



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
CENTRO DE ENGENHARIAS
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

ROSY MAYANE PAIVA DE OLIVEIRA

**DIMENSIONAMENTO E ORÇAMENTAÇÃO DE UM SISTEMA DE
APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS PARA FINS NÃO POTÁVEIS DE
RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR**

MOSSORÓ/RN

2020

ROSY MAYANE PAIVA DE OLIVEIRA

**DIMENSIONAMENTO E ORÇAMENTAÇÃO DE UM SISTEMA DE
APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS PARA FINS NÃO POTÁVEIS DE
RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR**

Trabalho Final de Graduação apresentado a
Universidade Federal Rural do Semi-Arido como
requisito para obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Civil.

Orientador: Geovanna Maria Andrade de Oliveira.

MOSSORÓ/RN

2020

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

048d Oliveira, Rosy Mayane Paiva de Oliveira.
DIMENSIONAMENTO E ORÇAMENTAÇÃO DE UM SISTEMA
DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS PARA FINS
NÃO POTÁVEIS DE RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR / Rosy
Mayane Paiva de Oliveira Oliveira. - 2020.
50 f. : il.

Orientadora: Geovanna Maria Andrade de
oliveira Oliveira.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia Civil,
2020.

1. águas pluviais. 2. reaproveitamento da
água. 3. viabilidade do sistema de águas
pluviais. I. Oliveira, Geovanna Maria Andrade de
oliveira, orient. II. Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

ROSY MAYANE PAIVA DE OLIVEIRA

**DIMENSIONAMENTO E ORÇAMENTAÇÃO DE UM SISTEMA DE
APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS PARA FINS NÃO POTÁVEIS DE
RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR**

Trabalho Final de Graduação apresentado a Universidade
Federal Rural do Semi-Arido como requisito para obtenção
do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Defendida em 12/12/2020.

BANCA EXAMINADORA



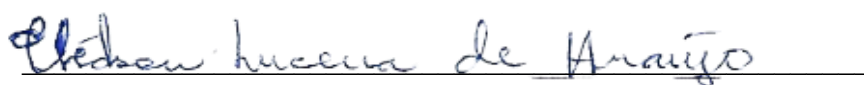
Prof (a). GEOVANNA MARIA ANDRADE DE OLIVEIRA – UFERSA

Presidente e orientadora



Prof (a) Dra. SILVANETE SEVERINO DA SILVA - UFERSA

Primeiro Membro



ENG.º. CLEDSON LUCENA DE ARAÚJO

Membro externo

RESUMO

O aproveitamento da água de pluvial é uma forma de minimizar o consumo de água potável, reduzir gastos financeiros, diminuir enchentes e ainda combater a escassez hídrica. Este trabalho tem como objetivo analisar a viabilidade do aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis na cidade de Mossoró. Este estudo iniciou com pesquisas bibliográficas sobre a disponibilidade de água, o aproveitamento de águas pluviais e os componentes do sistema de aproveitamento de águas pluviais (SNIS, 2018; TOMAZ, 2015; ANBT, 1989; ABNT, 2019). Para averiguar o objetivo proposto, foi elaborado um sistema de reutilização de águas pluviais com base nas normas NBR 10.884 (ABNT, 1989) e a NBR 15.527 (ABNT, 2019) e a viabilidade desse sistema levou em consideração o cálculo do método do Payback Descontado. Essa pesquisa resultou em uma redução anual do consumo de água potável de 52 m³, ou seja, uma economia financeira anual de R\$514,69. A implantação do sistema se mostrou viável, tendo em vista que a vida útil considerada no dimensionamento do sistema foi de 20 anos e o tempo de retorno do investimento foi de 15 anos e 5 meses.

Palavras-chave: águas pluviais, reaproveitamento de água, viabilidade econômica.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Antigas cisternas de Massada.....	11
Figura 2 - Poços de escadas	11
Figura 3 - Cisterna do P1MC	12
Figura 4 - Cálculo das áreas de contribuição	16
Figura 5 - Planta baixa e os aparelhos sanitários existentes na edificação	24
Figura 6 - Média pluviométrica em mm da cidade de Mossoró-RN	25
Figura 7 - Sistema de águas pluviais.....	27
Figura 8 - Ábaco aresta viva	28
Figura 9 – Capacidade dos condutores horizontais.....	28
Figura 10 - Áreas de contribuição.....	32
Figura 11 - Detalhamento das calhas	35
Figura 12 - Esboço do sistema de aproveitamento de águas pluviais.....	37
Figura 13 - Estimativa de custo.....	39

LISTA DE QUADROS

16

20

21

23

Quadro 5 - Coeficientes de rugosidade33

36

Quadro 7 - Áreas de contribuição38

Quadro 8 - Vazão de projeto (Q)38

Quadro 9 - Diâmetro das calhas (mm)39

Quadro 10 – Diâmetro dos condutores horizontais (mm)40

Quadro 11 - Comprimentos equivalentes41

Quadro 12 - Quantitativo dos elementos do sistema44

Quadro 13 - Redução no consumo de água potável45

SUMÁRIO

1 14

2 16

2.1 16

2.2 17

17

19

21

2.3 21

22

23

24

25

25

3 29

3.1 29

3.2 29

3.3 31

4 37

4.1 37

4.2 43

4.3 45

5 48

48

1 INTRODUÇÃO

A água é o recurso de sustentação de vida do nosso planeta, o uso irracional dela pode causar desequilíbrio social e econômico. A demanda de água para abastecimento humano cresce a cada ano. Em sua maior parte, este aumento é motivado pelo aumento da população mundial, com isso necessitamos cada vez de mais água potável.

Segundo pesquisas da Organização das Nações Unidas (ONU), em 2025 existe a possibilidade de que dois terços da população mundial sofra escassez moderada ou grave de água, caso continue mantendo o mesmo padrão de consumo e os altos índices de poluição. E existe outra previsão de que em 2050 um quarto das pessoas terá água apenas para satisfazer suas necessidades básicas (CAMPOS; AZEVEDO, 2013).

Portanto, o aproveitamento da água pluvial é uma alternativa para satisfazer uma parte do consumo doméstico, liberando as águas de melhor qualidade para usos mais nobres. Diante disso, surge o seguinte questionamento: é viável a implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial em uma residência unifamiliar em Mossoró?

Como hipótese, acredita-se que a implantação do sistema de aproveitamento é viável, pois o custo gerado com a implantação do sistema são inferiores ao valor economizado com sua implantação. Com o intuito de solucionar esse problema, o objetivo geral do trabalho é **analisar a viabilidade do aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis em Mossoró**.

Para atingir o objetivo geral, foram elaborados os seguintes objetivos específicos:

- Dimensionar o sistema de reaproveitamento de água pluvial;
- Realizar o orçamento de materiais e mão de obra;
- Comparar os custos de utilização de água com e sem o sistema de abastecimento.

O Relatório Mundial das Nações Unidas Sobre o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos informa que, atualmente o consumo de água potável cresce 1% ao ano, com isso algumas regiões do mundo já apresentam escassez (UNESCO, 2018).

A escassez da água no planeta e em especial na região do semiárido, motivou o tema do trabalho, pois utilizando a água da chuva para fins não potáveis, tem-se um importante aliado na economia da água potável disponível. Portanto, tem-se uma solução eficiente, barata, flexível para atender à crescente demanda de água.

A partir desse estudo será possível dimensionar um sistema de água pluviais para residências unifamiliares de pequeno porte. Além de verificar se é viável economicamente a implantação do sistema.

Na prática, esse trabalho poderá servir para famílias que buscam uma maneira de reduzir os custos com a conta de água, pois destinariam a água da chuva para fins menos nobres.

Esta pesquisa está estruturada em cinco seções, a primeira delas é a introdução. A segunda seção é o referencial teórico que aborda a disponibilidade de água, o aproveitamento de água pluviais (quando começou, a qualidade da água, onde podemos utilizar) e os elementos do sistema de águas pluviais. A terceira seção é a metodologia, formada pela classificação da pesquisa e o delineamento do objeto de estudo e o método de análise. A quarta seção constitui-se dos resultados e discussão obtidos neste trabalho. Na última seção são apresentadas as considerações finais, onde é discutido os resultados obtidos na pesquisa.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta seção, será discutida a quantidade de água potável disponível no planeta. Para isso será abordado temas como a disponibilidade de água, como podemos aproveitar água da chuva e os elementos que compõem o sistema de aproveitamento de águas pluviais.

2.1 DISPONIBILIDADE DE ÁGUA

A água é um recurso natural muito importante e é considerada um bem econômico. A falta dela pode promover a degradação dos recursos naturais e estagnar o desenvolvimento de uma região, pois se ocorrer a escassez, haverá a dificuldade de produzir alimentos, desempenhar atividades agrícolas e industriais (ANDREASI, 2003).

O nosso planeta é composto 71% de água, porém a disponibilidade da água doce é de apenas 2,5% e a grande parte dela está nas calotas polares e geleiras, restando somente 0,7% para consumo humano. Com isso, temos um cenário que além de apresentar baixa disponibilidade de água, parte dessa água está sujeita a poluição e desperdício (GRASSI, 2001).

A água dentro os recursos naturais é um dos que mais gera destaque e preocupação, devido sua tendência de escassez. Dalsenter (2016) aponta que alguns dos fatores que contribuem para os problemas de falta de água são: o crescimento do consumo, o seu uso inadequado, as mudanças climáticas que alteram o ciclo hidrológico e a poluição das reservas hídricas.

Segundo a Conjuntura dos Recursos Hídricos do Brasil (2012), no Brasil temos 12% de toda a água doce disponível no mundo, porém há um grande problema com sua localização geográfica. A distribuição da água no Brasil é naturalmente desigual, de modo que as áreas menos povoadas do país concentram a maior parte dos recursos hídricos, conforme mostra a Quadro 1.

Quadro 1 - Disponibilidade geográfica da água e a densidade demográfica

Região	Disponibilidade de água (%)	Densidade demográfica (hab/km ²)
Norte	68,5	4,12
Nordeste	3,3	34,15
Centro-oeste	15,7	8,75
Sul	6,5	48,48
Sudeste	6,0	86,92

Fonte: Gestão e Planejamento de Recursos Hídricos no Brasil (2011)

A região Nordeste é a região com a menor disponibilidade de água no Brasil. Já a região sudeste é a região com maior densidade demográfica no Brasil e tem apenas 6% da água do país, essa

quantidade é mínima em comparação com a região norte que detém quase 70% da quantidade de água e tem a menor densidade demográfica.

O desperdício, conforme já comentado, é um fator que contribui para a escassez da água, e muitas vezes está relacionado a cultura e maus hábitos. Segundo o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2018), no ano de 2016, os índices de desperdício de água no Brasil atingiram cerca de 37%, no ano seguinte aumentou para 38,5%. No Nordeste, desperdiçou 45% no ano de 2016 e em 2017, esse índice subiu para 46%. No estado do Rio Grande do Norte esse desperdício foi de 51,1%.

O consumo per capita na maioria dos estados tem crescido ao longo dos anos, aumento que contribui para escassez. No Brasil de 2016 para 2018 houve um aumento de 0,5%. Já no Nordeste esse aumento foi de 2,6%, porém no estado do Rio Grande do Norte teve uma redução de 5%, passando de 113,8 l/hab/dia para 108,1 l/hab/dia (SNIS, 2018).

Com base na escassez da água no Mundo e no Brasil principalmente em algumas regiões, como o Nordeste, por exemplo, existe há muito tempo o aproveitamento das águas pluviais, como forma de amenizar esse problema.

2.2 APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS

Nesta seção veremos que o aproveitamento de águas pluviais é uma prática muito utilizada pelo homem. Assim, iremos abordar o histórico do reaproveitamento, a qualidade e os possíveis usos da água pluvial.

2.2.1 Histórico

O aproveitamento de águas pluviais já é utilizado há muito tempo, através de dispositivos de coleta e armazenamento da água da chuva. Na ilha de Creta, na Grécia antiga, podem ser vistos muitos reservatórios escavados em pedras datados de antes de 3000 A.C. cuja finalidade era o aproveitamento das águas pluviais para consumo (TOMAZ, 2015).

O documento mais antigo que contém registros sobre aproveitamento de água é a Pedra de Moabita datada em 830 A.C., onde o rei Mesha dos moabitas determinou que fosse executada a construção de um reservatório em cada casa para o aproveitamento da água da chuva (TOMAZ, 2015).

Segundo May (2004) existe registros da fortaleza de Massada (Figura 1), em Israel, que possui dez reservatórios cavados nas rochas cuja capacidade total é de 40.000 m³. Existe evidências de que os Incas, Maias e Astecas se utilizavam da água da chuva para o cultivo de alimentos, através de *chultuns* cisternas escavadas em rochas com capacidade de 20 a 45 m³ (GNADLINGER, 2000).

Figura 1 - Antigas cisternas de Massada



Fonte: Casalwanderlust (2018)

Na Índia existe os poços de escadas também chamado de Baori (Figura 2). São estruturas de pedras que captam as águas das poucas chuvas que caem no deserto de Thar, e ajuda inúmeras pessoas a conviver com os efeitos do sol, é grande na parte superior funcionando como um funil e os degraus são para que as pessoas tenham acesso a água (TOMAZ, 2015).

Figura 2 - Poços de escadas



Fonte: Guerreiro (2011)

No Brasil, segundo Hagemann (2009) um dos primeiros relatos de aproveitamento de águas pluviais foi uma obra na ilha de Fernando de Noronha pelo exército americano durante a segunda guerra mundial, mais precisamente em 1943. Em seu trabalho, o autor mostra que há uma pequena captação das águas da chuva naquela época.

O aproveitamento de água da chuva vem sendo praticado principalmente na região do nordeste, pois é a região que sofre mais com a falta de recursos hídricos, por isso parte da população nordestina utiliza a água da chuva para atender as necessidades básicas e na agricultura (CARDOSO, 2010).

Em 2003 teve início o Programa de Formação e Mobilização Social para a Convivência com o Semiárido: construção de um Milhão de Cisternas Rurais - P1MC, com o objetivo de beneficiar em torno de 5 milhões de pessoas do semiárido com cisternas (Figura 3) de capacidade de 16m³, suficiente para abastecer uma família com 5 pessoas por 8 meses. A água da chuva era captada nos telhados das casas e armazenada nas cisternas (OLIVEIRA, 2007).

De acordo com a ASA – Articulação do Semiárido Brasileiro (2020), até dia 26 de outubro de 2020, foram construídas cerca de 28.355 (vinte oito mil e trezentos e cinquenta cinco) cisternas de 16 mil litros.

Figura 3 - Cisterna do P1MC



Fonte: ASA (2020)

2.2.2 Qualidade da água

A água deve estar disponível em quantidade suficiente e com qualidade adequada. Todavia, é notório que a qualidade da água vem gradualmente diminuindo. Alguns dos responsáveis por esse comprometimento são contaminantes originados de uma grande diversidade de fontes, como pesticidas, metais pesados, óleos e organismos potencialmente perigosos (LOPES, 2005).

Segundo a WaterAid (2015) apenas 10% das pessoas do planeta vive sem água segura para beber, essa falta de água segura e falta saneamento acarreta a morte de 500.000 crianças por ano todos os anos.

A qualidade da água pode ser definida como um conjunto de características físicas, químicas e biológicas que ela deve atender para cada fim específico. Ou seja, a qualidade varia de acordo com a utilização da água.

Além da finalidade, a qualidade da água também é influenciada por fatores como localização geográfica, condições meteorológicas, existência de vegetação e a existência de cargas poluentes. Esses são condicionantes que podem inviabilizar o aproveitamento das águas pluviais (RIGHETTO, 2009).

No Brasil a portaria nº 2914 (2011) dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. A NBR 15.527 (ABNT,

2019) apresenta parâmetros de qualidade para água de chuva coletada de telhados para usos não potáveis em geral, esses parâmetros estão no Quadro 2.

Quadro 2 - Parâmetros de qualidade da água da chuva para fins não potáveis

Parâmetro	Análise	Valor
Coliformes totais	Semestral	Ausência em 100mL
Coliformes termo tolerantes	Semestral	Ausência em 100mL
Cloro residual livre *	Mensal	0,5 a 0,3 mg/L
Turbidez	Mensal	<0,2 uT** para usos menos restritivos
		< 0,5 uT
Cor aparente	Mensal	<15uH***
Deve prever ajuste de pH para proteção das redes de distribuição, caso necessário	Mensal	PH de 6 a 8 no caso de aço carbono ou galvanizado
NOTA: Podem ser usados outros processos de desinfecção além de cloro, como aplicação de raio ultravioleta e aplicação de ozônio.		
* No caso de serem utilizados compostos de cloro para desinfecção		
** uT é a unidade de Turbidez		
*** uH é a unidade de Hazen		

Fonte: NBR 15.527 (2019).

No Quadro 2, os Coliformes devem ser passar por análises a cada seis meses e devem se apresentar ausente em 100 mL, os demais parâmetros devem ser analisados mensalmente. Na turbidez há dois valores, a utilização deles é determinado de acordo com a finalidade de uso da água.

Em alguns casos, a água da chuva pode apresentar uma qualidade superior à de águas superficiais e/ou subterrâneas por não entrar em contato com agentes contaminantes presentes no solo (HAGEMANN, 2009).

Um estudo desenvolvido por Gonçalves (2006), realizou a caracterização da água da chuva na cidade de Vitória – ES. O autor comparou alguns parâmetros da água da chuva na atmosfera com a água da chuva após ser captada pelo telhado. Os resultados da pesquisa estão apresentados no Quadro 3.

Quadro 3 - Comparativo da qualidade da água da chuva

Parâmetros	Atmosfera	Telhado
Turbidez (UNT)	0,9	10,4
Dureza (mg/L)	8,4	19,8
Cloretos (mg/L)	4,1	14,5
Sulfeto (mg/L)	3,9	13,3
DBO (mg/L)	2,7	6,4
DQO (mg/L)	8,8	32,3

Fonte: Gonçalves (2006)

No Quadro 3 Gonçalves (2006) conclui que, para todos os parâmetros utilizados na comparação, os valores médios encontrados nas amostras da água da chuva coletada no telhado são maiores que os valores obtidos nas amostras da chuva da atmosfera. Ou seja, a superfície de captação influencia negativamente na qualidade da água da chuva.

2.2.3 Usos e consumo da água da chuva

A água pluvial é uma técnica de economia de água potável muito utilizada em vários países. No Brasil a água pluvial é amplamente disponível em grande parte do Brasil. Na maioria das vezes são destinados para uso não potável. É possível o uso da água da chuva para fins potáveis, porém, é necessário realizar o tratamento adequado, para atingir os níveis de potabilidade do Brasil que são exigidos pela Portaria 2914. Ainda assim, os gastos para torná-la potável são excessivos (MARINOSKI, 2007).

Muitas das atividades humanas dispensam o uso de águas potáveis como, por exemplo lavagens de piso, uso de descargas, usos industriais, irrigação de jardim, lavagens de carros, uso ornamentais (chafariz, fontes), sistema de resfriamento de água e reserva técnica de incêndio, portanto o uso da água da chuva acarreta uma economia relativamente grande da água potável disponível (ABNT, 2019).

Segundo Anecchini (2005), a utilização da água da chuva acarreta muitos benefícios, reduz o consumo de água potável, reduz o escoamento superficial, minimizando a poluição difusa, diminui os problemas com inundações e enchentes, pois quando a água da chuva é captada gera menos água acumulada nas superfícies impermeáveis, portanto, a água da chuva auxilia de forma significativa a sustentabilidade urbana.

Normalmente as águas das chuvas são coletadas no telhado, posteriormente conduzidas para filtração e destinadas para o armazenamento, onde ficará até a sua utilização.

2.3 ELEMENTOS DO SISTEMA DE APROVEITAMENTO

De acordo com a NBR 15.527 (ABNT, 2019), os estudos para a concepção de um Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais (SAAP) devem conter a caracterização geral do local, a demanda e a oferta do recurso, o volume do reservatório, a área de captação e a expectativa de atendimento da demanda.

Os componentes que fazem parte do SAAP, são eles: as áreas de captação, calhas e condutores, tratamento, armazenamento e abastecimento dos pontos para consumo. Estes componentes foram descritos de forma mais detalhada nos tópicos a seguir.

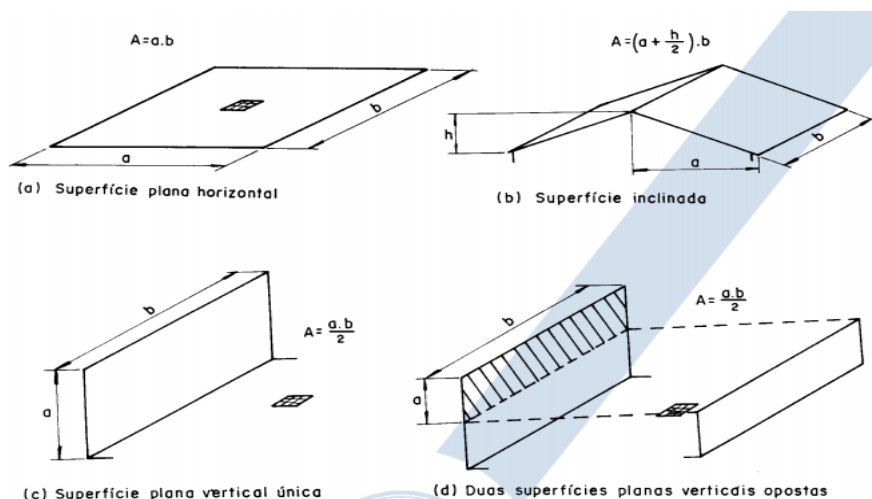
2.3.1 Captação

Segundo Oliveira (2014), a captação da água pluvial ocorre geralmente nos telhados das edificações, mas também pode ocorrer através de lajes ou pisos. É mais comum que a captação seja nos telhados, pois através dela é possível que a água atinja o reservatório de armazenamento apenas por gravidade.

Para a NBR 15.527 (ABNT, 2019) a área de captação a ser considerada para dimensionamentos é a área, em metros, projetada na horizontal da superfície impermeável da cobertura aonde a água da chuva é captada.

Essa área de captação é determinada conforme NBR 10.884 (ABNT, 1989), como mostra a Figura 4.

Figura 4 - Cálculo das áreas de contribuição



Fonte: NBR 10.884 (1989).

Sob o ponto de vista qualitativo, a água pluvial captada no telhado depende dos materiais que foram utilizados na sua construção, além da sua manutenção e dos materiais que nele se depositam. A limpeza dos telhados deve ser realizada uma ou duas vezes por ano (HEIJINEN, 2012).

Do ponto de vista quantitativo, a água de chuva que pode ser armazenada está relacionada à área de captação, à precipitação atmosférica do local e ao coeficiente de runoff. O Coeficiente de

runoff ou coeficiente de escoamento superficial, é a relação entre o volume de água de chuva que escoar na superfície e o volume total de água precipitada no telhado, que irá variar de acordo com o material que compõe o telhado. A perda de água da chuva que precipita no telhado pode estar relacionada à evaporação que ocorre no contato com o telhado, à absorção de água pelo material do telhado, à limpeza do telhado, dentre outras perdas (TOMAZ, 2015).

Para que se tenha um aproveitamento maior da água da chuva que precipita no telhado, deve-se optar por materiais com menor absorção de água e maior coeficiente de Runoff. No Quadro 4, temos os valores médios do coeficiente de escoamento.

Quadro 4 - Valores médios do Coeficiente de escoamento

Material	Coeficiente de Runoff
Telhas cerâmicas	0,80 a 0,90
Telhas esmaltadas	0,90 a 0,95
Telhas corrugadas de metal	0,80 a 0,90
Cimento amianto	0,80 a 0,90
Plástico	0,90 a 0,95

Fonte: Tomaz (2015).

A partir dos dados apresentados no Quadro 4, podemos notar que, apesar dos coeficientes de runoff serem bem próximos para todos os materiais, devido à baixa capacidade de absorção, materiais como telhas esmaltadas ou o plástico são preferíveis na composição de áreas de captação de água para reaproveitamento.

2.3.2 Condução e tratamento

A condução da superfície da captação até o descarte da primeira chuva ou até o reservatório de armazenamento é realizada por meio de calhas e condutores horizontais e verticais. Os materiais mais empregados para os condutores são policloreto de vinila (PVC), plástico ou outro material que seja inerte, pois como o pH da chuva geralmente é baixo, podendo haver corrosão se for utilizado metal (UNEP, 2002).

Segundo a NBR 10.884 (ABNT, 1989) as calhas devem, sempre que possível, ser fixadas centralmente sob a extremidade da cobertura e o mais próximo desta. A inclinação das calhas deve ser uniforme e com valor mínimo de 0,5%. Para o dimensionamento das calhas deve-se levar em consideração o período de retorno, a vazão de projeto e a intensidade da chuva, dentre outros fatores.

Os condutores verticais devem ser projetados, sempre que possível em uma única prumada. Quando houver necessidade de desvio, devem ser utilizadas curvas de 90° de raio longo ou curvas de 45° e devem ser previstas peças de inspeção, instaladas interna ou externamente a edificação (ABNT, 1989).

O diâmetro mínimo de seção circular é de 70mm. Nos condutores verticais, devem ser empregados tubos e conexões de 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 (ABNT, 1989).

Os condutores horizontais devem ser projetados com declividade uniforme, com valor mínimo de 0,5%, assim como nas calhas. Nos mesmos devem ser empregados tubos e conexões de ferro fundido, fibrocimento, PVC rígido, aço galvanizado, cerâmica vidrada, concreto, cobre ou alvenaria. A ligação entre condutores verticais e horizontais deve ser sempre feita com curva de raio longo, com inspeção através de caixa de areia (ABNT, 1989).

Os Condutores e as calhas devem ser inspecionados e limpos periodicamente, a NBR 15.527 (ABNT, 2019) recomenda que a limpeza seja realizada semestralmente.

O tratamento das águas pluviais para fins não potáveis são os que visa atender os parâmetros estabelecidos pela NBR 15.527 (ABNT, 2019), apresentados no Quadro 3. A Norma indica a utilização de dois sistemas como pré-tratamento.

O primeiro é utilização de grades e/ou telas para remoção de sólidos indesejáveis, eles retêm materiais grosseiros, como folhas, insetos e detritos. São instalados antes do reservatório. A limpeza dos materiais de retenção devem ser realizadas a cada 3 meses.

O segundo são os dispositivos de descarte da primeira água da chuva, deve-se fazer um dimensionamento do quanto descartar ou na falta desses dados descartar os 2 primeiros milímetros de chuva. Esse sistema funciona como se os primeiros 2 mm lavasse o telhado e carresse contaminantes. A limpeza desse dispositivo deve ser realizada mensalmente.

2.3.3 Armazenamento

O armazenamento é realizado por reservatórios, ele é o elemento com o custo mais elevado do SAAP, podendo ser apoiados ao solo, enterrado ou parcialmente enterrado. O material empregado pode variar também, geralmente são utilizados concreto, madeira, fibra de vidro, aço inoxidável e polietileno para construção dos reservatórios. Sua instalação deve ser próximo, sempre que possível, aos pontos de consumo.

No dimensionamento dos reservatórios devem ser levados em consideração alguns importantes critérios, tais como: custos totais de implantação, demanda de água, áreas de captação, regime pluviométrico e confiabilidade requerida para o sistema (CASA EFICIENTE, 2007). De acordo com a NBR 15.527 (ABNT, 2019) o reservatório deve ser inspecionado, limpo e desinfetado com solução de hipoclorito de sódio no mínimo uma vez ao ano.

Os reservatórios geralmente utilizados para o armazenamento são as cisternas, as quais se caracterizam por apresentarem: poço de inspeção, tubo de ventilação, dispositivo para limpeza e um tubo de descarga (MARINOSKI, 2007)

2.3.4 Abastecimento dos pontos de consumo

Para o abastecimento dos pontos de consumo é necessária a instalação de uma bomba de pressurização dimensionada conforme a edificação. A instalação da bomba é necessária para a alimentação do reservatório superior de água pluvial caso exista um na edificação. Recomenda-se que a tubulação de saída para consumo seja 10 cm acima da base do reservatório e que possua uma cor de tubulação, e demais componentes, diferentes para distinguir o abastecimento de água pluvial do abastecimento de água potável (MARINOSKI, 2007).

O sistema de distribuição deve ser realizado de acordo com a NBR 5626 - Instalação predial de água fria. Devem também ser independentes, não é permitido conexão cruzada com a água da chuva, assim como os reservatórios de distribuição devem ser isolados.

2.3.5 Métodos de dimensionamento de reservatórios

A NBR 15.527 (ABNT, 2019) descreve seis métodos distintos para dimensionamento de reservatórios, são eles: Método de Rippi, Método de Simulação, Método de Azevedo Neto, Método Prático Alemão, Método Prático Inglês, Método prático Australiano.

O Método de Rippi também é conhecido como Método do Diagrama de Massas é um dos mais utilizados, devido à sua fácil aplicação. Tem como princípio fundamental a equalização da vazão (GIACCHINI; MARGOLAINE, 2016).

Nesse método pode-se utilizar séries históricas mensais ou diárias. As relações utilizadas (Equação 1) são:

(equação 1)

$$Q(t) = C * precipitação\ chuva(t) * área\ de\ captação$$
$$V = \sum S(t), \text{somente para valores } S(t) > 0$$

onde:

S(t) é o volume de água no reservatório no tempo t;

Q(t) é o volume de chuva aproveitável no tempo t;

D(t) é a demanda ou consumo no tempo t;

V é o volume do reservatório;

C é o coeficiente de escoamento superficial.

O Método da Simulação aplica a equação da continuidade em um reservatório finito e utilizam-se duas hipóteses: de que o reservatório começa cheio e de que os dados históricos são representativos para as condições futuras (ABNT, 2019). O método da simulação consiste nas seguintes relações:

$$S(t) = Q(t) + S(t - 1) - D(t) \quad (\text{equação 2})$$

$$Q(t) = C * \text{precipitação chuva}(t) * \text{área de captação}$$

$$\text{Sendo que: } 0 \leq s(t) \leq V$$

onde:

$S(t)$ é o volume de água no reservatório no tempo t ;

$S(t-1)$ é o volume de água no reservatório no tempo $t-1$;

$Q(t)$ é o volume de chuva aproveitável no tempo t ;

$D(t)$ é a demanda ou consumo no tempo t ;

V é o volume do reservatório;

C é o coeficiente de escoamento superficial.

O método Azevedo Neto, também conhecido como o Método Prático Brasileiro, tende a fornecer volumes de reservatório relativamente superdimensionados para casos de grandes áreas de captação e distribuição pluviométrica regular. Isso ocorre porque o cálculo baseia-se apenas nos dados da área de captação e de volume de pluviosidade, não levando em consideração a demanda de água pluvial no edifício. O volume do reservatório é calculado pela Equação 3:

$$V = 0,042 * P * A * (\text{equação 3})$$

onde:

P é o valor numérico da precipitação média anual, em milímetros;

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

A é o valor numérico da área de coleta em projeção, expressa em m^2 ;

V é o valor numérico do volume de água aproveitável e do volume de água no reservatório, expressos em litros.

O Método Prático Alemão é um método empírico onde se toma o menor valor do volume do reservatório; 6% do volume anual de consumo ou 6% do consumo anual de precipitação aproveitável, ou seja, o volume adotado é o menor entre o volume anual precipitado aproveitável e o volume anual de consumo.

$$V_{\text{adotado}} = \min(V; D) * 0,06 \quad (\text{equação 4})$$

onde:

V é o valor numérico do volume aproveitável de água da chuva anual, expressos em litros;

D é o valor numérico da demanda anual da água não potável, expressos em litros;

V_{adotado} é o valor numérico do volume de água no reservatório, expressos em litros.

O Método Prático Inglês, tem como parâmetros apenas a precipitação anual e a área de captação, não levando em consideração a demanda, as variações pluviométricas e variações no comportamento do nível do reservatório ao longo do tempo. O reservatório obtido por este método pode ser insuficiente, recomenda utilizar em clima temperado (LOPES; MIRANDA, 2016). O volume da água da chuva é dado pela equação:

$$V = 0,05 * P * A \quad (\text{equação 5})$$

onde:

P é o valor numérico da precipitação média anual, em milímetros;

A é o valor numérico da área de coleta em projeção, expressa em m²;

V é o valor numérico do volume de água aproveitável e do volume de água da cisterna, expressos em litros.

No Método Prático Australiano primeiro deve ser obtido o volume de contribuição produzido pela chuva (valor Q) para cada mês da série pluviométrica utilizada. O valor Q é obtido na seguinte relação:

$$Q = A * C * (P - I) \quad (\text{equação 6})$$

onde:

P é a precipitação média mensal;

C é o coeficiente de escoamento superficial, geralmente 0,8;

I é a interceptação da água que molha as superfícies e perdas por evaporação, geralmente 2mm;

A é a área de coleta;

Q é o volume mensal produzido pela chuva.

Depois de calculado o volume mensal produzido pela chuva, é determinado o volume do reservatório através de tentativas, até que sejam utilizados valores otimizados de confiança. O volume do reservatório será dado pela Equação 7:

$$V(t) = V(t - 1) + Q(t) - D(t) \quad (\text{equação 7})$$

onde:

V(t) é o volume de água que está no tanque no final do mês;

V(t-1) é o volume de água que está no tanque no início do mês t;

Q (t) é o volume mensal produzido pela chuva no início do mês t;

D(t) é a demanda mensal.

Onde no primeiro mês V(t-1) é 0. Depois de calculado o volume final do reservatório no último mês, a confiança é estimada pela Equação 8:

$$Pr = Nr / N \quad (\text{equação 8})$$

onde:

Pr é a falha;

Nr é o número de meses em que o reservatório não atendeu à demanda, ou seja, $V(t)=0$;

N é o número de meses considerado no cálculo. Geralmente 12 meses.

NBR 15.527 (ABNT, 2019) recomenda que a confiança esteja entre 90 e 99%, ou seja, a falha Pr deve ser aproximadamente igual a 1.

3 METODOLOGIA DA PESQUISA

Nesta seção, é apresentado o desenho da pesquisa, nele será apresentado quais são as características metodológicas da pesquisa, a descrição do objeto de estudo e os métodos de análises do trabalho.

3.1 DESENHO DE PESQUISA

Esta pesquisa é um estudo de caso que consiste em uma pesquisa profunda de um ou poucos objetos, de maneira que permita seu amplo e detalhado conhecimento.

O estudo de caso tem sido cada vez mais utilizado, pois ele tem diferentes propósitos, tais como: formular hipóteses e desenvolver teorias; explorar situações da vida real cujos limites não estão claramente definidos; descrever a situação do contexto em que está sendo feita determinada investigação; explicar as variáveis causais de determinado fenômeno em situações muito complexas que não possibilitam a utilização de levantamentos e experimentos; preservar o caráter unitário do objeto estudado (GIL, 2002).

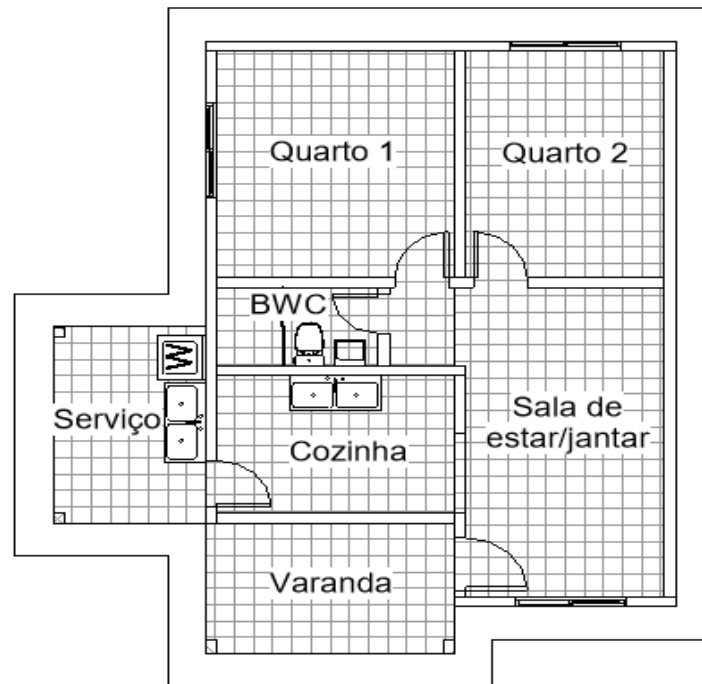
Para realização do trabalho, as seguintes etapas foram definidas. Primeiro foi definida a viabilidade de um sistema de águas pluviais como objeto de estudo. Depois disso, foram estabelecidas as características como a localização, a média pluviométrica. Segundo, foram definidas como foi realizada a análise dos dados, como o dimensionamento do sistema e a viabilidade e econômica da implantação do sistema.

3.2 DESCRIÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO

Primeiramente foi realizada a escolha da planta baixa, cuja residência seria o modelo da pesquisa para os custos e consumos de água. A planta selecionada consiste em uma residência unifamiliar do Programa Minha Casa, Minha vida com 61,26 m² e os seguintes aparelhos sanitários: um vaso sanitário com caixa acoplada, um lavatório, um chuveiro, uma pia da cozinha, um tanque na área de serviço e uma máquina de lavar roupas.

Depois de realizada a escolha da residência, foi realizada a modelagem da mesma através do software Revit (2019), para que pudessem ser feitas as alterações necessárias. A figura 5 apresenta a planta baixa escolhida e suas alterações.

Figura 5 - Planta baixa e os aparelhos sanitários existentes na edificação



Fonte: Autoria própria.

Feito isso, foi determinado a localização da edificação que irá influenciar de forma significativa nos resultados da pesquisa devido aos fatores pluviométricos e cultura de consumo e aproveitamento de água da região. Sendo assim, a localização escolhida encontra-se situada no bairro Alto do Sumaré, na cidade de Mossoró, pertencente ao estado do Rio Grande do Norte.

De acordo com o IBGE (2020) a cidade de Mossoró possui uma população estimada de 300.618 habitantes, sendo a segunda cidade mais populosa do estado, e a maior em área. Possui um clima semiárido, e é um dos municípios mais quentes do estado, contando com 7 a 8 meses de seca por ano.

Bezerra (2018) também aponta que a região Nordeste apresenta um rígido clima semiárido, onde a pluviosidade média em locais próximos ao litoral é cerca de 1000mm e nas demais áreas a pluviosidade é menor que 500mm anuais.

Já segundo o Atlas Pluviométrico do Brasil (2014), a intensidade pluviométrica na região de estudo, com tempo de retorno de 25 anos e a duração de 5 minutos é de 175,1 mm/h.

O Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH), possui uma série histórica de dados pluviométricos obtidos através de medições realizadas por estações de acompanhamento de precipitações espalhadas em alguns pontos na cidade de Mossoró e regiões vizinhas.

Segundo os dados do SNIRH (2019), para a estação pluviométrica nº 00537037, localizada na própria Mossoró, o regime pluviométrico médio anual é de aproximadamente 722 mm. A Figura 6 traz os valores médios de medições obtidos nos últimos 10 anos.

Figura 6 - Média pluviométrica em mm da cidade de Mossoró-RN

Mês	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Media
Janeiro	27	70	103	19	0	2	6	160	9	87	67	55
Fevereiro	172	52	131	55	35	54	146	50	236	105	158	119,4
Março	183	66	133	30	7	165	143	26	220	95	306	137,4
Abril	319	236	249	56	383	154	50	76	99	299	169	209
Maio	277	34	216	1	33	121	69	28	9	114	78	98
Junho	154	50	25	18	73	37	28	32	36	24	30	50,7
Julho	28	11	108	10	53	1	20	0	84	1	12	32,8
Agosto	27	3	33	0	0	0	0	0	0	0	1	6,4
Setembro	1	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0,9
Outubro	0	5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0,6
Novembro	0	0	1	0	2	4	0	0	0	0	0	0,7
Dezembro	0	28	0	0	2	0	6	24	0	35	18	11,3
Total	1188	555	999	189	588	547	468	396	693	760	839	722,2

Fonte: Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH) (2020).

Na Figura 6 percebemos que o ano com mais chuva foi o ano de 2009, com cerca de 1188 mm precipitados, seguido de 2011 com 999mm e posteriormente o ano de 2019 com 839mm. O mês com mais chuvas, o mês de abril obteve-se uma média de 209 mm ao longo desses 10 anos, sendo outubro o mês com menos chuvas, com uma média de 0,6 mm.

Com base nesses dados pluviométricos, Mossoró tem um aproveitamento de água da chuva anual estimado em 613 litros por metro quadrado de área de captação. Por exemplo, se uma residência tiver 100 m² de área de captação terá uma economia anual de 61 m³, resultando em uma economia mensal de 5 m³.

3.3 MÉTODOS DE ANÁLISE

Este trabalho foi realizado com o intuito de dimensionar um sistema de aproveitamento de água pluvial de uma residência unifamiliar para fins não potáveis, e teve por base as seguintes normas da ABNT:

- - A NBR 10.884 (ABNT, 1989) - Instalações prediais de águas pluviais, nela contém os critérios e as exigências necessárias aos projetos das instalações de drenagem de águas pluviais com a finalidade de garantir níveis aceitáveis de funcionalidade, segurança, higiene, conforto, durabilidade e economia;
 - A NBR 15.527 (ABNT, 2019) - Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis, a norma se aplica a usos não potáveis em que as águas de chuva podem ser utilizadas após tratamento adequado.

O consumo de água per capita foi considerado 200 l/dia, pois segundo Sperling (1996) cidades com mais de 250.000 habitantes, o consumo per capita varia de 150 a 300 l/dia.

Para calcular a demanda estimada diária de água da residência em estudo, primeiro foi necessário determinar a taxa de ocupação, considerando 2 pessoas/quarto, totalizando 4 moradores por residência e em seguida multiplicar a taxa de ocupação pelo consumo per capita, resultando em 800 l/dia. A demanda mensal resultante é 24 m³.

A área de contribuição foi calculada através da NBR 10.884 (ABNT, 1989), item b (superfície inclinada), calculada pela equação 9:

$$A = \left(a + \frac{h}{2}\right) * b \quad (\text{equação 9})$$

onde:

A é a área, em m²;

a é a largura do telhado, em m;

b é o comprimento do telhado, em m;

h é a altura da inclinação do telhado, em m.

Com a área de contribuição determina-se a vazão de projeto, ou seja, a vazão que o telhado irá direcionar esta água captada da chuva para a calha. A vazão de projeto foi obtida de acordo com a NBR 10.884 (ABNT, 1989), determinado pela equação 10:

$$Q = \frac{C * I * A}{60} \quad (\text{equação 10})$$

Onde:

Q é a vazão de projeto (L/min);

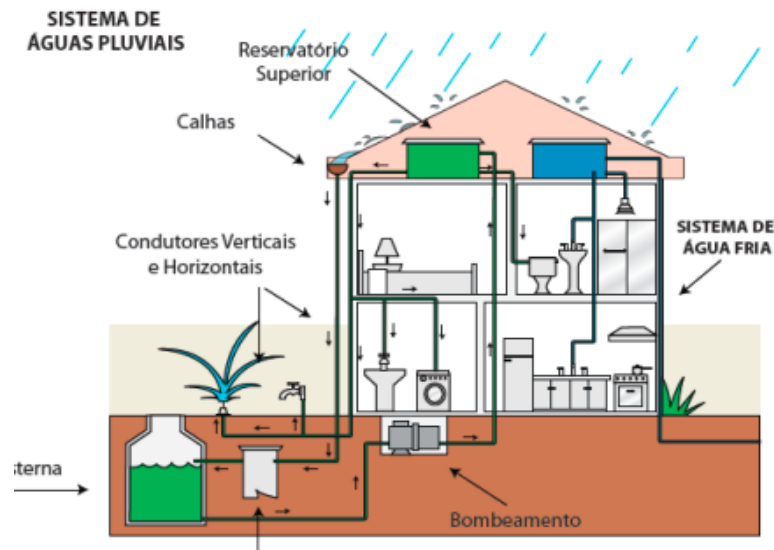
I é a intensidade pluviométrica (mm/h);

A é a área de contribuição (m²);

C é o coeficiente de escoamento (Quadro 4).

Os elementos que serão dimensionados para compor o sistema de água pluvial estão ilustrados na Figura 7.

Figura 7 - Sistema de águas pluviais



Fonte: Avant engenharia (2020).

Seguindo as orientações da NBR 10.884 (ABNT, 1989) a vazão das calhas foi estimada pelo método de Manning. Apesar de existirem calhas de diversos materiais e formas, para esse tipo de condutor, escolheu-se o semicircular de PVC, por ser mais prático e mais utilizado na região. A fórmula de Manning é (Equação 11):

$$Q = \frac{1}{n} * A * Rh^{2/3} * I^{1/2} * K \text{ (equação 11)}$$

onde:

Q é a vazão de projeto (L/min.);

n é o coeficiente de rugosidade (Quadro 5);

A é a área da seção molhada (m²);

Rh é o relação de A/P (m);

P é o perímetro molhado (m);

I é a declividade da calha (m/m).

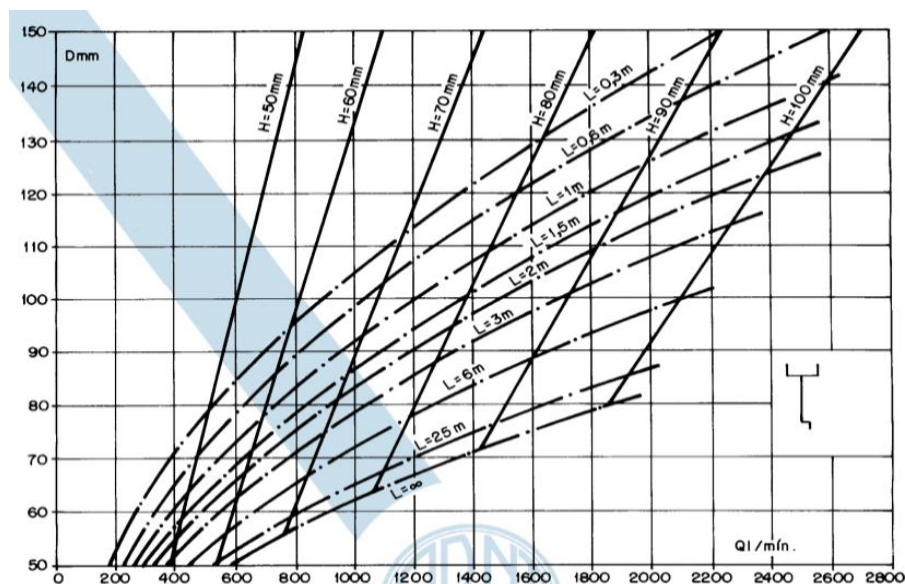
Quadro 5 - Coeficientes de rugosidade

Material	n
Plástico, fibrocimento, aço, metais não-ferrosos	0,011
Ferro fundido, concreto alisado, alvenaria revestida	0,012
Cerâmica, concreto não alisado	0,013
Alvenaria de tijolos não revestida	0,015

Fonte: NBR 10844 (1989).

Os condutores verticais são dimensionados conforme os ábacos da norma, com os seguintes dados como parâmetros: Vazão de projeto, em L/min (Q); altura da lâmina de água na calha, em mm (H) e comprimento do condutor vertical, em m (L). A Figura 8 apresenta o ábaco utilizado para determinar o diâmetro dos condutores verticais é o ábaco de calhas de aresta da calha viva. Vale ressaltar que os condutores verticais devem ter diâmetro mínimo de 70 mm (ABNT, 1989).

Figura 8 - Ábaco aresta viva



Fonte: NBR 10844 (1989).

Os condutores horizontais devem ser dimensionados de acordo com a Figura 9 associando a número de Manning (0,011), a declividade que no mínimo é 0,5% e a vazão de projeto NBR 10.844 (ABNT, 1989).

Figura 9 – Capacidade dos condutores horizontais

	Diâmetro interno (D) (mm)	$n = 0,011$				$n = 0,012$				$n = 0,013$			
		0,5 %	1 %	2 %	4 %	0,5 %	1 %	2 %	4 %	0,5 %	1 %	2 %	4 %
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	50	32	45	64	90	29	41	59	83	27	38	54	76
2	75	95	133	188	267	87	122	172	245	80	113	159	226
3	100	204	287	405	575	187	264	372	527	173	243	343	486
4	125	370	521	735	1.040	339	478	674	956	313	441	622	882
5	150	602	847	1.190	1.690	552	777	1.100	1.550	509	717	1.010	1.430
6	200	1.300	1.820	2.570	3.650	1.190	1.670	2.360	3.350	1.100	1.540	2.180	3.040
7	250	2.350	3.310	4.660	6.620	2.150	3.030	4.280	6.070	1.990	2.800	3.950	5.600
8	300	3.820	5.380	7.590	10.800	3.500	4.930	6.960	9.870	3.230	4.550	6.420	9.110

Fonte: NBR 10844 (1989).

O dimensionamento do reservatório de armazenamento inferior é muito importante, pois é o principal fator de confiabilidade do sistema, já que sua função é armazenar água e evitar sua falta

durante o tempo mais duradouro possível. (RUPP; MUNARIM; GHISI, 2011). Portanto, o dimensionamento deve ser bastante preciso, pois se o reservatório for superdimensionado haverá um gasto desnecessário e se subdimensionar pode apresentar uma baixa eficiência.

A NBR 15.527 (ABNT, 2019) traz seis métodos para o dimensionamento do reservatório já descritos no trabalho, porém ela não aconselha qual usar, ficando a critério do projetista. A pesquisa de Rupp, Munarim e Ghisi (2011), que comparam os métodos da norma e destacaram que os volumes obtidos pelos métodos de Rippi, Simulação e Azevedo Neto resultaram em valores mais conservadores, porém os como o valor da demanda não potável é superior ao mensal passível de aproveitamento, os reservatórios são superdimensionados, por esse motivo o método escolhido para o trabalho foi o método prático inglês.

O dimensionamento da tubulação de recalque foi realizado de acordo com NBR 5.626 (ABNT, 1998), com o uso da fórmula de Forschheimer, Equação 13:

$$Dr = 1,3\sqrt{Q} * \sqrt[4]{x} \quad (\text{equação 13})$$

onde:

$$X = \frac{h}{24}$$

Onde:

Dr é o diâmetro do recalque (m);

Q é a vazão de recalque (m³/s);

h é número de horas de funcionamento da bomba, por dia.

A potência do motor é determinada pela Equação 14:

$$P = \frac{Q * H_{man}}{75 * R} \quad (\text{equação 14})$$

onde:

$$H_{man} = H_{man}(rec) + H_{man}(suc)$$

Onde:

P é a potência necessária (C.V.);

Q é a vazão de recalque (L/s);

R é o rendimento do motor-bomba;

H_{man} é a altura manométrica (m).

O dimensionamento da tubulação da rede de distribuição para os pontos de consumo não potável foi executado com base na NBR 5.626 (ABNT, 1998).

O levantamento dos custos da implantação do sistema foi realizado o Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil referente a setembro de 2020 (SINAPI, 2020).

A análise da viabilidade financeira foi realizada com base no custo de implantação considerando o custo de material e mão de obra, bem como será feita a delimitação da vida útil do

sistema de reaproveitamento de águas pluviais, para comparar com o período de retorno desse investimento, para então verificar, se é viável ou não a sua implantação.

Para o cálculo do tempo de retorno, foi utilizado o método do Tempo de Recuperação do Capital Descontado, ou Payback Descontado. O Payback Descontado é quanto de tempo (semanas, meses, anos etc.) é necessário para recuperar o investimento em um projeto, realizando ajustes do valor do dinheiro ao longo destes períodos e ajustando o valor de fluxo de caixa de cada período por intermédio de uma taxa de desconto. O valor presente de um determinado fluxo de caixa no final do seu período, com o desconto determinado pela taxa de desconto, é determinado pela Equação 15 :

$$VPfc(t) = \frac{FV(t)}{(1+i)^t} \quad (\text{equação 15})$$

Onde:

t é o número do período considerado;

VPfc (n) é o valor presente do fluxo de caixa no período n;

FC (n) é o fluxo de caixa no período n;

i é a taxa de desconto.

Geralmente o custo de implantação em casas é significativamente mais baixo com relação a edifícios verticais e a economia de água é bem maior, pois a área de captação é grande em relação a quantidade de habitantes, o que permite aproveitar a chuva disponível em maior porcentagem (CARLON, 2005).

Para cálculo da economia de água foi considerando a valor da tarifa de água do estado do Rio Grande do Norte. O Quadro 6 apresenta as tarifas de água cobradas pela Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte (CAERN).

Quadro 6 – Tarifas de água da CAERN

Faixa de consumo (m ³ /mês)	Valor (R\$/m ³)
Até 10 m ³	43,77
Excedente 10 a 15	4,88
Excedente 16 a 20	5,77
Excedente 21 a 30	6,50
Obs.: Tarifa de esgoto é 70% do valor do consumo de água.	

Fonte: CAERN (2020).

No Brasil não existe uma padronização da vida útil de um sistema de aproveitamento de água de pluvial, por isso, foi adotado o tempo de 20 anos, o tempo padrão sugerido por Tomaz (2010).

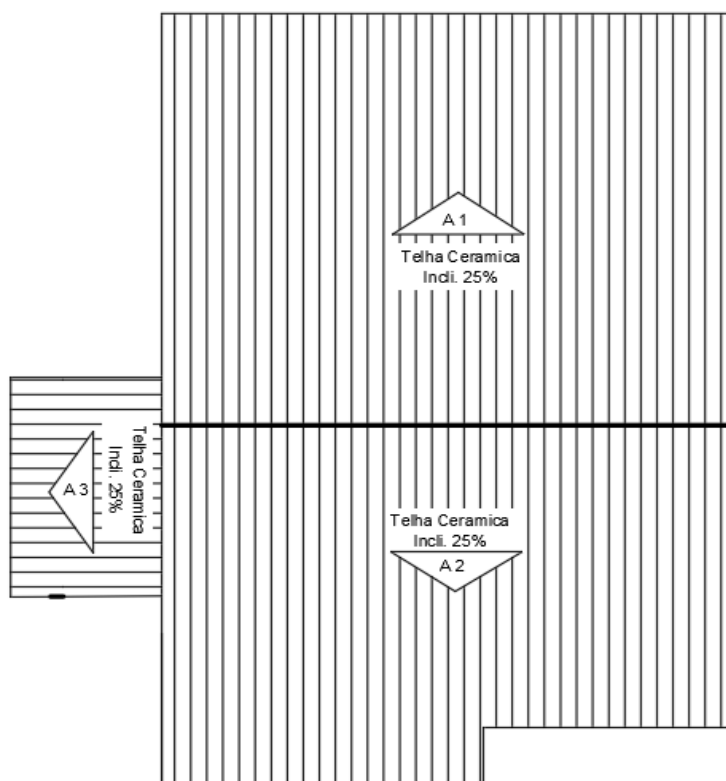
4 RESULTADO E DISCUSSÃO

Nesse item será apresentado o dimensionamento do sistema de aproveitamento de águas pluviais desenvolvido respeitando os padrões estabelecidos nas normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), bem como seu orçamento e a viabilidade econômica da sua implantação.

4.1 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE ÁGUAS PLUVIAIS

O dimensionamento iniciou-se pela determinação da área de contribuição, que para o trabalho foi dividida em três áreas afim de facilitar a aplicação da metodologia da norma. A Figura 10 ilustra a área de captação da água da chuva da residência objeto de estudo.

Figura 10 - Áreas de contribuição



Fonte: Autoria própria.

O cálculo da área de contribuição foi realizado com base na NBR 10844 (ABNT, 1989), equação 9 apresentada na metodologia deste trabalho. O resultado considera a área inclinada do telhado, cujos valores de contribuição são apresentados no Quadro 7.

Quadro 7 - Áreas de contribuição

Área de contribuição	Valor (m²)
Área de contribuição 1	44,72
Área de contribuição 2	33,38
Área de contribuição 3	7,92
Área de contribuição total	86,02

Fonte: Autoria própria.

Com o valor área de contribuição, é possível encontrar a vazão de projeto. Para o cálculo, além da área de contribuição (A) precisamos da intensidade pluviométrica (I), encontrada no Atlas Pluviométrico do Brasil (BRASIL, 2014), onde para o tempo de retorno de 25 anos e a duração de 5 minutos é de 175,1 mm/h.

Outra variável necessária é o coeficiente de escoamento (C), determinado de acordo com o material do telhado. Neste caso, o projeto especifica que serão utilizadas telhas cerâmicas, que apresentam valores de 0,8 a 0,9. Optando-se por utilizar o valor médio, temos um coeficiente de escoamento igual a 0,85. As vazões de projetos correspondente a cada área de contribuição estão indicadas no Quadro 8.

Quadro 8 - Vazão de projeto (Q)

Vazão de projeto	Valor (L/min)
Q1	110,93
Q2	82,80
Q3	19,65
Vazão de projeto total	213,38

Fonte: Autoria própria.

O dimensionamento das calhas foi realizado através da fórmula de Manning-Strickler (Equação 11). A fórmula apresenta uma constante de 60.000, uma declividade de 0,5%, o coeficiente de rugosidade é determinado de acordo com o material (quadro 5), no projeto em questão as calhas são de PVC, portanto o seu valor é 0,011.

Além disso, é necessário determinar o raio hidráulico, que consiste na razão entre área molhada (equação 16) e perímetro molhado (equação 17). Essas equações dependem da geometria da calha, nesse caso é semicircular. Os resultados obtidos encontram-se no Quadro 9.

$$A = \frac{\pi * D^2}{8} \quad (\text{equação 16})$$

$$P = \frac{\pi * D}{2} \quad (\text{equação 17})$$

Quadro 9 - Diâmetro das calhas (mm)

Calha	Diâmetro (mm)	Raio hidráulico (m)	Capacidade da calha (L/min.)
Calha 1	100	0,025	129,68
Calha 2	100	0,025	129,68
Calha 3	100	0,025	129,68

Fonte: Autoria própria.

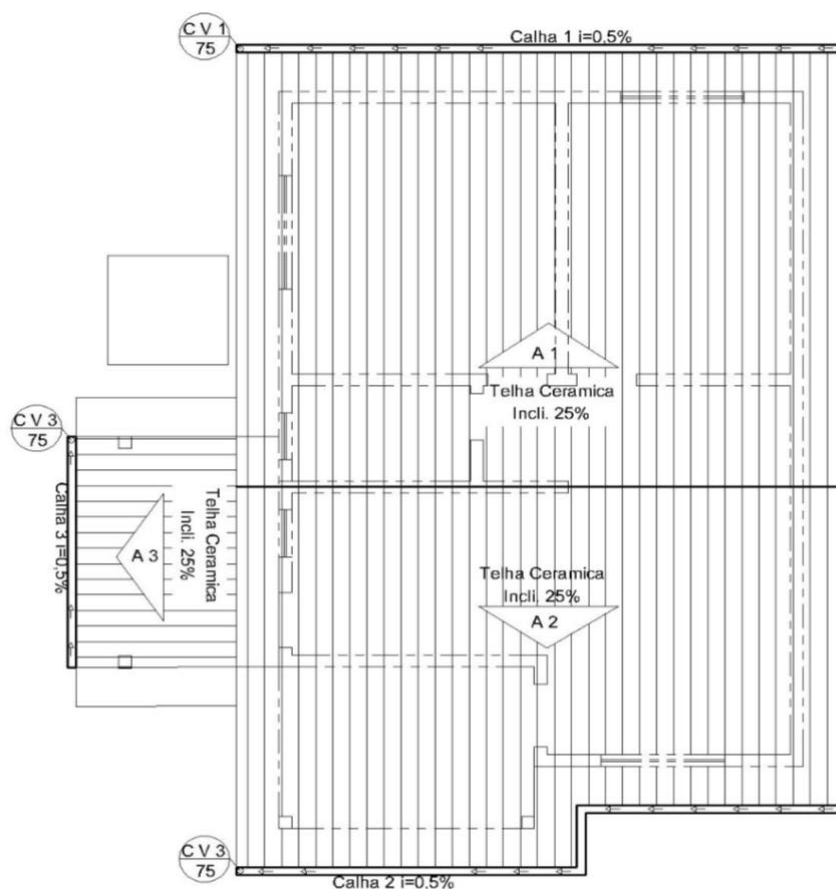
O diâmetro adotado para as calhas foi o diâmetro mínimo estabelecido pela norma 100mm, por ser um diâmetro que tecnicamente suporta diversas vazões de projeto.

O material escolhido para os condutores verticais foi o PVC com seção circular, dimensionados de acordo com o ábaco da NBR 10.884 (ABNT, 1989) aresta viva (Figura 8). O seu dimensionamento depende da vazão de projeto, da altura da lamina d'água e do comprimento do condutor.

No ábaco, o menor valor da vazão de projeto para determinar o diâmetro dos condutores verticais é de 200 L/min, sendo superior a maior vazão determinada para o projeto de 110,93 L/min. Neste caso, optou-se por utilizar o diâmetro mínimo de 70 mm, que corresponde a um diâmetro comercial de 75mm.

A Figura 11 apresenta o detalhamento das três calhas do projeto, com sua inclinação e sentido, e a localização dos condutores verticais com os seus respectivos diâmetros.

Figura 11 - Detalhamento das calhas



Fonte: Autoria própria.

Os condutores horizontais foram dimensionados com base nos seguintes parâmetros: coeficiente de rugosidade do material do condutor, a declividade e o valor da vazão de projeto (Quadro 10).

Quadro 10 – Diâmetro dos condutores horizontais (mm)

Condutor horizontal	Declividade (%)	Coeficiente de rugosidade	Diâmetro (mm)
CH1	0,5	0,011	100
CH2	0,5	0,011	75
CH3	0,5	0,011	75

Fonte: Autoria própria.

Os diâmetros para os condutores horizontais no projeto foram um de 100 mm para o trecho onde há maior vazão de projeto e dois trechos de 75 mm para as menores vazões.

O dimensionamento do reservatório inferior foi realizado pelo método prático inglês (Equação 5), levando em consideração a precipitação média anual e a área de contribuição. Portanto, o volume obtido para o reservatório inferior foi de 3,1 m³, optou-se por usar um reservatório de polietileno de

3m³, cujas dimensões são 1,9 m de diâmetro e 1,29 m de altura. Como optou-se por um reservatório de polietileno seria 3 m³ ou 5 m³, o de 5 m³ o custo dele é bem mais alto e ficaria superdimensionado.

Para o reservatório superior de águas pluviais optou-se por uma caixa d'água de polietileno com capacidade de 1000L, que corresponde a aproximadamente um terço do reservatório inferior. Esse volume de armazenamento será suficiente para receber a água e distribuí-la aos pontos de consumos por meio da gravidade.

O diâmetro da tubulação de recalque é determinado pela equação 13. Considerando que a bomba funcione 2 horas por dia, obtém-se um valor de X igual a 0,0833, a vazão é de 0,000134 m³/s. Portanto, o diâmetro de recalque calculado é 8,08 mm, sendo adotado um diâmetro comercial de 20 mm.

Para determinar a potência da bomba aplica-se a equação 14. Para o cálculo é necessário conhecer os seguintes parâmetros: altura manométrica de recalque e sucção, vazão de recalque e o rendimento da bomba. No trabalho, a altura manométrica total é igual a altura manométrica de recalque, pois foi considerada uma bomba submersa, conseqüentemente, a altura de sucção é 0.

Para o cálculo da altura manométrica, primeiro determina-se o comprimento total da tubulação, que consiste na soma algébrica do comprimento real com o comprimento equivalente oriundo das conexões utilizadas no projeto.

O comprimento real da tubulação de recalque é de 6,50m. Já o comprimento equivalente é determinado conforme informações do Quadro 11.

Quadro 11 - Comprimentos equivalentes

Item	Acessório	Quantidade	Comprimento equivalente Unitário (m)	Comprimento equivalente total (m)
1	Joelho 90	2	1,1	2,4
2	Curva 90	2	0,4	1
3	Saída de canalização	1	0,8	0,8
4	Registro de gaveta	1	0,1	0,2
5	Válvula de retenção	1	2,6	3,7
Comprimento equivalente total				8,1

Fonte: Autoria própria.

Sendo assim, o comprimento total será de 14,6 m. O segundo passo consiste em obter a perda de carga através da equação de Hazen-Williams (equação 18).

$$hf = 10,65 \frac{Q^{1,85}}{D^{4,87} * C^{1,85}} * L (\text{equação 18})$$

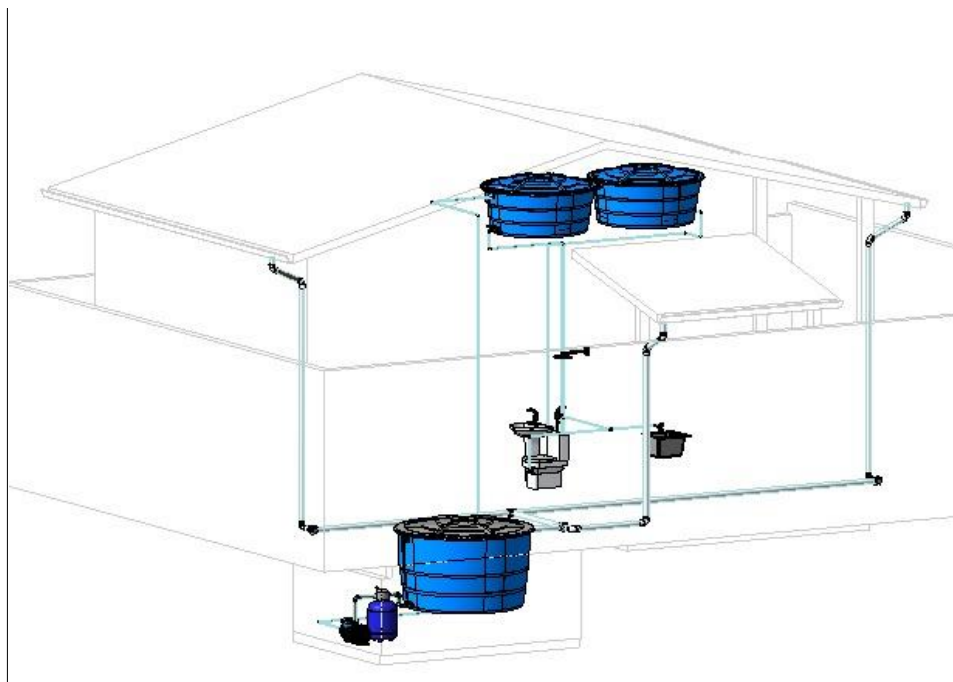
A Altura manométrica é a soma da altura geométrica, neste caso de 4,80 m, com a perda de carga. Como a perda de carga determinada foi de 0,25 m, a altura manométrica será igual a 5,05 m.

Com esses valores, agora é possível utilizar a equação 14 e determinar qual a potência da bomba que será utilizada para abastecer o reservatório superior. O resultado estimado para a potência da bomba foi de 0,02 CV, considerando um rendimento de 0,5. O modelo escolhido foi o de bombas submersas Intech Machine BSS500 com potência de 400 W, equivalente a 0,54 CV.

O filtro utilizado foi o da 3P Technik modelo VF 1, ideal para coberturas de até 200 m². O filtro possui duas conexões de entrada com diâmetro de 100mm, uma para água bruta e outra para cisterna ou reservatório. O equipamento ainda conta com uma saída com diâmetro de 150mm, para destinar os resíduos da filtragem da água.

O dimensionamento da tubulação da rede de distribuição foi executado com base na NBR 5626 (ABNT, 1998). Basicamente, o sistema conta com três pontos de consumo, a torneira de jardim, a torneira do tanque e o ponto do vaso sanitário. Os diâmetros obtidos no dimensionamento foram de 25 mm para o ramal e sub-ramal. A Figura 12 apresenta o esboço do sistema de aproveitamento de água pluviais, desde a captação da água da chuva até os pontos de consumo.

Figura 12 - Esboço do sistema de aproveitamento de águas pluviais



Fonte: Autoria própria.

O reservatório inferior foi disposto abaixo do nível do solo da residência para facilitar o escoamento e o armazenamento da água captada no telhado, uma vez que os condutores horizontais serão enterrados.

Além disso, com a implementação do sistema de reaproveitamento de água a distribuição foi dividida em duas redes, uma abastecida por água potável da concessionária e outra por água pluvial. Essa divisão se deu devido a diferença da qualidade das águas, uma vez que a água pluvial sofre alterações desde o contato com o telhado e a água da concessionária recebe tratamento para atingir um nível satisfatório de potabilidade.

Ainda assim, os reservatórios estão ligados entre si, de forma que o de água potável possa guarnecer o de água pluvial quando este não atender a demanda da residência, evitando que os pontos de consumos fiquem sem abastecimento.

4.2 QUANTITATIVO E ESTIMATIVA DE CUSTO

A estimativa dos custos da implantação do sistema foi realizado pelo o Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil referente ao mês de setembro de 2020 (SINAPI, 2020).

Vale ressaltar que os custos obtidos são apenas uma estimativa. Para atender a vida útil do projeto e alcançar um sistema seguro e duradouro, optou-se pelo uso de produtos e componentes de excelência, o que reflete diretamente nos custos. A eficiência do sistema também dependerá da

qualidade da mão de obra e do uso correto do sistema. No Quadro 12 é apresentada a quantidade dos elementos do sistema.

Quadro 12 - Quantitativo dos elementos do sistema

Descrição	Quantidade	Unidade
Calha	15,1	m
Condutores Verticais 75 mm	10	m
Condutores horizontais 100 mm	6,2	m
Condutores horizontais 75 mm	4,5	m
Caixa de inspeção	4	unidade
Filtro de água pluvial	1	unidade
Reservatório superior	1	unidade
Reservatório inferior	1	unidade
Bomba	1	unidade

Fonte: Autoria própria.

A Figura 12 apresenta a estimativa dos custos da implantação do sistema. A implantação foi dividida em três partes, a primeira os custos com o sistema de captação, a segunda os custos com o reservatório inferior e a terceira são os custos com o sistema elevatório e a rede de distribuição.

Figura 13 - Estimativa de custo

Sistema de captação				
Descrição	Unidade	Quantidade	Preço uni.	Preço total
Calha de PVC e seus acessórios	m	15,1	51,17	772,67
Condutor Horizontal 100 mm e seus acessórios	m	6,1	19,24	117,36
Condutor Horizontal 75 mm e seus acessórios	m	4,5	12,85	57,83
Condutor vertical 75 mm e seus acessórios	m	10	13,18	131,80
Caixa de inspeção Tigre	Unidade	4	280,00	1120,00
Filtro água pluvial VF-1	Unidade	1	1400,00	1400,00
Sub total				3599,66
Reservatório inferior				
Descrição	Unidade	Quantidade	Preço uni.	Preço total
Escavação manual	m³	5,35	55,19	173,32
Transporte de terra em caminhão de 6 m³	Unidade	1	113,71	113,71
Apiloamento fundo da vala	m²	4,15	2,51	10,42
Lastro de concreto magro 5 cm	m²	4,15	30,80	127,82
Tampa de concreto armado 60X60X5cm	Unidade	1	25,69	25,69
Cisterna de polietileno 3000 L	Unidade	1	2800,00	2200,00
Sub total				2650,96
Sistema elevatório e rede de distribuição				
400 W	Unidade	1	400,00	400,00
Reservatório superior polietileno 1000 L	Unidade	1	347,00	347,00
Boia	Unidade	2	40,00	80,00
Composição representativa tubulação 20 mm	m	8,2	27,34	224,19
Composição representativa tubulação 25 mm	m	5,9	27,09	159,83
Sub total				1211,02
Total para implantação do sistema				7461,63

Fonte: Autoria própria.

O custo total para implantação do sistema foi estimado em R\$ 7461,63, em os itens está incluso materiais e mão de obra, sendo os custos com a captação responsável pela maior parte desse valor. Os itens com valor mais significativos foram o reservatório inferior, os filtros e as caixas de inspeção.

4.3 VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA

A viabilidade de implantação foi analisada de acordo com o método do Tempo de Recuperação do Capital Descontado, ou Payback Descontado. Para aplicação do método foi necessário estimar o custo de implantação e o quanto de água é passível de aproveitamento (Quadro 13), ou seja, o quanto pode ser economizada e quanto de energia elétrica será usada no funcionamento do sistema.

Quadro 13 - Redução no consumo de água potável

Meses	Consumo mensal estimado (L)	Água da chuva aproveitável (L)	Consumo de água potável (L)
Janeiro	24.000	4.021,44	19.978,57
Fevereiro	24.000	8.730,17	15.269,83

Março	24.000	10.046,28	13.953,72
Abril	24.000	15.281,45	8.718,55
Maiο	24.000	7.165,47	16.834,53
Junho	24.000	3.707,03	20.292,97
Julho	24.000	2.398,24	21.601,76
Agosto	24.000	467,95	23.532,05
Setembro	24.000	65,81	23.934,19
Outubro	24.000	43,87	23.956,13
Novembro	24.000	51,18	23.948,82
Dezembro	24.000	826,22	23.173,78
Total	288.000	52.805,11	235.194,89

Fonte: Autoria própria.

O consumo anual de água potável foi estimado em 288 m³, sendo reduzido para 235,2 m³ devido o aproveitamento da água da chuva, ou seja, uma economia de 52,8 m³.

Aliado a essa quantidade de água, tem o valor de energia elétrica gasto anualmente para bombear água para o reservatório superior. Esse custo corresponde a relação entre a taxa da concessionária de energia elétrica do Rio Grande do Norte (R\$ 0,52 Kwh), o número de vezes que o reservatório superior será abastecido anualmente, aproximadamente 106 vezes, a potência da bomba (0,4 kW) e a quantidade de horas que a bomba funcionará por dia (2 horas), gerando assim um gasto estimado anual de R\$ 44,10 e uma média mensal de R\$ 3,67.

O custo mensal com consumo de água potável, com base nas tarifas presentes no Quadro 6 será de R\$ 122,25, mais 70% pagos pela tarifa de esgoto. O valor total a ser pago mensalmente pelo consumo de água da residência será de R\$ 207,83, ou seja, uma fatura anual de R\$ 2.493,90. Com a implantação do sistema o valor pago anualmente é reduzido para R\$ 1.979,21, gerando uma economia de R\$ 514,69.

Para o cálculo do tempo de retorno foi utilizado a equação 15, considerando um investimento inicial de R\$ 7.461,63 referente ao custo de implantação do sistema. Os demais itens levados em consideração foram referentes aos custos mensais de economia de água de R\$ 42,89 e os gastos com energia elétrica de R\$ 3,67, mais uma taxa de juros de 1% ao mês.

O resultado obtido mostrou que a implantação do sistema de aproveitamento pluvial terá um tempo de retorno de 185 meses, correspondente a 15 anos e 5 meses. Como a vida útil do sistema adotada no dimensionamento foi de 20 anos, tendo em conta que, nesse tempo o sistema não precisará

passar por nenhum processo de reparo ou manutenção, a família terá um valor aproximado de R\$ 2.157,10 , referente aos demais 4 anos e 7 meses da vida útil.

Esse valor pode ser visto como uma pequena margem de lucro resultante da implantação do sistema e pode ser empregado em benefício da família ou ainda guardado para cobrir as futuras despesas de manutenção do sistema, como a limpeza de seus componentes.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo geral desta pesquisa foi analisar a viabilidade do aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis na cidade de Mossoró e a pergunta que objetivamos responder foi se seria viável a implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial em uma residência unifamiliar em Mossoró?

Para alcançar o objetivo proposto foi realizado um levantamento teórico sobre a disponibilidade da água, aproveitamento de águas pluviais e os componentes necessários para a implantação e funcionamento do sistema de águas pluviais. Depois disso foi elaborado um sistema de reaproveitamento de águas, estimado os custos e analisado a viabilidade da implantação do sistema.

Os principais resultados obtidos nesta pesquisa foram:

- o sistema de aproveitamento de águas pluviais gerou uma economia na quantidade de água potável de 52 m³ e uma economia financeira anual de R\$ 514,69;
- o tempo de retorno do dinheiro investido é de 15 anos e 5 meses;
- o lucro do investimento é de R\$ 2.157,10, considerando a vida útil de 20 anos.

Com base nos resultados desse estudo, é possível responder o questionamento proposto, pois houve um resultado satisfatório com relação à economia na conta de água, apesar da quantidade de anos para retornar o dinheiro investido, ainda assim é viável a sua implantação, tendo em vista que o valor investido é recuperado em um tempo inferior ao da vida útil do sistema.

Vale lembrar que, o sistema de aproveitamento de águas pluviais além dos benefícios econômicos também traz benefícios ambientais, por isso na sua implantação é preciso levar em consideração que não é apenas um investimento de uma economia pessoal, mas sim uma contribuição ao meio ambiente e para as gerações futuras.

A hipótese do trabalho não foi averiguada, pois o custo de implantação do sistema são maiores do que a economia financeira gerada por ele. O custo de implantação estimado foi R\$ 7.461,63 e a economia foi de R\$ 2.157,10. Porém, ainda assim há benefício em adotar esse sistema.

Por fim, para trabalhos futuros sugere-se realizar leituras mensais na residência ao invés de estimar pela literatura, pois elas podem não servir para a realidade de Mossoró. Comparar o custo desempenho dos tipos de cisternas, comparar com diferentes áreas de contribuição para analisar se há uma economia maior, comparar com diferentes materiais de cobertura a quantidade de água passível de ser reaproveitada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDREASI, W. A. **A Atual Demanda Urbana de Água: uma breve discussão**. Trabalho apresentado a disciplina de Uso Racional de Água do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC , Florianópolis, 2003.

ANNECCHINI, K.P.V. **Aproveitamento de água da chuva para fins não potáveis na cidade de Vitória (ES). 2005**. 150f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2005.

ASA, 2020. Disponível em: <<http://asabrasil.org.br/acoes/p1mc>>, acesso em: Outubro de 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **15527: Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - Requisitos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICA. **10844: Instalações prediais de águas pluviais**. Rio de Janeiro: ABNT, 1989.

CAMPOS, Mônica Maria; AZEVEDO, Flávio Rocha. **Aproveitamento de águas pluviais para consumo humano direto**. Jornal Eletrônico das Faculdades Integradas Vianna Junior. Juiz de Fora, mai. 2013. Edição I. p. 23-42

CARDOSO, D. C. **Aproveitamento de águas pluviais em habitações de interesse social: Caso – “Minha Casa Minha Vida”**. Projeto de graduação, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS), Feira de Santana, Bahia, 2010.

CASALWANDERLUST. Disponível em: <<https://i0.wp.com/casalwanderlust.com.br/wp-content/uploads/2018/03/Masada-Israel-what-to-do.jpg?w=670&ssl=1>>. acesso em: Outubro de 2020.

CONJUNTURA RECURSOS HÍDRICOS DO BRASIL. Brasília: Ana, 2012.

DALSENTER, M. E. V., 2016, **Estudo de potencial de economia de água potável por meio do aproveitamento de água pluvial em um condomínio residencial multifamiliar localizado em Florianópolis – SC**. Projeto de Graduação, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina.

Gestão e Planejamento de Recursos Hídricos no Brasil: conceitos, legislações e aplicações. São Carlos: Coleção UAB-UFSCar, 2011, 115 p.

GIACCHINI, MARGOLAINE. **O método de Rippl para dimensionamento de reservatórios de sistemas de aproveitamento da água de chuva**. Anais [...] Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia CONTECC. 2016. p. 681-685.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002. 176 p.

GNADLINGER, J. **Apresentação técnica de diferentes tipos de cisternas, construídas em comunidades rurais do semi-árido brasileiro**. In: 2º SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE SISTEMAS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA, 1999, Petrolina. Anais eletrônicos... Embrapa do Semi-Árido.

GONÇALVES, Ricardo Franci et al. **Tecnologias de segregação e tratamento de esgotos domésticos na origem, visando a redução do consumo de água e da infra-estrutura de coleta, especialmente nas periferias urbanas: PROSAB 4**. Rio de Janeiro: Abes, 2006. 352 p.

GRASSI, M. T. **As águas do planeta terra**. Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola. Edição especial - mai. 2001.

GUERREIRO, 2011. Disponível em: <https://www.flickr.com/photos/toyaguerrero/6334172786/in/photostream/>, acesso em: Outubro de 2020.

HAGEMANN, Sabrina Elicker. **Avaliação da qualidade da água da chuva e da viabilidade de sua captação e uso**. 2009. 140 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.

LOPES, Ana Paula de Godoy; DE MIRANDA, Daniel Augusto. **Análise Crítica de Métodos para Dimensionamento de Reservatórios de Água Pluvial. Estudo Comparativo dos 117 Municípios de Belo Horizonte (MG), Recife (PE) e Rio Branco (AC)**. Scientia cum Industria, v. 4, n. 2, p. 87-91, 2016.

LOPES, Vanessa Cristina. **Proposição de um índice para avaliação de desempenho de estações convencionais de tratamento de água**. 2005. 217 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2005.

MARINOSKI, Ana Kelly. **Aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis em instituição de ensino: estudo de caso em Florianópolis - sc**. 2007. 107 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

RIGHETTO, Antônio Marozzi et al. **Desenvolvimento de sistemas de manejo das águas pluviais urbanas, tais como técnicas de retenção, detenção e reúso, considerando a qualidade da água e a redução dos impactos da poluição nos corpos d'água: PROSAB 5**. Rio de Janeiro: Abes, 2009. 396 p.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÃO SOBRE SANEAMENTO. **Diagnósticos da situação do saneamento no Brasil**. Brasília, 2018.

SPERLING, M. **Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos**. 2.ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, v1, 1996. 243 p.

The Maya. Disponível em: <http://www.latinamericanstudies.org/chultun.htm>, acesso em: Outubro de 2020.

TOMAZ, P., **Água: pague menos**. Livro Digital, 2010.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis**. 4º ed. São Paulo: Navegar Editora, 2011. 208 p

TOMAZ, P., **Aproveitamento de água da chuva**. Livro Digital, 2015.

UNESCO. **The United Nations World Water Development Report 2018: Nature-Based Solutions for Water.** WWAP (United Nations World Water Assessment Programme)/UNWater, 2018.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME (UNEP). **Rainwater Harvesting and Utilisation (2002).**

WaterAid. **Toda a gente, em todo o lado 2030:** Estratégia Global da WaterAid 2015-2020. Suécia, 2015. 36 p.