em Santa Maria da Feira, Vila Real, Portugal.** (MSc Thesis), Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real, Portugal (in Portuguese).
- [20] De Paola, F., Ranucci, A., 2013. **Analysis of spatial variability for stormwater capture tank assessment.** *Irrig. Drain.* 61 (5), 682–690.
- [20] Mendez, C.B., Klenzendorf, J.B., Afshar, B.R., Simmons, M.T., Barrett, M.E., Kinney, K.A., Kirisits, M.J., 2011. **The effect of roofing material on the quality of harvested rainwater.** *Water Res.* 45 (5), 2049e2059.
- [21] Lee, J.Y., Yang, J.S., Han, M., Choi, J., 2010. **Comparison of the microbiological and chemical characterization of harvested rainwater and reservoir water as alternative water resources.** *Sci. Total Environ.* 408 (4), 896e905.
- [22] Lee, J.G., et al., 2012. **A watershed-scale design optimization model for stormwater best management practices.** *Environ. Model. Softw.* 37, 6e18 <http://dx.doi.org/10.1016/j.envsoft.2012.04.011>.
- [23] Farreny, R., Morales-Pinzón, T., Guisasola, A., Tayà, C., Rieradevall, J., Gabarrell, X., 2011. **Roof selection for rainwater harvesting: quantity and quality assessments in Spain.** *Water Res.* 45 (10), 3245e3254.
- [24] ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 5626 – Instalação predial de águas fria** – Setembro, 1998, 41p. Acessado em: 20/Maio/2016.
- [25] ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 5680 - Tubo de PVC rígido - dimensões – Padronização.** Abril, 1992, 10p. Acessado em: 26/março/2016.
- [26] ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10844. Instalação Predial de Águas Pluviais.** Dezembro, 1989, 13 p. Acessado em: 26/março/2016.
- [27] ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 12213 e NBR 589. Projeto de captação de água de superfície para abastecimento público** – Abril, 1992. 12p. Acessado em 26 de março de 2016.
- [28] ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 12217 e NBR 593. Projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público.** – Agosto, 1993. 4p. Acessado em 26 de março de 2016.
- [29] ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15527. Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - Requisitos.** Setembro, 2007. 8p. Acessado em 26 de março de 2016.
- [30] INSTITUDO DO PVC. Biblioteca Virtual. **O PVC é um plástico inerte, seguro e sustentável.** Disponível em: <<http://www.institutodopvc.org/dspvc>>. Acesso em 25/março/2016.
- [31] VISARTY. Disponível em: <<http://www.visarty.com.br/?24,etiquetas-para-tubulacoes.html>>. Acessado em: 18/Agosto/2016.
- [32] Youn, S.-G., Chung, E.-S., Kang, W.G., Sung, J.H., 2012. **Probabilistic estimation of the storage capacity of a rainwater harvesting system considering climate change.** *Resour. Conserv. Recycl.* 65, 136e144.
- [33] INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Mapas Meteorológicos. – Manaus, INMET. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br>>. Acessado em: 19/março/2016.
- [34] PEDREIRAO – **Macetes e Construções. Telhados e Forros > O que são Águas do Telhado, Passo a Passo!** (2012) Disponível em: <<http://pedreira.com.br/telhados-e-forros/o-que-sao-aguas-do-telhado-passo-a-passo/>>. Acessado em 25/setembro de 2016.
- [35] TIGRE – **Calhas e condutores de águas pluviais - Linha Aquapluv Style.** Disponível em: <http://www.aecweb.com.br/emp/p/tigre_2342_1>. Acessado em: 12/agosto/2016.
- [36] ZAP - **Saiba como reaproveitar a água da chuva com projeto de baixo custo.** (2014). Disponível em: <<http://revista.zapimoveis.com.br/saiba-como-reaproveitar-a-agua-da-chuva-com-projeto-de-baixo-custo/>>. Acessado em: 25/Setembro/2016.
- [37] MANO, **Sistema - sistema vertical de captação de água de chuva.** ><https://queminova.catracalivre.com.br/inova/arquitetos-criam-sistema-vertical-de-captacao-de-agua-de-chuva/><. Acessado em: 15/Março/2015.
- [38] Campisano, A., Modica, C., 2012. **Optimal sizing of storage tanks for domestic rainwater harvesting in Sicily.** *Resour. Conserv. Recycl.* 63, 9e16 <http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2012.03.007>.
- [39] Ghisi, E., 2010. **Parameters influencing the sizing of rainwater tanks for use in houses.** *Water Resour. Manag.* 24 (10), 2381e2403 <http://dx.doi.org/10.1007/s11269-009-9557-4>. Ghisi, E., et al., 2006. Potential
- [40] Ghisi, E., Schondermark, P., 2013. **Investment feasibility analysis of rainwater use in residences.** *Water Resour. Manag.* 27 (7), 2555e2576 <http://dx.doi.org/10.1007/s11269-013-0303-6>.

[41] Imteaz, M.A., et al., 2011. **Optimisation of rainwater tank design from large roofs: a case study in Melbourne**, Australia. Resour. Conserv. Recycl. 55 (11), 1022e1029 <http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2011.05.013>.

[42] Imteaz, M.A., Rahman, A., Ahsan, A., 2012. **Reliability analysis of rainwater tanks: a comparison between South-East and Central Melbourne**. Resour. Conserv. Recycl. 66, 1e7.

[43] Jones, M.P., Hunt, W.F., 2010. **Performance of rainwater harvesting systems in the southeastern United States**. Resour. Conserv. Recycl. 54 (10), 623e629 <http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2009.11.002>.

[44] Palla, A., et al., 2011. **Non-dimensional design parameters and performance assessment of rainwater harvesting systems**. J. Hydrol. 401 (1e2), 65e76 <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhydrol.2011.02.009>.

[45] BELO, Juliana de Souza; NASCIMENTO, Thiago Lopes dos Santos. **Aproveitamento a água de chuva para fins não potáveis no Condomínio Vista Santana – Um estudo de caso**. 2010. 77 f. Tese (Graduando em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Guaratinguetá 2010.

[46] SISTEMA NACIONAL DE PESQUISA DE CUSTOS E ÍNDICES DA CONSTRUÇÃO CIVIL–SINAPI. **Relatório de Insumos e Composições – 2016**.

[47] PÊGO, Carlos Sulzer; ERTHAL JÚNIOR, Milton. **Dimensionamento e viabilidade econômica da coleta e uso de águas pluviais no município de Campos dos Goytacazes, RJ**. Perspectivas Online: Ciências Exatas e Engenharia. Disponível em: <http://www.seer.perspectivasonline.com.br/index.php/EE/article/viewFile/135/83>. Acessado em: 09/Setembro/2016.