



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

CAIQUE JOSÉ PEREIRA LEITE
FILIPE TORRES PONTES

**APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL NO PÁTIO DE FEIRA
DO CAIS DE SANTA RITA**

Recife
2019

CAIQUE JOSÉ PEREIRA LEITE
FILIPE TORRES PONTES

**APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL NO PÁTIO DE FEIRA DO
CAIS DE SANTA RITA**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Graduação em
Engenharia Civil da Universidade Federal
de Pernambuco, como requisito parcial
para a obtenção de grau de Bacharel em
Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Anderson Luiz Ribeiro de Paiva.

Recife
2019

Catálogo na fonte
Bibliotecária Margareth Malta, CRB-4 / 1198

L533a Leite, Caique José Pereira.
Aproveitamento de água pluvial no pátio de feira do Cais de Santa Rita / Caique José Pereira Leite; Filipe Torres Pontes. - 2020.
65 folhas, il., gráfs., tabs.

Orientador: Prof. Dr. Anderson Luiz Ribeiro de Paiva.

TCC (Graduação) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG.
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, 2020.
Inclui Referências e Apêndices.

1. Engenharia civil. 2. Águas pluviais. 3. Sustentabilidade. 4. Viabilidade. I. Pontes, Filipe Torres. II. Paiva, Anderson Luiz Ribeiro de (Orientador). III. Título.

UFPE

624 CDD (22. ed.)

BCTG/2020-265

CAIQUE JOSÉ PEREIRA LEITE

FILIPPE TORRES PONTES

**APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL NO PÁTIO DE FEIRA DO
CAIS DE SANTA RITA**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Graduação em
Engenharia Civil da Universidade Federal
de Pernambuco, como requisito parcial
para a obtenção de grau de Bacharel em
Engenharia Civil.

Aprovado em: 14/08/2019.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Anderson Luiz Ribeiro de Paiva (Orientador)

Universidade Federal de Pernambuco

Prof^a. Dr^a. Leijdane Maria Maciel de Oliveira (Examinadora Interna)

Universidade Federal de Pernambuco

Prof^a. Lucila Araújo Fernandes (Examinadora Externa)

Universidade Federal de Pernambuco

AGRADECIMENTOS

Aos nossos familiares, em especial aos nossos pais, pelo incentivo e apoio dados a nós. Aos colegas de sala, pela parceria e companheirismo. Aos amigos, pela compreensão nos momentos de dificuldade e a todos aqueles que, direta ou indiretamente, colaboraram ao longo de toda a nossa caminhada.

E o nosso muito obrigado a todos os grandes mestres, professores, que nos guiaram e deram todo o suporte necessário durante todo o curso, em especial ao nosso orientador Prof. Dr. Anderson Luiz Ribeiro de Paiva.

RESUMO

O presente trabalho de conclusão de curso tem como objetivo realizar uma análise acerca da viabilidade do aproveitamento de águas pluviais da primeira etapa do Pátio de Feira do Cais de Santa Rita – Recife – Pernambuco. Esse projeto foi idealizado pela Autarquia de Serviços Urbanos – CSURB, no âmbito da Secretaria de Mobilidade e Controle Urbano – SEMOC, com o propósito de tornar o pátio de feira sustentável, garantindo a utilização consciente dos recursos naturais. Para fazer essa análise, foram apresentados dimensionamentos, de acordo com a NBR 10844 – Instalações prediais de águas pluviais, dos elementos do sistema de captação de água da chuva, desde as calhas até o uso final. Na concepção do projeto, foi definido que o reservatório inferior (cisterna) será dimensionado pelo arranjo espacial do local, não utilizando métodos de dimensionamento, e sim, aproveitando o espaço disponível. A água captada foi destinada aos usos em que permitem a utilização sem tratamento previsto da mesma, como nas bacias sanitárias e na lavagem do piso geral do pátio de feira.

Palavras-chave: Águas pluviais. Sustentabilidade. Viabilidade.

ABSTRACT

The present work of completion of course aims to carry out an analysis about the viability of using rainwater, specifically in the case of the first stage of the Pátio de Feira do Cais de Santa Rita – Recife – Pernambuco. This project was designed by the Autarquia de Serviços Urbanos do Recife – CSURB, within the Secretaria de Mobilidade e Controle Urbano – SEMOC, with the purpose of making the fairground sustainable, ensuring the conscious use of natural resources. To provide this analysis, dimensioning was presented, in accordance with the NBR 10844 - Building rainwater installations, of the elements of the rainwater collection system, from the gutters to the final use. In the project conception, it was defined that the lower reservoir (cistern) would be measured by the spatial arrangement of the site, not using dimensioning methods, but the available space. The collected water was sent to be used where no treatment was required, such as in sanitary bowls and in the fairground's floor washing.

Keywords: Rainwater. Sustainability. Viability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	–	Crescimento populacional no mundo.....	15
Figura 2	–	Porcentagem de água doce no mundo.....	16
Figura 3	–	Distribuição de água no mundo.....	16
Figura 4	–	Concentração da água no Brasil.....	17
Figura 5	–	Sub-regiões do Nordeste.....	18
Figura 6	–	Projeto de captação de água de chuva denominado "1-2-1".....	20
Figura 7	–	Sistema domiciliar - Instalado em uma área de várzea.....	21
Figura 8	–	Sistema domiciliar do P1MC.....	22
Figura 9	–	Ilustração do dispositivo de desvio das primeiras águas desenvolvido pelos pesquisadores da UFPE.....	24
Figura 10	–	Sistema instalado no Campus do Agreste da UFPE.....	25
Figura 11	–	Situação do Pátio de Feira do Cais de Santa Rita – Recife - PE.....	26
Figura 12	–	Etapas do Pátio de Feira do Cais de Santa Rita.....	27
Figura 13	–	Perfil da coberta.....	27
Figura 14	–	Tabela de chuvas intensas no Brasil.....	28
Figura 15	–	Superfície inclinada.....	29
Figura 16	–	Ábacos para a determinação de diâmetros de condutores verticais.....	33
Figura 17	–	Perdas de carga localizadas - Sua equivalência em metros de tubulação de PVC rígido.....	38
Figura 18	–	Pesos relativos nos pontos de utilização identificados em função do aparelho sanitário e da peça de utilização.....	41
Figura 19	–	Áreas de contribuição.....	44
Figura 20	–	Corte ilustrativo do sistema de captação.....	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	–	Tratamentos necessários de acordo com a utilização.....	22
Tabela 2	–	Utilização da água pluvial de acordo com área de coleta.....	23
Tabela 3	–	Padrões de qualidade para água de reuso, de acordo com a NBR13969/1997.....	23
Tabela 4	–	Coeficiente de runoff médios.....	30
Tabela 5	–	Capacidades de calhas semicirculares com coeficientes de rugosidade $n = 0,011$ (Vazão em L/min)	32
Tabela 6	–	Capacidade de condutores horizontais de seção circular (vazões em l/min.)	34
Tabela 7	–	Percentual de acréscimo de potência.....	40
Tabela 8	–	Áreas de contribuição e vazões de projeto.....	44
Tabela 9	–	Dimensionamento da calha.....	45
Tabela 10	–	Dimensionamento dos condutores verticais.....	46
Tabela 11	–	Dimensionamento dos condutores horizontais.....	46
Tabela 12	–	Quantidade de usos dos banheiros do Pátio de Feira do Cais de Santa Rita (50 min)	48
Tabela 13	–	Cálculo do consumo diário dos banheiros.....	48
Tabela 14	–	Cálculo do consumo de lavagem de piso.....	49
Tabela 15	–	Cálculo do consumo diário crítico.....	49
Tabela 16	–	Cálculo da vazão mínima.....	50
Tabela 17	–	Cálculo da vazão da bomba.....	50
Tabela 18	–	Cálculo do diâmetro da tubulação de recalque.....	50
Tabela 19	–	Cálculo do diâmetro da tubulação de sucção.....	51
Tabela 20	–	Cálculo do comprimento equivalente dos acessórios da tubulação de sucção.....	52
Tabela 21	–	Cálculo do comprimento equivalente de sucção.....	52
Tabela 22	–	Cálculo da perda de carga total de sucção.....	52
Tabela 23	–	Cálculo do comprimento equivalente dos acessórios da tubulação de recalque.....	52
Tabela 24	–	Cálculo do comprimento equivalente de recalque.....	53
Tabela 25	–	Cálculo da perda de carga total de recalque.....	53

Tabela 26	–	Cálculo da perda de carga total do sistema de elevação.....	53
Tabela 27	–	Cálculo da altura geométrica.....	53
Tabela 28	–	Cálculo da altura manométrica.....	54
Tabela 29	–	Cálculo da potência do conjunto motor-bomba.....	54
Tabela 30	–	Dimensionamento da tubulação de distribuição.....	55
Tabela 31	–	Volume acumulado em um tubo de DN 100 mm.....	56
Tabela 32	–	Volume de água descartado.....	56
Tabela 33	–	Quantidade necessária em metros de tubos.....	57

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	OBJETIVO GERAL E ESPECÍFICOS	13
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
3.1	DISPONIBILIDADE DE ÁGUA	14
3.1.1	No mundo	14
3.1.2	No Brasil	16
3.2	APROVEITAMENTO DE ÁGUA DAS CHUVAS	18
3.2.1	No mundo	18
3.2.2	No Brasil	19
3.3	QUALIDADE DA ÁGUA DA CHUVA	21
3.4	DESCARTE DOS PRIMEIROS MILÍMETROS DE ÁGUA DA CHUVA	23
4	MATERIAIS E MÉTODOS	25
4.1	DESCRIÇÃO DO PROJETO	25
4.2	INTENSIDADE PLUVIOMÉTRICA DA REGIÃO	27
4.3	ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO	28
4.4	VAZÃO DE PROJETO	28
4.5	ESTIMATIVA DE CONSUMO.....	29
4.6	DIMENSIONAMENTOS	30
4.6.1	Calha	30
4.6.2	Condutores verticais	31
4.6.3	Condutores horizontais	32
4.6.4	Reservatório inferior (cisterna)	34
4.6.5	Instalação elevatória	34
4.6.5.1	Tubulação de recalque	34
4.6.5.2	Tubulação de sucção	35
4.6.5.3	Conjunto motor-bomba.....	36
4.6.5.3.4	<i>Altura geométrica</i>	38
4.6.5.3.5	<i>Altura manométrica</i>	38
4.6.5.3.6	<i>Potência do conjunto motor-bomba</i>	39
4.6.6	Reservatório superior	40
4.6.7	Tubulação de distribuição	40
4.6.8	DesviUFPE	41

4.6.8.1	Volume de água acumulado em um tubo	42
4.6.8.2	Volume de água descartado.....	42
5	RESULTADOS.....	43
5.1	ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO E VAZÃO DE PROJETO	43
5.2	CALHA.....	43
5.3	CONDUTORES VERTICAIS	44
5.4	CONDUTORES HORIZONTAIS.....	45
5.5	DIMENSIONAMENTO DA INSTALAÇÃO ELEVATÓRIA.....	46
5.5.1	Estimativa de consumo.....	46
5.5.1.1	Banheiros	47
5.5.1.2	Lavagem de piso	48
5.5.1.3	Consumo diário total.....	48
5.5.2	Tubulação de recalque.....	48
5.5.3	Tubulação de sucção	50
5.5.4	Conjunto motor-bomba.....	50
5.5.4.1	Cálculo da perda de carga.....	50
5.5.4.1.6	<i>Perda de carga na sucção.....</i>	<i>50</i>
5.5.4.1.6	<i>Perda de carga no recalque</i>	<i>51</i>
5.5.4.1.6	<i>Perda de carga total</i>	<i>52</i>
5.5.4.2	Cálculo da altura geométrica	52
5.5.4.3	Cálculo da altura manométrica.....	52
5.5.4.4	Cálculo da potência do conjunto motor-bomba	53
5.6	RESERVATÓRIOS.....	53
5.6.1	Reservatório inferior (cisterna)	53
5.6.2	Reservatório superior	54
5.7	DIMENSIONAMENTO DA TUBULAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO.....	54
5.8	DESVIUFPE	55
6	CONCLUSÃO	58
	REFERÊNCIAS.....	59
	APÊNDICE A - PROJETO ARQUITETÔNICO	62
	APÊNDICE B - PLANILHA ORÇAMENTÁRIA.....	63

1 INTRODUÇÃO

A água é um elemento indispensável para a vida de todas as espécies, possuindo um enorme valor ambiental, social e econômico. No entanto, ao longo dos anos, a disponibilidade de água encontra-se cada vez mais reduzida, gerando um estado de escassez total ou parcial em várias partes do mundo. A matriz do problema está no crescente consumo por parte da população. Embora, seja um bem renovável, o alto consumo, na maioria das vezes, é maior que a sua reposição natural. Outro fator agravante é o alto índice de poluição. Um exemplo frequente é a contaminação gerada pela deposição de esgoto em rios e mananciais, onde em lugares que o saneamento básico não é adequado, esse quadro é ainda mais grave (TOMAZ, 2003).

Os reflexos desse panorama se revelam em: enchentes cada vez mais constantes e crises hídricas. Segundo pesquisas da Organização das Nações Unidas (ONU) apontam que até 2025, caso seja mantido o padrão de consumo e os altos índices de poluição, há possibilidade de que dois terços da população do planeta sofram com a escassez de água. Além disso, há previsão de que em 2050 apenas um quarto da humanidade terá água para satisfazer suas necessidades básicas (CAMPOS; AZEVEDO, 2013).

Portanto, a água é um assunto que deve ser bastante abordado, associado aos problemas de gerenciamento das inundações e do uso da água tratada, que, em alguns casos, pode ser substituída por fontes alternativas. Nesses dois casos, o aproveitamento de águas pluviais se mostra como uma solução inovadora, tanto do ponto de vista técnico quanto econômico. A água captada da chuva pode ser aproveitada para fins não-potáveis, como na descarga de vasos sanitários, irrigação, lavagem de pisos, fachadas e automóveis. Dessa forma, é possível reduzir o consumo de água potável, minimizar alagamentos, enchentes e preservar o meio ambiente reduzindo a escassez dos recursos hídricos.

2 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral deste trabalho foi analisar a viabilidade da implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial, para utilização em fins não potáveis, no Pátio de Feira do Cais de Santa Rita, localizado no bairro de São José, na cidade do Recife-PE.

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Na realização deste trabalho, almejou-se alcançar os seguintes objetivos específicos:

- a) Dimensionar o sistema de aproveitamento de água pluvial;
- b) Verificar o potencial de economia de água tratada, obtido a partir da implantação do projeto;
- c) Estimar o custo de execução do projeto;
- d) Realizar uma análise da viabilidade econômica do projeto.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este trabalho buscou por materiais que justificassem a aplicação desse sistema de Aproveitamento de Água Pluvial, utilizando teorias e métodos para descrevê-lo e qualificá-lo.

3.1 DISPONIBILIDADE DE ÁGUA

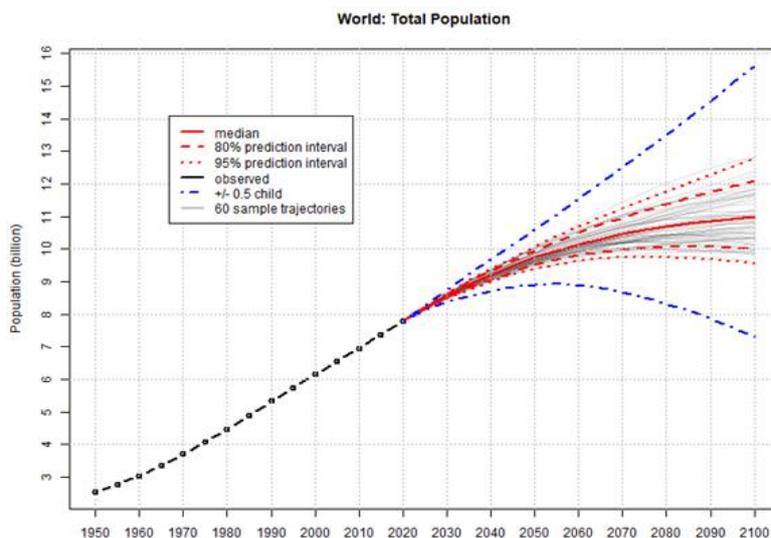
Com base nisso, é de suma importância o entendimento quanto à disponibilidade de água no mundo e no Brasil:

3.1.1 No mundo

Desde os primórdios da humanidade a água é o principal recurso natural utilizado pelo homem. No entanto, devido às evoluções e ao acelerado crescimento populacional, o consumo de água vem crescendo bastante com o tempo, causando preocupações quanto à disponibilidade.

De acordo com a Organização das Nações Unidas (ONU, 2019), a população global irá passar dos atuais 7,7 bilhões de pessoas para 9,7 bilhões em 2050, crescimento de dois bilhões em 30 anos (Figura 1).

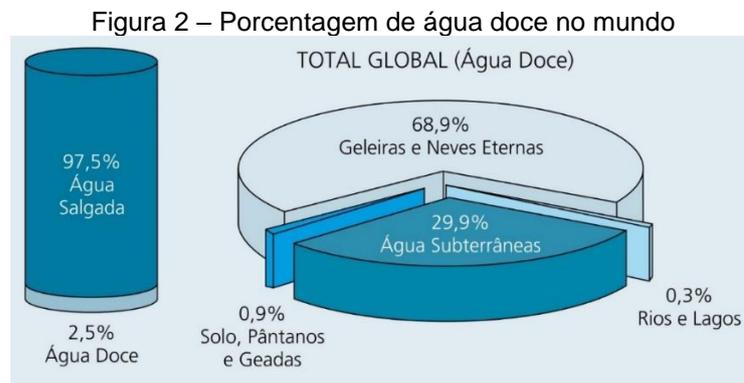
Figura 1 – Crescimento populacional no mundo



Fonte: ONU (2019)

Considerando que os impactos sobre os recursos hídricos se encontram em processo acelerado e sabendo da importância da água para a existência e desenvolvimento da vida na Terra, faz-se necessário promover mudanças nos padrões de consumo e produção insustentáveis.

Segundo Shiklomanov (1998 *apud* TUNDISI, 2003), 2/3 da superfície da Terra é composta por água e 97,5% desta água é salgada, inúteis para a maioria dos usos humanos, animais e de irrigação. Assim, do total de água doce, equivalente aos 2,5% restantes, 68,9% correspondem às geleiras e calotas polares em regiões montanhosas, 29,9% são águas subterrâneas, 0,9% é referente à umidade do solo e pântanos e somente 0,3% é de água doce disposta em lagos e rios (Figura 2).



Fonte: TUNDISI (2003)

Em 2003, havia 26 países com escassez de água e pelo menos quatro países (Kuwait, Emirados Árabes Unidos, Ilhas Bahamas, Faixa de Gaza - território palestino) com extrema escassez, como mostra a Figura 3 (TUNDISI, 2003).



Fonte: ANA (2019)

Aos poucos a água vem perdendo o rótulo de recurso natural infinito e, conseqüentemente, acabando com padrões de alto desperdício, dando lugar à racionalização. Entretanto, é necessária a conscientização tanto do consumo quanto da poluição por parte das indústrias e cidades, a fim de não poluir os únicos 2,5% de água doce.

3.1.2 No Brasil

Com uma área de 8.515.767,049 km² (IBGE, 2012) e cerca de 210 milhões de habitantes (IBGE, 2019), o Brasil é o quinto maior país em extensão territorial e população, possuindo cerca de 12% da água doce do mundo.

Contudo, apesar da grande concentração de recursos hídricos, a distribuição não é feita proporcionalmente nas regiões do país, causando déficit de água em algumas delas (Figura 4).

Figura 4 – Concentração da água no Brasil

Região	Densidade demográfica (hab/km ²)	Concentração dos recursos hídricos do país
Norte	4,12	68,5%
Nordeste	34,15	3,3%
Centro-Oeste	8,75	15,7%
Sudeste	86,92	6%
Sul	48,58	6,5%

Fonte: IBGE / ANA (2019)

Mais especificamente, a Região Nordeste do Brasil é a que mais sofre com essa má distribuição, pois tem a terceira maior densidade demográfica do país (IBGE, 2010) e possui apenas 3,3% dos recursos hídricos (ANA, 2010).

Concomitantemente, devido à grande diversidade dos aspectos naturais presentes, a região é dividida em quatro sub-regiões: Meio Norte, Sertão, Agreste e Zona da Mata.

Figura 5 – Sub-regiões do Nordeste



Fonte: FRANCISCO (2019)

Legenda: Verde - Meio Norte; Vermelho - Sertão; Roxo - Agreste; Amarelo - Zona da Mata.

Segundo Rebouças (1997), a sub-região Meio Norte, ou área de transição Amazônica, é constituída pelos estados do Maranhão e Piauí, possui índice pluviométrico entre 1000 e 2500 mm/ano, rios perenes e grandes reservas de águas subterrâneas.

O Sertão tem 912.208 km² de extensão, sendo a maior sub-região do Nordeste e a que mais sofre com a disponibilidade de água. O índice pluviométrico varia entre 300 e 800 mm/ano, podendo precipitar os valores médios anuais num só mês ou se distribuir de forma irregular nos 3-5 meses do período chuvoso, com coeficiente de variação superior a 45%. Porém, nas regiões mais úmidas, com precipitação superior a 800 mm/ano, esse coeficiente de variação fica entre 15 e 20%. A extrema irregularidade de distribuição das chuvas é a grande causa das secas nessa região. (REBOUÇAS, 1997)

O Agreste é a área de transição entre o Sertão e o litoral úmido. Possui índices pluviométricos entre 700 e 1000 mm/ano.

A Zona da Mata, correspondente à estreita faixa litorânea que vai do sul da Bahia até o Rio Grande do Norte, possui índices pluviométricos variando entre 1000 e 3000 mm/ano, permitindo o desenvolvimento de rios perenes e da Floresta Atlântica.

O Estado de Pernambuco, com área de 98.068,021 km², quando comparado aos demais estados do país é considerado pequeno. Contudo, a extensão Leste-Oeste é elevada, fazendo com que o estado pertença a três sub-regiões do Nordeste (Zona da Mata, Agreste e Sertão).

Com isso, a disponibilidade de recursos hídricos é bastante variável ao longo de toda a extensão do território pernambucano, sendo o Sertão a região com maior déficit.

A cidade do Recife está localizada no centro da faixa litorânea nordestina e pertence inteiramente à Zona da Mata pernambucana, sub-região que possui clima tropical úmido e solo fértil em razão da regularidade das chuvas (FRANCISCO, 2019).

3.2 APROVEITAMENTO DE ÁGUA DAS CHUVAS

Analogamente à disponibilidade, é de fundamental importância analisar a situação do Aproveitamento de Água Pluvial no Brasil e no mundo:

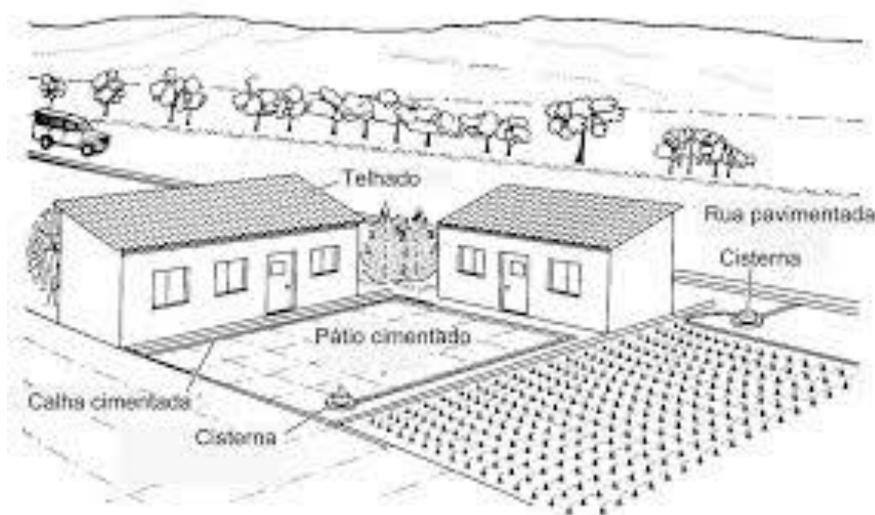
3.2.1 No mundo

Na Alemanha, desde 1980, o armazenamento de água de chuva é usado para fins não potáveis, como: irrigação, descarga de vasos sanitários, lavagem de roupas, uso comercial e industrial, além de minimizar os problemas com enchentes. No estado de Hamburgo, por exemplo, cerca de US\$ 1500 a US\$ 2000 é concedido a quem aproveitar a água de chuva (TOMAZ, 2003). Considera-se que no futuro, os sistemas de aproveitamento de águas pluviais, serão de responsabilidade das companhias de água potável e das empresas privadas para abastecimento de hotéis e condomínios (102 The Rainwater Technology Handbook, 2001, Alemanha apud Tomaz, 2003).

Na Austrália, existem regras severas para o uso da água. Atividades que demandam uma grande quantidade de água ou que seja usado fora do período estipulado pela lei, estarão sujeitas a multas. Logo, a captação de água da chuva surge como uma solução eficaz. Além disso, o armazenamento proporciona uma economia de 45% do consumo total de uma residência e 65% na agricultura (VERDADE, 2008).

Na China, a preocupação com a captação de água da chuva se deu por volta dos anos 80. No semiárido chinês, com precipitação irregular e elevada evaporação, foi desenvolvido o programa 1-2-1 (Providenciando água para uso humano e para animais, desenvolvendo a economia agrícola e melhorando o meio ambiente através do uso de água de chuva) (Figura 6). O objetivo do programa era a construção de duas cisternas subterrâneas, sendo uma para consumo e a outra irrigação, com uma área de captação de 100 m², podendo ser o telhado de uma casa ou um pátio. A proposta programa, além de levar água potável as pessoas e animais, incluía também o uso da água de chuva na agricultura, garantindo o desenvolvimento econômico da comunidade (GNADLINGER, 2004).

Figura 6 – Projeto de captação de água de chuva denominado “1-2-1”



Fonte: GNADLINGER (2004)

3.2.2 No Brasil

No Brasil a instalação mais antiga de captação da água de chuva foi construída em 1943 por norte-americanos na ilha de Fernando de Noronha. Até hoje, o armazenamento da água de chuva é usado para abastecimento da comunidade (GHANAYEM, 2001).

Na região Norte, tem destaque o Programa de Melhorias Sanitárias Domiciliares, Aproveitamento e Armazenamento de Água da Chuva - Prochuva. Implantado no estado do Amazonas, teve como meta fornecer água para comunidades ribeirinhas, por meio da instalação de sistemas de aproveitamento e

armazenamento da água de chuva. O projeto contemplou 1839 famílias, de 77 comunidades, com caixa d'água, tubulações e melhorias nos telhados (Figura 7). O objetivo principal era diminuir as doenças de veiculação hídricas e combater a escassez de água (AMAZONAS, 2009). O sucesso do programa deu origem ao Prochuva II. Nesta segunda etapa, 92 comunidades, de 13 municípios, foram beneficiadas (AMAZONAS, 2010).

Figura 7 – Sistema domiciliar - Instalado em uma área de várzea



Fonte: BARBOZA JUNIOR (2019)

No Nordeste destaca-se o Programa Um Milhão de Cisternas - P1MC, que teve como meta a construção de um milhão de cisternas com a finalidade de melhorar a vida das famílias que vivem na região semiárida do Brasil, garantindo o acesso à água. Um dos objetivos era o armazenamento da água de chuva em cisternas construídas com placas de cimento, ao lado de cada casa, por pedreiros da comunidade beneficiada, capacitados pelo próprio programa. Cada cisterna possui uma capacidade de 16 mil litros e a captação é feita aproveitando-se o telhado da casa, que escoar água através de calhas (Figura 8) (ASA, 2016).

De acordo com dados da Articulação do Semiárido (ASA), até fevereiro de 2008, haviam sido entregues 419.178 cisternas, beneficiando cerca de 2,1 milhões de pessoas (O GLOBO, 2013).

Figura 8 – Sistema domiciliar do P1MC



Fonte: ASA (2019).

3.3 QUALIDADE DA ÁGUA DA CHUVA

Tomaz (2003) descreve que a composição da água de chuva se altera de acordo com a localização geográfica, com as condições meteorológicas (intensidade, duração e tipo de chuva, regime de ventos, estação do ano, etc.), com a presença ou não de vegetação e também com a presença de carga poluidora. Próximo ao oceano, a água de chuva apresenta elementos como sódio, potássio, magnésio, cloro e cálcio em concentrações proporcionais às encontradas na água do mar. Distante da costa, os elementos presentes são de origem terrestre: partículas de solo que podem conter sílica, alumínio e ferro, por exemplo, e elementos cuja emissão é de origem biológica, como o nitrogênio, fósforo e enxofre.

As mudanças causadas no meio ambiente por poluentes como o dióxido de enxofre (SO₂), óxidos de nitrogênio (NO_x), chumbo e zinco, devido a precipitação de impurezas do ar e ao arraste desses contaminantes presentes no solo, provocam intensas alterações na composição da água de chuva, pois quando essa água atravessa a atmosfera, absorve as partículas ali presentes (MAY, 2004). Um grande exemplo é o fenômeno da chuva ácida. Quando gases poluentes reagem com a água de chuva, formam ácidos que diminuem o seu pH.

A partir desse panorama, água de chuva poderá necessitar de algum tratamento para ser usada, conforme as tabelas 1 e 2.

Tabela 1 – Tratamentos necessários de acordo com a utilização

Utilização da água	Tratamento necessário
Irrigação de jardins	Nenhum tratamento.
Prevenção de incêndio, Condicionamento de ar	Tratamentos necessários para manter o equipamento de estocagem e distribuição em condições de uso.
Fontes e lagoas, descargas de banheiros, lavação de roupas e lavação de carros.	Tratamento higiênico, devido o possível contato do corpo humano com a água.
Piscina/banho, consumo humano e no preparo de alimentos.	Desinfecção, para a água ser consumida direta ou indiretamente.

Fonte: GROUP RAINDROPS (1995)

Tabela 2 – Utilização da água pluvial de acordo com área de coleta

Grau de Pureza	Área de coleta de chuva	Utilização de águas pluviais
A	Telhados (lugares não ocupados por pessoas ou animais).	Vaso sanitário, regar plantas, outros usos. Se tratadas podem ser usadas para consumo.
B	Telhados (lugares frequentados por animais e pessoas).	Vaso sanitário, regar plantas, outros usos, mas impróprias para consumo.

Fonte: GROUP RAINDROPS (1995)

Segundo a NBR 13969/1997 - “Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação” (ABNT, 1997), a água de reuso pode ser classificada de acordo com seus respectivos usos.

Classe 1 - “Lavagem de carros e outros usos que requerem o contato direto do usuário com a água, com possível aspiração de aerossóis pelo operador, incluindo chafarizes”;

Classe 2 - “Lavagens de pisos, calçadas e irrigação dos jardins, manutenção dos lagos e canais para fins paisagísticos, exceto chafarizes”;

Classe 3 - “Reuso nas descargas dos vasos sanitários”;

Classe 4 - “Reuso nos pomares, cereais, forragens, pastagens para gados e outros cultivos através de escoamento superficial ou por sistema de irrigação pontual”;

Tabela 3 – Padrões de qualidade para água de reuso, de acordo com a NBR13969/1997

Parâmetros	Unidade	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
pH	-	6 a 8	-	-	-
Turbidez	UNT	< 5,0	< 5,0	< 10,0	-
Coliforme fecal	NMP/100ml	< 200	< 500	< 500	< 5.000
SDT	mg/L	< 200	-	-	-
Cloro Residual	mg/L	0,5 a 1,5	> 0,5	-	-
OD	mg/L	-	-	-	> 2,0

Legenda: OD - Oxigênio Dissolvido; pH - Potencial Hidrogeniônico; UNT - Unidades Nefelométricas de Turbidez; SDT - Sólidos Dissolvidos Totais; mg/L - Miligrama por Litro; NMP/100 ml - número mais provável por 100 mililitros.

Fonte: ABNT (1997)

3.4 DESCARTE DOS PRIMEIROS MILÍMETROS DE ÁGUA DA CHUVA

A superfície de captação pode conter diversas impurezas, como fezes provenientes de animais, poeiras, folhas de árvores, revestimento do telhado, que podem causar a contaminação da água durante seu escoamento, provocando doenças (TOMAZ, 2003).

3.4.1 DesviUFPE

Um modelo de descarte dessa primeira água foi proposto por pesquisadores da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), denominado como DesviUFPE (LIMA *et al.*, 2011). Trata-se de um dispositivo automático, confeccionado com tubos de PVC, acoplados e posicionados verticalmente. Baseado nos princípios físicos dos vasos comunicantes e do fecho hídrico, à medida que o telhado é lavado, a água se acumula nos tubos verticais e só após estarem cheios, é que a água se direciona para a cisterna. Após cada período de chuva, o dispositivo deve ser esvaziado e, então fechado novamente (Figura 9).

Figura 9 – Dispositivo de desvio das primeiras águas desenvolvido pelos pesquisadores da UFPE



Fonte: Silva *et al.* (2019).

Silva *et al.* (2017) realizou um estudo sobre o desempenho do DesviUFPE no desvio das primeiras águas de chuva. A pesquisa foi realizada na Unidade Experimental de Cisternas (UEC) do Centro Acadêmico do Agreste (CAA) da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), localizado na cidade de Caruaru (Figura 10). Após o experimento, verificou-se que o dispositivo apresentou redução de 47,16% na cor real, em quanto que para os parâmetros de cor aparente e turbidez as reduções foram de 19% e 14,01%, respectivamente. Em relação aos microrganismos patogênicos, o desempenho foi bastante eficiente, reduzindo 99,7% na quantidade de coliformes totais e o 98,9% quantidade de E. Coli. Além de eficiente, o DesviUFPE é um dispositivo de fácil instalação, barato e que garante uma boa estanqueidade.

Figura 10 – Sistema instalado no Campus do Agreste da UFPE



Fonte: ARAÚJO (2019).

A qualidade da água captada também dependerá de outros elementos como: a calha, as tubulações e, principalmente, da cisterna. Uma vez que, quando manuseados de maneira correta, atuam como barreira sanitária, minimizando a propagação de microrganismos. A cisterna deve ser mantida sempre com a tampa fechada, para evitar a entrada de insetos e impurezas, e lavada a cada período de estiagem. Outro fator importante é manejo da água por parte da população, fatores como a introdução de baldes, abastecimento com água de outras fontes sem qualidade sanitária comprovada, pode acabar depreciando a qualidade da água armazenada (FIGUEIRAS, 2013).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Com base nas referências, é necessário aplicar as teorias e métodos no Projeto em estudo.

4.1 DESCRIÇÃO DO PROJETO

O Pátio de Feira do Cais de Santa Rita está localizado na Rua Cais Santa Rita, no bairro de São José, na RPA 1 - Região Política Administrativa 1, Microrregião: 1.2; na Região Metropolitana do Recife, Pernambuco, importante eixo de circulação diária de pessoas (Figura 11).

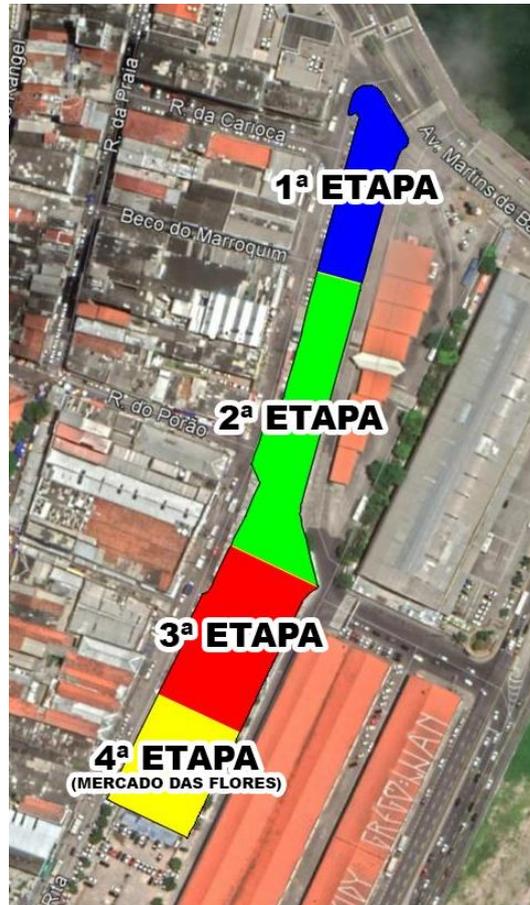
Figura 11 – Situação do Pátio de Feira do Cais de Santa Rita - Recife-PE



Fonte: Os Autores (2019).

O Pátio é formado por três etapas em conjunto com o novo Mercado das Flores, resultando em quatro cobertas, que somadas têm uma área de aproximadamente 5.000 m² (Figura 12).

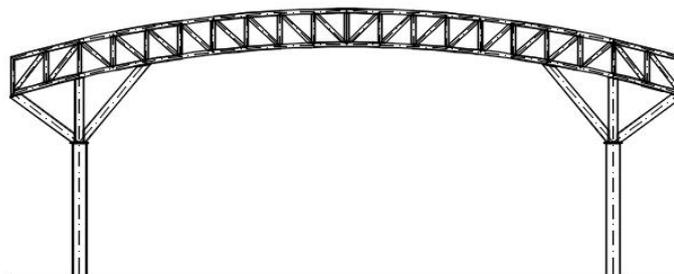
Figura 12 – Etapas do Pátio de Feira do Cais de Santa Rita



Fonte: Os Autores (2019).

Todas as cobertas possuem características semelhantes (Figura 13), com estrutura metálica e formato côncavo, utilizando telhas metálicas.

Figura 13 – Perfil da cobertura



Fonte: Os Autores (2019).

Devido à similaridade do processo de dimensionamento e análise em ambas as etapas, o objeto de estudo desse trabalho será somente a primeira etapa, que possui 852,50 m² de área coberta.

4.2 INTENSIDADE PLUVIOMÉTRICA DA REGIÃO

A NBR 10844:1989 - Instalação Predial de Águas Pluviais, recomenda que para determinação da intensidade pluviométrica (I), deve-se fixar valores adequados para o período de retorno e o tempo de duração da precipitação.

Período de retorno: “Número médio de anos em que, para a mesma duração de precipitação, uma determinada intensidade pluviométrica é igualada ou ultrapassada apenas uma vez” (ABNT, 1989).

Para a determinação da intensidade pluviométrica da cidade do Recife, consultou-se a tabela de chuvas intensas do Brasil, disponível na NBR 10844. Como Recife não se encontra na tabela, adotou-se o valor da intensidade pluviométrica da cidade de Olinda. Considerou-se um tempo de retorno de 20 anos, com o objetivo de abranger mais episódios de chuva, e uma duração de precipitação de 5 minutos, como recomenda a norma. Portanto, foi considerado a intensidade pluviométrica (I) de 173 mm/h para cidade do Recife (Figura 14).

Figura 14 – Tabela de chuvas intensas no Brasil

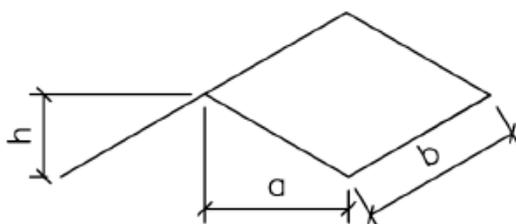
Local	Intensidade pluviométrica (mm/h)		
	Período de retorno (anos)		
	1	5	25
37 – Lins/SP	96	122	137 (13)
38 – Maceió/AL	102	122	174
39 – Manaus/AM	138	180	198
40 – Natal/RN	113	120	143 (19)
41 – Nazaré/PE	118	134	155 (19)
42 – Niterói/RJ	130	183	250
43 – Nova Friburgo/RJ	120	124	156
44 – Olinda/PE	115	167	173 (20)
45 – Ouro Preto/MG	120	211	–

Fonte: ABNT (1989).

4.3 ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO

A área de contribuição considerada para o dimensionamento da calha e dos condutores são aquelas que interceptam a água da chuva. A NBR 10844:1989 recomenda que para o cálculo, deve-se considerar a área de cobertura com os incrementos devido à inclinação, tendo em vista que a ação do vento ocasiona um ângulo de inclinação na chuva (Figura 15).

Figura 15 – Superfície inclinada



Fonte: ABNT (1989)

$$A = \left(a + \frac{h}{2} \right) * b \quad (1)$$

Onde:

A = área de contribuição, em m²;

a= largura do telhado, em m;

b= comprimento do telhado, em m;

h = altura do telhado, em m.

4.4 VAZÃO DE PROJETO

A partir das recomendações da ABNT (1989), a vazão de projeto é determinada através da equação:

$$Q = \frac{C * I * A}{60} \quad (2)$$

Onde:

Q = vazão de projeto, em L/min;

I = intensidade pluviométrica, em mm/h;

A = área de contribuição, em m²;

C = coeficiente de escoamento superficial (coeficiente de runoff).

Tabela 4 – Coeficiente de runoff médios

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, PVC	0,90 a 0,95

Fonte: TOMAZ (2003).

Segundo Dornelles (2012):

Dada à variabilidade do coeficiente, o projetista deve ponderar a determinação do coeficiente de escoamento em função dos fatores de risco. Assim para o caso de o sistema de aproveitamento de água de chuva garantir o abastecimento, deve-se optar por um valor mais baixo. Para atuar como um dispositivo de redução de alagamentos urbanos, opta-se por um valor mais alto. Podendo ainda ser adotado um valor intermediário, que tenha compromisso em atender parcialmente ambos os quesitos.

4.5 ESTIMATIVA DE CONSUMO

Sabendo que a utilização da água da chuva seria para usos não potáveis, foi definido que o destino desta água seria para as bacias sanitárias presentes nos banheiros masculino e feminino e para lavagem do piso.

Devido à grande circulação de pessoas no Pátio e os banheiros estarem inseridos na rota, foi realizado um estudo de campo com o objetivo de estimar a quantidade de usos das bacias sanitárias, tanto no banheiro masculino quanto no feminino. Com essa estimativa é possível chegar a um consumo diário dos banheiros.

Já para o consumo de lavagem do piso, foi calculada a área de lavagem através do projeto arquitetônico do Pátio (Apêndice A), utilizando um consumo de 4 L de água por metro quadrado de lavagem (conforme utilizado nas lavagens com enxágue de produtos químicos) e com uma frequência de uma vez por semana.

4.6 DIMENSIONAMENTOS

A fim de chegar aos resultados almejados no estudo, segue a demonstração dos dimensionamentos dos componentes do sistema:

4.6.1 Calha

De acordo com a ABNT (1989), o dimensionamento da calha é feito através da fórmula de Manning-Strickler:

$$Q = k \frac{S}{n} * \sqrt[3]{RH^2} * \sqrt{i} \quad (3)$$

Onde:

Q = vazão de projeto, em L/min;

S = área da seção molhada, em m²;

n = coeficiente de rugosidade;

RH = raio hidráulico, em m;

i = declividade da calha, em m/m;

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

O coeficiente de rugosidade (n) varia de acordo com o material utilizado para a confecção da calha, para este projeto será adotado o aço galvanizado, cujo coeficiente de rugosidade é n = 0,011.

A declividade diz respeito à inclinação em que serão dispostas a calha. Neste caso, a inclinação deve ser uniforme e com valor mínimo de 0,5% que corresponde a 0,005 m/m.

A Tabela 5 fornece as capacidades de calhas semicirculares, usando coeficiente de rugosidade n = 0,011 para alguns valores de declividade. Os valores

foram calculados utilizando a fórmula de Manning-Strickler, com lâmina de água igual à metade do diâmetro interno.

Tabela 5 – Capacidades de calhas semicirculares com coeficientes de rugosidade $n = 0,011$
(Vazão em L/min)

Diâmetro interno (mm)	Declividades		
	0,5%	1%	2%
100	130	183	256
125	236	333	466
150	384	541	757
200	829	1.167	1.634

Fonte: ABNT (1989).

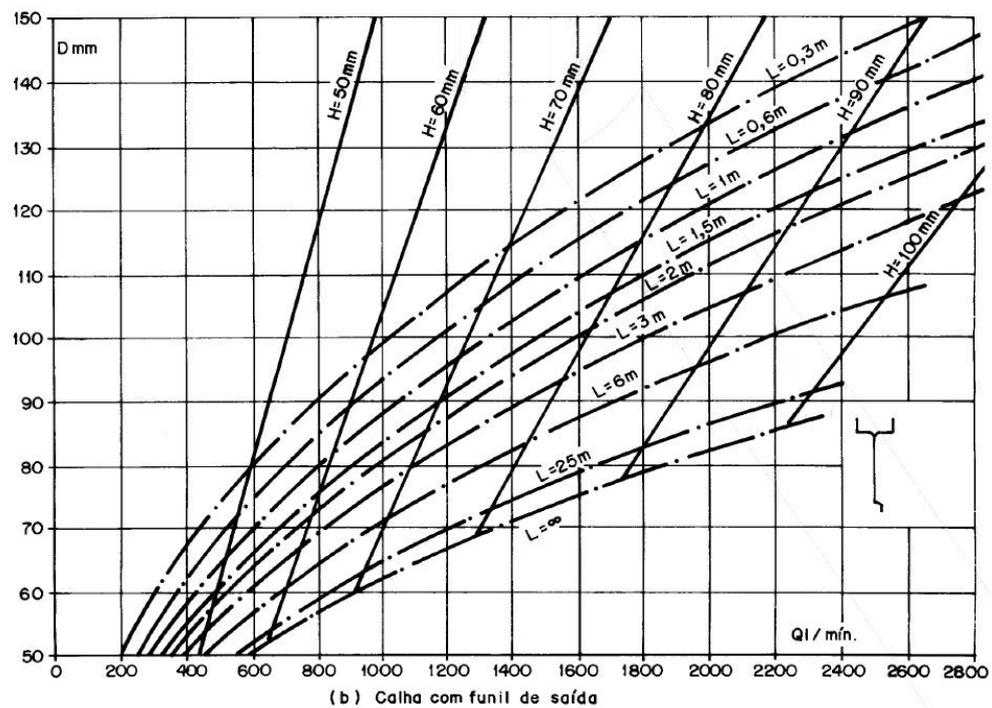
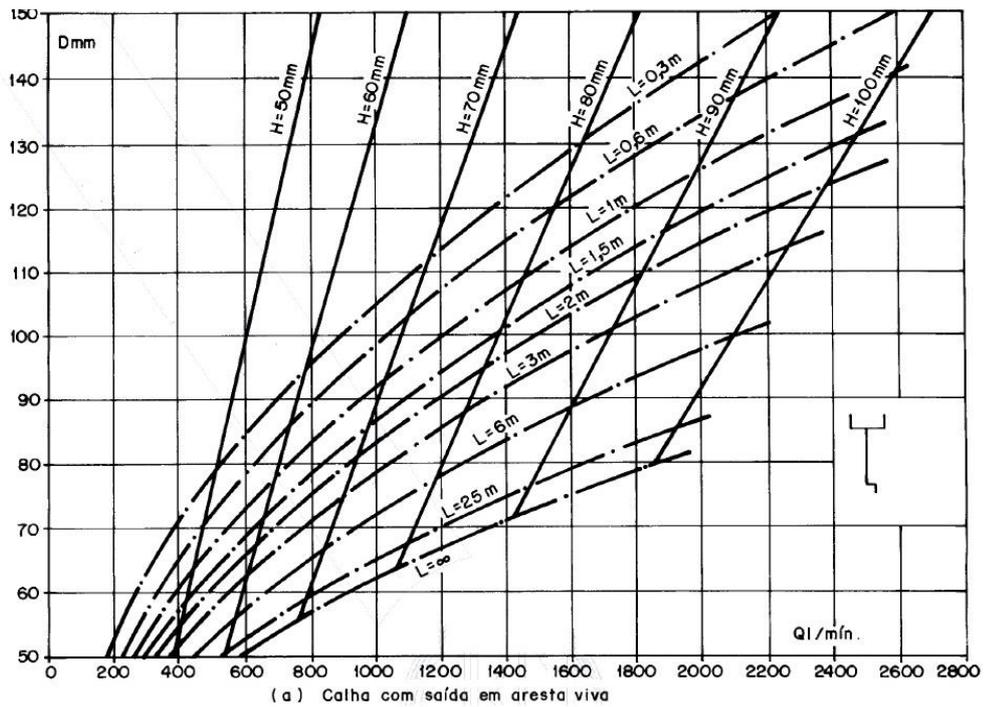
4.6.2 Condutores verticais

O dimensionamento dos condutores verticais, segundo a NBR 10844:1989, é feito a partir do comprimento do condutor vertical (L), da altura da lâmina de água na calha (H) e da vazão de projeto (Q).

Para calhas com saída em aresta viva ou com funil de saída, deve-se utilizar, respectivamente, o ábaco (a) ou (b), conforme a figura 16.

Traça-se uma reta vertical a partir de Q até interceptar as curvas de H e L correspondentes. No caso de não haver curvas dos valores de H e L, interpolar entre as curvas existentes. Em seguida, a partir deste ponto, traçar uma reta horizontal até o eixo D, o qual apresenta o diâmetro do condutor. Por fim, adota-se o diâmetro nominal cujo diâmetro interno seja superior ou igual ao valor encontrado e maior que o diâmetro mínimo (70mm).

Figura 16 – Ábacos para a determinação de diâmetros de condutores verticais



Fonte: ABNT (1989).

4.6.3 Condutores horizontais

O dimensionamento dos condutores horizontais de seção circular deve ser feito para escoamento com lâmina de altura igual a $2/3$ do diâmetro interno (D) do tubo. As

vazões para tubos de PVC e inclinações usuais estão indicadas na Tabela 6. As vazões foram calculadas utilizando-se a fórmula de Manning-Strickler, com a altura de lâmina de água igual a 2/3 D.

Tabela 6 – Capacidade de condutores horizontais de seção circular (vazões em l/min.)

Diâmetro interno (D) (mm)	n = 0,011			
	0,50%	1%	2%	4%
1	2	3	4	5
50	32	45	64	90
75	95	133	188	267
100	204	287	405	575
125	370	521	735	1.040
150	602	847	1.190	1.690
200	1.300	1.820	2.570	3.650
250	2.350	3.310	4.660	6.620
300	3.820	5.380	7.590	10.800

Fonte: Adaptado de ABNT (1989).

Para a verificação hidráulica dos condutores horizontais utiliza-se a fórmula de Manning e equação da continuidade, considerando:

- Seção máxima de escoamento - 67% da seção do tubo;
- Velocidade mínima de escoamento - 0,60 m/s;
- Velocidade máxima de escoamento - 2,00 m/s.

Fórmula de Manning:

$$V = \frac{1}{n} * \sqrt[3]{RH^2} * \sqrt{i} \quad (4)$$

Onde:

V = velocidade, em m/s;

n = coeficiente de rugosidade;

RH = raio hidráulico, em m;

i = declividade, em m/m.

Equação da continuidade:

$$Q = V * A \quad (5)$$

Onde:

Q = vazão a escoar, em m³/s;

V = velocidade, em m/s;

A = área molhada, em m².

4.6.4 Reservatório inferior (cisterna)

O reservatório inferior (cisterna) foi definido de acordo com o espaço disponível no Pátio, limitando-se a 120 m³ de volume. Dessa forma, não foi necessária a utilização de métodos de dimensionamento.

Foi previsto também um sistema com extravasores para evitar que a cisterna ultrapasse seu volume nos meses mais chuvosos.

4.6.5 Instalação elevatória

Sistema destinado a elevar a pressão da água, quando a pressão disponível na fonte de abastecimento for insuficiente, para abastecimento do tipo direto, ou para suprimento do reservatório elevado no caso de abastecimento do tipo indireto (ABNT, 1998).

O sistema é composto por: tubulação de recalque, tubulação de sucção e conjunto motor-bomba.

4.6.5.1 Tubulação de recalque

Tubulação que vai da bomba ao reservatório superior. A vazão mínima a ser admitida para instalações elevatórias, segundo a NBR 5626 - "Instalação predial de água fria", deverá ser igual a 15% do consumo diário.

$$Q_{min} = 15\% * Cd \quad (6)$$

Onde:

Q_{min} = vazão mínima, em m^3/h ;

Cd = consumo diário, em m^3/dia ;

$$Q_b = \frac{Cd}{t} \quad (7)$$

Onde:

Q_b = vazão da bomba, em m^3/h ;

t = tempo de funcionamento da bomba por dia, em h;

Uma vez que o funcionamento do conjunto motor-bomba não será contínuo, a NBR 5626:1998, recomenda a equação de Forchheimer para o dimensionamento da tubulação de recalque.

$$D = 1,3 \cdot \sqrt{Q} \cdot \sqrt[4]{X} \quad (8)$$

Onde:

D = diâmetro de recalque m;

Q = vazão de recalque m^3/s ;

$$X = \frac{\text{horas de funcionamento por dia}}{24 \text{ horas}}$$

Se $Q_b > Q_{min}$, então $Q = Q_b$; caso contrário $Q = Q_{min}$.

Com o diâmetro calculado, adota-se o diâmetro comercial mais próximo.

4.6.5.2 Tubulação de sucção

Tubulação que vai da válvula de pé, no reservatório inferior, até a bomba. Para a tubulação de sucção foi adotado o diâmetro comercial imediatamente superior ao diâmetro da tubulação de recalque.

4.6.5.3 Conjunto motor-bomba

É necessário o cálculo da perda de carga do sistema para que se obtenha o conjunto motor-bomba ideal, afim de otimizar todo o processo de sucção e recalque.

4.6.5.3.1 Cálculo da perda de carga distribuída

A perda de carga ao longo de um tubo depende do seu comprimento, diâmetro interno, da rugosidade da sua superfície interna e da vazão. A partir da fórmula de Hazen-Williams, pode-se obter o valor da perda de carga na tubulação de sucção e recalque.

$$J = \frac{10,643 \cdot Q^{1,85}}{C^{1,85} \cdot D^{4,87}} \quad (9)$$

Onde:

J = Perda de carga unitária em m/m;

Q = vazão em m³/s;

C = Coeficiente de atrito adimensional;

D = Diâmetro da tubulação em m.

4.6.5.3.2 Cálculo da perda de carga localizada

A perda de carga localizada é causada pelos acessórios presentes ao longo da tubulação (joelhos, curvas, válvulas, entre outros), provocando uma perda de energia onde estão localizados.

Para calcular o valor dessa perda, o método mais utilizado é o do comprimento equivalente, que consiste em atribuir um valor de comprimento de tubulação, de mesmo diâmetro, que causa a mesma perda de carga do acessório em questão. O somatório dos comprimentos equivalentes é incrementado ao comprimento real da tubulação.

$$L_{eq} = L_{real} + \sum l_{eq} \quad (10)$$

Onde:

Leq = comprimento total com perdas;

Lreal = comprimento real da tubulação;

Σ leq = somatório dos comprimentos equivalentes dos acessórios.

Os valores dos comprimentos equivalentes podem ser extraídos da tabela fornecida pela Tigre:

Figura 17 – Perdas de carga localizadas - Sua equivalência em metros de tubulação de PVC rígido

DE (mm)	D. ref. (pol.)	Joelho 90°	Joelho 45°	Curva 90°	Curva 45°	Tê 90° Passagem Direita	Tê 90° Saída de lado	Tê 90° Saída Bilateral	Entrada Normal	Entrada de Borda	Saída de Canalização	Válvula de Pé e Crivo	Válvula de Retenção Tipo Leve	Válvula de Retenção Tipo Pesado	Registro de Globo Aberto	Registro de Gaveta Aberto	Registro de Ângulo Aberto
20	½"	1,1	0,4	0,4	0,2	0,7	2,3	2,3	0,3	0,9	0,8	8,1	2,5	3,6	11,1	0,1	5,9
25	¾"	1,2	0,5	0,5	0,3	0,8	2,4	2,4	0,4	1,0	0,9	9,5	2,7	4,1	11,4	0,2	6,1
32	1"	1,5	0,7	0,6	0,4	0,9	3,1	3,1	0,5	1,2	1,3	13,3	3,8	5,8	15,0	0,3	8,4
40	1¼"	2,0	1,0	0,7	0,5	1,5	4,6	4,6	0,6	1,8	1,4	15,5	4,9	7,4	22,0	0,4	10,5
50	1½"	3,2	1,3	1,2	0,6	2,2	7,3	7,3	1,0	2,3	3,2	18,3	6,8	9,1	35,8	0,7	17,0
60	2"	3,4	1,5	1,3	0,7	2,3	7,6	7,6	1,5	2,8	3,3	23,7	7,1	10,8	37,9	0,8	18,5
75	2½"	3,7	1,7	1,4	0,8	2,4	7,8	7,8	1,6	3,3	3,5	25,0	8,2	12,5	38,0	0,9	19,0
85	3"	3,9	1,8	1,5	0,9	2,5	8,0	8,0	2,0	3,7	3,7	26,8	9,3	14,2	40,0	0,9	20,0
110	4"	4,3	1,9	1,6	1,0	2,6	8,3	8,3	2,2	4,0	3,9	28,6	10,4	16,0	42,3	1,0	22,1

Fonte: TIGRE (2019).

4.6.5.3.2 Perda de carga total

De posse do comprimento equivalente de sucção e recalque, é possível calcular a perda de carga total.

$$hs = Js \times Leqs \quad (11)$$

$$hr = Jr \times Leqr \quad (12)$$

Onde:

hs = perda de carga total por sucção, em m;

hr = perda de carga total por recalque, em m;

Js = perda de carga unitária de sucção, em m/m;

Jr = perda de carga unitária de recalque, em m/m;

Leqs = comprimento equivalente de sucção;

Leqr = comprimento equivalente de recalque;

Dessa forma, a perda de carga total é dada por:

$$H_{perdas} = h_s + h_r \quad (13)$$

Onde:

h_s = perda de carga total por sucção, em m;

h_r = perda de carga total por recalque, em m;

H_{perdas} = perda de carga total, em m.

4.6.5.3.3 *Altura geométrica*

É o valor do desnível geométrico vertical (diferença entre a cota do nível do fluido no reservatório superior e reservatório inferior), podendo ser dividida nas parcelas altura de sucção e altura de recalque.

A altura de sucção é a distância vertical entre o nível do fluido no reservatório inferior e o eixo da bomba. A altura de recalque é a distância vertical entre o eixo da bomba e o nível do fluido no reservatório superior.

$$H_g = H_s + H_r \quad (14)$$

Onde:

H_g = altura geométrica, em m;

H_s = altura de sucção, em m;

H_r = altura de recalque, em m.

4.6.5.3.4 *Altura manométrica*

A bomba deve fornecer a energia necessária para que o fluido vença o desnível geométrico (H_g) e a soma das perdas de energia distribuídas e localizadas (H_{perdas}).

A altura manométrica corresponde à distância vertical mínima para que o fluido chegue ao ponto elevado, ou seja, altura geométrica acrescida das perdas de energia.

$$H_{man} = H_g + H_{perdas} \quad (15)$$

Onde:

H_{man} = altura manométrica;

H_g = altura geométrica, em m;

H_{perdas} = perda de carga total, em m.

4.6.5.3.5 Potência do conjunto motor-bomba

A potência do conjunto motor-bomba é calculada pela seguinte equação:

$$P = \frac{\gamma * Q_b * H_{man}}{n * 75} \quad (16)$$

Onde:

P = potência da bomba, em CV;

γ = peso específico da água = 1000 kg/m³;

Q = vazão da bomba, em m³/s;

n = rendimento do conjunto motor bomba;

H_{man} = altura manométrica, em m.

Para o correto dimensionamento, recomenda-se que a potência do motor-bomba comercial seja imediatamente superior a potência calculada. Além disso, na prática, considera-se um percentual de acréscimo a potência como fator de segurança.

Tabela 7 – Percentual de acréscimo de potência

Potência calculada (CV)	Acréscimo (%)
até 2	50
2 - 5	30
5 - 10	20
10 - 20	15
20	10

Fonte: UFJF (2019).

4.6.6 Reservatório superior

O volume do reservatório superior equivale a um dia de abastecimento, considerando o maior consumo diário. Essa consideração foi definida a fim de garantir pelo menos um dia de uso caso a bomba pare de funcionar.

4.6.7 Tubulação de distribuição

As tubulações de distribuição devem ser dimensionadas de tal forma que todos os acessórios tenham as vazões de projeto disponíveis, mesmo com usos simultâneos.

Com o auxílio da Figura 18, é possível determinar a vazão mínima de cada ponto de utilização e o peso relativo de cada um deles.

Figura 18 – Pesos relativos nos pontos de utilização identificados em função do aparelho sanitário e da peça de utilização

Aparelho sanitário		Peça de utilização	Vazão de projeto L/s	Peso relativo
Bacia sanitária		Caixa de descarga	0,15	0,3
		Válvula de descarga	1,70	32,0
Banheira		Misturador (água fria)	0,30	1,0
Bebedouro		Registro de pressão	0,10	0,1
Bidê		Misturador (água fria)	0,10	0,1
Chuveiro ou ducha		Misturador (água fria)	0,20	0,4
Chuveiro elétrico		Registro de pressão	0,10	0,1
Lavadora de pratos ou de roupas		Registro de pressão	0,30	1,0
Lavatório		Torneira ou misturador (água fria)	0,15	0,3
Mictório cerâmico	com sifão integrado	Válvula de descarga	0,50	2,8
	sem sifão integrado	Caixa de descarga, registro de pressão ou válvula de descarga para mictório	0,15	0,3
Mictório tipo calha		Caixa de descarga ou registro de pressão	0,15 por metro de calha	0,3
Pia		Torneira ou misturador (água fria)	0,25	0,7
		Torneira elétrica	0,10	0,1
Tanque		Torneira	0,25	0,7
Torneira de jardim ou lavagem em geral		Torneira	0,20	0,4

Fonte: ABNT (1998).

Sabendo quais são os acessórios existentes na tubulação e os seus respectivos pesos relativos, a vazão em cada trecho pode ser estimada de acordo com a seguinte fórmula:

$$Q = 0,3 * \sqrt{\Sigma P} \quad (17)$$

Onde:

Q = vazão estimada no trecho em L/s;

ΣP = somatório dos pesos relativos de cada trecho da tubulação;

Assim, com o valor da vazão estimativa de cada trecho, é de suma importância calcular o diâmetro interno mínimo da tubulação, respeitando a velocidade máxima, que de acordo com a NBR 5626:1998 é de 3,0 m/s. Esse diâmetro pode ser calculado da seguinte forma:

$$D = \sqrt{\frac{4 * Q}{3 * \pi}} \quad (18)$$

Onde:

Q = vazão estimada de cada trecho em m³/s;

D = diâmetro interno mínimo do trecho em m;

Com isso, é escolhido um diâmetro comercial que seja imediatamente superior ao calculado.

Após definir o diâmetro comercial utilizado em cada trecho, é imprescindível verificar se a velocidade não ultrapassa a velocidade máxima definida em norma.

4.6.8 DesviUFPE

Como visto, é imprescindível que seja previsto um sistema de descarte:

4.6.8.1 Volume de água acumulado em um tubo

O volume acumulado em uma tubulação, em litros, é obtido através da equação:

$$Volume_{tubo} = A * L * 1000 \quad (19)$$

Onde:

$$A = \frac{\pi * D^2}{4}, \text{ área do tubo, em m}^2;$$

D = diâmetro, em m.

L = comprimento do tubo, em m.

4.6.8.2 Volume de água descartado

O volume de água descartado é calculado pela equação:

$$Volume_{descartado} = A_{cobertura} * Altura_{precipitação} \quad (20)$$

Onde:

$A_{cobertura}$ = Área de contribuição da cobertura, em m²;

$Altura_{precipitação}$ = Altura de precipitação, em mm.

Em que, a quantidade necessária em metros de tubos, é determinada através da equação abaixo:

$$Quantidade_{tubos} = \frac{Volume_{descarte}}{Volume_{tubo}} \quad (21)$$

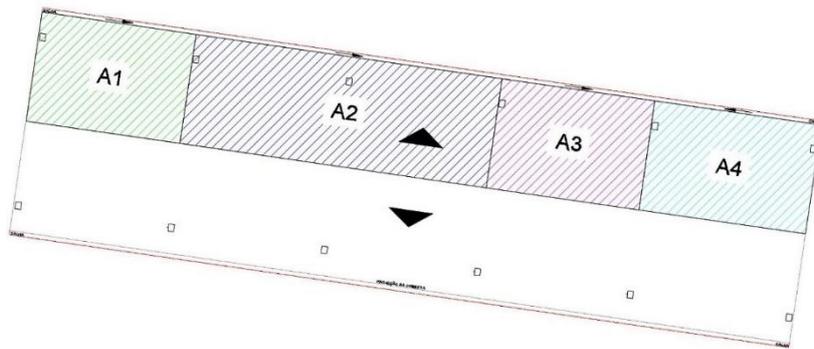
5 RESULTADOS

Possuindo todas as teorias e métodos necessários para dimensionar o sistema, segue os cálculos:

5.1 ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO E VAZÃO DE PROJETO

Como a cobertura do pátio é simétrica, decidiu-se dividi-la em duas partes iguais. A partir daí, utilizou-se uma das partes para dimensionar, separando-a em 4 áreas, como mostrar a Figura 19. Para o cálculo da área de contribuição foi utilizado a equação 1.

Figura 19 – Áreas de contribuição



Fonte: Os Autores (2019).

Após definidas as áreas de contribuições, calculou-se as vazões de projeto para as respectivas áreas. Para o cálculo das vazões foi utilizado a equação 2. Optou-se por utilizar um valor médio entre 0,8 e 0,9, ou seja, $C=0,85$, desta maneira o cálculo estará a favor da segurança. A intensidade pluviométrica (I) foi de 173 mm/h.

Todos os resultados foram calculados planilha eletrônica, como mostra a Tabela 8.

Tabela 8 – Áreas de contribuição e vazões de projeto

	A(m²)	Q(L/min)
A1	91,41	224,03
A2	178,86	438,36
A3	88,94	217,96
A4	98,51	241,42

Fonte: Os Autores (2019).

5.2 CALHA

Para o dimensionamento da calha foram consideradas as seguintes premissas:

- Coeficiente de rugosidade da calha aço galvanizado (n) = 0,011;
- Calha semicircular;
- Declividade da calha (i) = 0,005 m/m.

A partir das vazões de projeto calculadas para cada trecho da calha e da declividade adotada, foi identificado na Tabela 9 o diâmetro interno necessário para a calha, considerando o trecho com a maior vazão de projeto.

Tabela 9 – Dimensionamento da calha

Calha	Q (L/min)	Diâmetro adotado (mm)
Trecho 1	224,03	200
Trecho 2	438,36	
Trecho 3	217,96	
Trecho 4	241,42	

Fonte: Os Autores (2019).

5.3 CONDUTORES VERTICAIS

Para o dimensionamento dos condutores verticais, considerou-se que:

- O condutor vertical 1 atende o trecho 1;
- O condutor vertical 2 atende o trecho 2;
- O condutor vertical 3 atende os trechos 3 e 4;
- O valor da altura da lâmina de água na calha é metade da medida do seu diâmetro (H) = 100 mm;
- Os comprimentos dos condutores verticais serão iguais as medidas das alturas dos pilares (L) = 4,5 m.
- Ao final de cada condutor, haverá uma caixa de inspeção.

Utilizou-se o ábaco com saída em aresta viva (Figura 16). Observou-se que para nenhuma das vazões dos trechos da calha, ocorre intersecção entre as linhas L

e H. Portanto, o diâmetro dos 3 condutores verticais terá o valor mínimo, como mostra a Tabela 10.

Tabela 10 – Dimensionamento dos condutores verticais

Condutor Vertical	Q (L/min)	L (m)	H (mm)	Diâmetro mínimo (mm)	Diâmetro comercial (mm)
1	224,03	4,50	100,00	70,00	75,00
2	438,36	4,50	100,00		
3	459,38	4,50	100,00		

Fonte: Os Autores (2019).

5.4 CONDUTORES HORIZONTAIS

O dimensionamento dos condutores horizontais foi obtido através da Tabela 6, admitindo-se que:

- O condutor horizontal 1 recebe a vazão do condutor vertical 1;
- O condutor horizontal 2 recebe as vazões do condutor horizontal 1 e do condutor vertical 2;
- O condutor horizontal 3 recebe as vazões do condutor horizontal 2 e do condutor vertical 3;
- Os condutores serão de PVC ($n = 0,011$) com inclinação (i) de 0,01m/m.

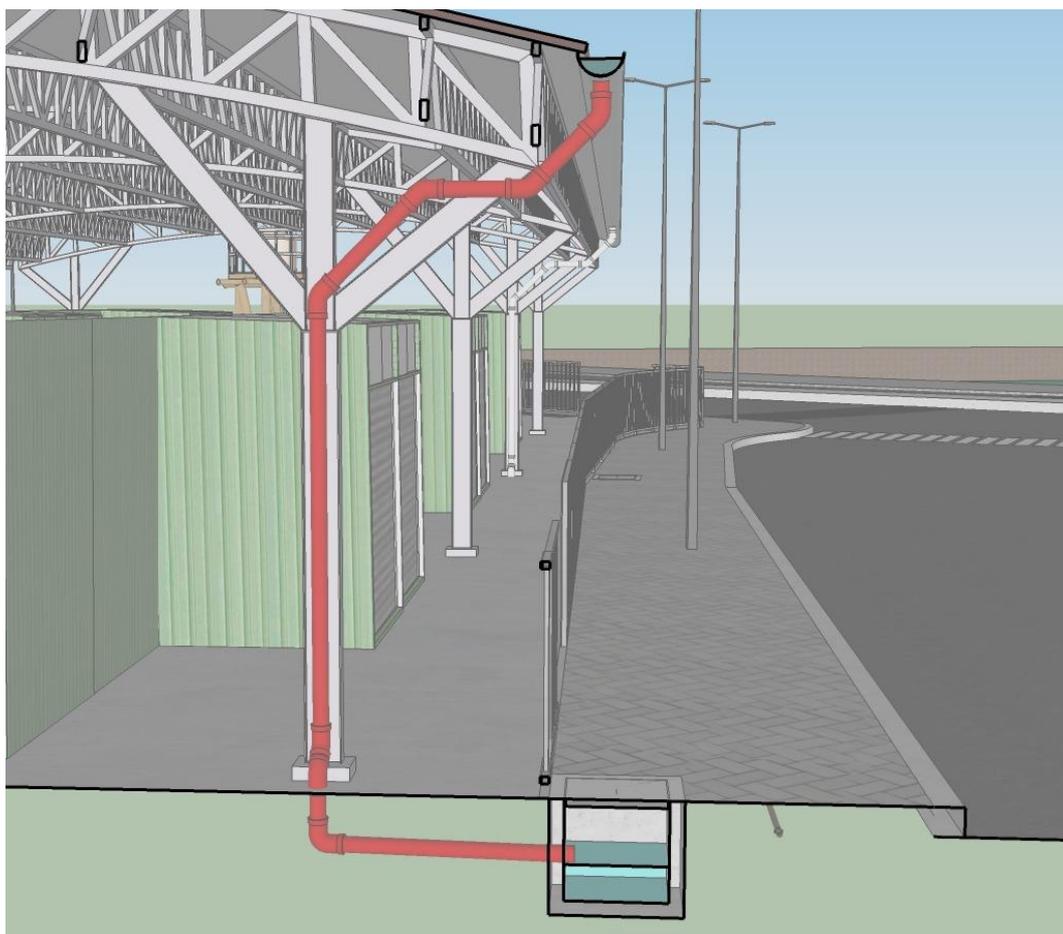
Para a verificação hidráulica dos condutores horizontais utilizaram-se as equações 4 e 5. O dimensionamento e verificação hidráulica dos condutores são apresentados na Tabela 11. Todos os resultados foram obtidos em planilha eletrônica. A Figura 20 apresenta um corte ilustrativo do sistema de captação.

Tabela 11 – Dimensionamento dos condutores horizontais

Condutor Horizontal	Q (L/min)	i (m/m)	Y/D	Diâmetro adotado (mm)	RH (m)	V (m/s)
1	224,03	1%	67%	100,00	0,029	0,67
2	662,39	1%	67%	150,00	0,038	0,88
3	1121,77	1%	67%	200,00	0,038	0,84

Fonte: Os Autores (2019).

Figura 20 – Corte ilustrativo do sistema de captação



Fonte: Os Autores (2019).

5.5 DIMENSIONAMENTO DA INSTALAÇÃO ELEVATÓRIA

É necessário o cálculo do sistema de elevação para que o conjunto, na sua totalidade, trabalhe em harmonia, dessa forma:

5.5.1 Estimativa de consumo

O consumo médio do equipamento estudado é de fundamental importância para que se obtenha uma demanda de vazão:

5.5.1.1 Banheiros

Como dito anteriormente, foi realizado um estudo de campo para levantar o quantitativo de usos dos banheiros masculino e feminino. Esse estudo foi numa segunda-feira, das 10:35h às 11:25h (cinquenta minutos), chegando aos valores da Tabela 13.

Tabela 12 – Quantidade de usos dos banheiros do Pátio de Feira do Cais de Santa Rita (50 min)

	Masculino	Feminino
10:35 - 11:00 (25 min.)	43	39
11:00 - 11:05 (5 min.)	15	14
11:05 - 11:25 (20 min.)	34	20
SUBTOTAL (50 min.)	92	73
TOTAL (50 min.)	165	

Fonte: Os Autores (2019).

De posse dessa quantidade e sabendo que as bacias sanitárias são do tipo caixa de descarga, foi utilizado um consumo de 6 litros de água por uso.

O tempo de funcionamento do Pátio é de 12h, das 6h às 18h, sendo 6h de horário de pico (9h às 15h) e 6h de horário normal.

Dessa forma, foi considerado que no horário de pico o consumo é o calculado e no horário normal o consumo é equivalente a 2/3 do consumo de pico, obtendo o consumo diário dos banheiros.

Tabela 13 – Cálculo do consumo diário dos banheiros

Quantidade de bacias sanitárias	8,00
Consumo (L/uso)	6,00
Quantidade de usos (50 min)	165,00
Tempo observado (min.)	50,00
ΔT (Pico) (h)	6,00
ΔT (Normal) (h)	6,00
Vazão (m³/s)	0,00033
Consumo Pico (m³/dia)	7,13
Consumo Normal (m³/dia)	4,75
Consumo Diário dos Banheiros (m³/dia)	11,88

Fonte: Os Autores (2019).

5.5.1.2 Lavagem de piso

Para calcular a demanda de lavagem foi utilizado um consumo de 4 litros de água por m² de área lavada, conforme é utilizado na prática dos mercados. A frequência de lavagem foi adotada como sendo uma vez por semana.

A área de lavagem foi calculada de acordo com o projeto arquitetônico do Pátio (Apêndice A) e tem o valor de 1.132,49 metros quadrados.

Sabendo dessas informações foi possível chegar ao consumo de cada lavagem e o consumo mensal:

Tabela 14 – Cálculo do consumo de lavagem de piso

Área de lavagem (m²)	1132,49
Consumo de lavagem (L/m²)	4,00
Frequência (lavagens/mês)	4,00
Consumo por Lavagem (m³/lavagem)	4,53
Consumo Mensal de Lavagem (m³/mês)	18,12

Fonte: Os Autores (2019).

5.5.1.3 Consumo diário total

Assim, de posse do consumo diário dos banheiros e de lavagem, obtém-se o consumo diário crítico, que é relativo aos dias de lavagem do piso:

Tabela 15 – Cálculo do consumo diário crítico

Consumo Diário dos Banheiros (m³/dia)	11,88
Consumo por Lavagem (m³/lavagem)	4,53
Cd - Consumo Diário Total (m³/dia)	16,41

Fonte: Os Autores (2019).

5.5.2 Tubulação de recalque

Sabendo do consumo diário, é possível calcular o valor da vazão mínima, que é igual a 15% desse consumo:

Tabela 16 – Cálculo da vazão mínima

Cd – Consumo Diário Total (m³/dia)	16,41
Qmin – Vazão Mínima (m³/h)	2,46

Fonte: Os Autores (2019).

Paralelamente, é calculada a vazão da bomba, que é obtida através da razão do consumo diário com o tempo de funcionamento da bomba por dia. O tempo de funcionamento diário da bomba foi definido como sendo de 5h.

Tabela 17 – Cálculo da vazão da bomba

Cd – Consumo Diário Total (m³/dia)	16,41
t – Tempo de Funcionamento da Bomba (h/dia)	5,00
Qb – Vazão da Bomba (m³/h)	3,28

Fonte: Os Autores (2019).

Pelo fato de a vazão da bomba calculada ser maior do que a mínima, a vazão utilizada no dimensionamento da tubulação de recalque é a da bomba (3,28 m³/h).

Para calcular o diâmetro de recalque para instalação elevatória em que só funcionará algumas horas por dia, utiliza-se a equação de Forchheimer, já citada anteriormente.

Tabela 18 – Cálculo do diâmetro da tubulação de recalque

Q – Vazão (m³/h)	0,000911
X (Cd/t)	0,208333
Dr – Diâmetro de Recalque (mm)	0,026509
Diâmetro Comercial de Recalque (mm)	32,00

Fonte: Os Autores (2019).

A tubulação de recalque escolhida foi a de 32 mm, uma vez que o diâmetro interno dela é de aproximadamente 27,8 mm, sendo o diâmetro comercial imediatamente superior ao calculado.

5.5.3 Tubulação de sucção

Como visto, o diâmetro da tubulação de sucção é definido sendo o diâmetro comercial imediatamente superior ao diâmetro de recalque. Logo, o diâmetro de sucção foi definido como de 40 mm.

Tabela 19 – Cálculo do diâmetro da tubulação de sucção

Diâmetro Comercial de Recalque (mm)	32,00
Diâmetro Comercial de Sucção (mm)	40,00

Fonte: Os Autores (2019).

5.5.4 Conjunto motor-bomba

Para entregar ao sistema a vazão desejada, é necessário dimensionar o conjunto motor-bomba:

5.5.4.1 Cálculo da perda de carga

Para definir a potência do conjunto motor-bomba é necessário fazer o cálculo das perdas de carga distribuída e localizada e, conseqüentemente, encontrar o valor da altura manométrica.

Para isso, através do método do comprimento equivalente e fórmula de Hazen-Williams, as perdas de carga localizada e distribuída foram calculadas da seguinte maneira:

5.5.4.1.1 *Perda de carga na sucção*

A partir dos acessórios presentes na tubulação de sucção, foi possível calcular o comprimento equivalente dessas peças para incrementar ao comprimento real de sucção, que tem o valor de 6,83 m.

Tabela 20 – Cálculo do comprimento equivalente dos acessórios da tubulação de sucção

Acessórios	Qtd.	leq un.	leq
Válvula de pé	1,00	13,30	13,30
Joelho 90	1,00	1,5	1,50
Curva 45	1,00	0,4	0,40
Total			15,20

Fonte: Os Autores (2019).

Tabela 21 – Cálculo do comprimento equivalente de sucção

Lreal.s - Comprimento Real de Sucção (m)	6,83
Leq.s - Comprimento Equivalente de Sucção (m)	22,03

Fonte: Os Autores (2019).

Calculado o valor do comprimento equivalente da tubulação de sucção, é possível calcular a perda de carga unitária e, conseqüentemente, a perda de carga total de sucção.

Tabela 22 – Cálculo da perda de carga total de sucção

C - Coeficiente de Atrito (PVC)	150,00
Js - Perda de Carga Unitária de Sucção (m/m)	0,015289
Leq.s - Comprimento Equivalente de Sucção (m)	22,03
hs - Perda de Carga Total de Sucção	0,34

Fonte: Os Autores (2019).

5.5.4.1.2 Perda de carga no recalque

A perda de carga na tubulação de recalque é calculada de forma análoga a de sucção. O comprimento real da tubulação de recalque é de 10,26 m.

Tabela 23 – Cálculo do comprimento equivalente dos acessórios da tubulação de recalque

Acessórios	Qtd.	leq un.	leq
Joelho 90	3,00	1,20	3,60
Total			3,60

Fonte: Os Autores (2019).

Tabela 24 – Cálculo do comprimento equivalente de recalque

Lreal.r - Comprimento Real de Recalque (m)	10,26
Leq.r - Comprimento Equivalente de Recalque (m)	13,86

Fonte: Os Autores (2019).

Tabela 25 – Cálculo da perda de carga total de recalque

C - Coeficiente de Atrito (PVC)	150
Jr - Perda de Carga Unitária de Recalque (m/m)	0,045324
Leq.r - Comprimento Equivalente de Recalque (m)	13,86
hr - Perda de Carga Total de Recalque	0,63

Fonte: Os Autores (2019).

5.5.4.1.3 Perda de carga total

Feito o cálculo da perda de carga na sucção e no recalque, basta somar ambas para encontrar o valor da perda de carga total (Hperdas):

Tabela 26 – Cálculo da perda de carga total do sistema de elevação

hs - Perda de Carga Total de Sucção (m)	0,34
hr - Perda de Carga Total de Recalque (m)	0,63
Hperdas - Perda de Carga Total (m)	0,97

Fonte: Os Autores (2019).

5.5.4.2 Cálculo da altura geométrica

Tabela 27 – Cálculo da altura geométrica

Hs - Altura Geométrica de Sucção (m)	0,25
Hr - Altura Geométrica de Recalque (m)	7,00
Hg - Altura Geométrica Total (m)	7,25

Fonte: Os Autores (2019).

5.5.4.3 Cálculo da altura manométrica

A altura manométrica (Hman) é calculada somando a altura geométrica (Hg) com a perda de carga total do sistema (Hperdas):

Tabela 28 – Cálculo da altura manométrica

Hg - Altura Geométrica Total (m)	7,25
Hperdas - Perda de Carga Total (m)	0,97
Hman - Altura Manométrica (m)	8,22

Fonte: Os Autores (2019).

5.5.4.4 Cálculo da potência do conjunto motor-bomba

De posse da vazão, altura manométrica, peso específico da água e rendimento do conjunto motor-bomba, é possível calcular a potência necessária da bomba. Essa potência calculada recebe um acréscimo de potência como citado anteriormente.

Tabela 29 – Cálculo da potência do conjunto motor-bomba

γ - Peso Específico da Água (kg/m³)	1000,00
Q - Vazão (m³/s)	0,000911
n - Rendimento do Conjunto Motor-bomba	50%
Hman - Altura Manométrica (m)	8,22
Pc - Potência Calculada (CV)	0,20
Acréscimo de Potência	50%
P - Potência do Conjunto Motor-bomba (CV)	0,30

Fonte: Os Autores (2019).

Dessa forma, a bomba a ser utilizada em projeto deverá possuir potência maior ou igual a 0,30 CV e ter curva característica (vazão x altura manométrica) compatível à realidade do projeto.

5.6 RESERVATÓRIOS

Para que o sistema tenha capacidade de circulação da água, é fundamental o dimensionamento dos reservatórios inferior (cisterna) e superior:

5.6.1 Reservatório inferior (cisterna)

O reservatório inferior terá um volume limitado devido ao arranjo do local. Será

feito em concreto armado com dimensões externas de 7,50 metros de comprimento, 7,00 metros de largura e 3,00 metros de altura, resultando no volume útil de 120 m³ de água.

5.6.2 Reservatório superior

De acordo com o item 5.5.1.3., o consumo diário nos dias em que há lavagem do piso é de 16,41 m³/dia. Dessa forma, para garantir que o sistema esteja abastecido por pelo menos um dia, caso o sistema de elevação pare de funcionar, o reservatório superior necessita ter no mínimo 16.410,00 L de capacidade.

Portanto, foi definido que o reservatório superior tenha capacidade de 20.000 L.

5.7 DIMENSIONAMENTO DA TUBULAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO

Como visto anteriormente, e de acordo com o projeto, Apêndice A, os pontos de consumo do sistema se resumem a oito bacias sanitárias e dois pontos de torneira, resultando no somatório de pesos mostrados a seguir:

Tabela 30 – Dimensionamento da tubulação de distribuição

Trecho	ΣP	Vazão	Diâmetro	Diâmetro	Diâmetr	Velocidade
		Estimada	Mínimo (v = 3 m/s)	Externo	o Interno	
		L/s	mm	mm	mm	m/s
RP	3,20	0,54	15,09	25	21,60	1,46
SR1	0,40	0,19	8,97	20	17,00	0,84
SR2	0,40	0,19	8,97	20	17,00	0,84
SR3	0,30	0,16	8,35	20	17,00	0,72
SR4	0,30	0,16	8,35	20	17,00	0,72
SR5	0,30	0,16	8,35	20	17,00	0,72
SR6	0,30	0,16	8,35	20	17,00	0,72
SR7	0,30	0,16	8,35	20	17,00	0,72
SR8	0,30	0,16	8,35	20	17,00	0,72
SR9	0,30	0,16	8,35	20	17,00	0,72
SR10	0,30	0,16	8,35	20	17,00	0,72

RP = Ramal Principal
SR = Sub-Ramal

Fonte: Os Autores (2019).

O ramal principal (RP) é a tubulação com maior somatório de pesos, equivalente à soma dos pesos dos sub-ramais, uma vez que ele os alimenta.

Os sub-ramais 1 e 2 (SR1 e SR2) são responsáveis por alimentar as duas torneiras para a lavagem do Pátio.

Cada um dos sub-ramais restantes alimentam as bacias sanitárias dos banheiros.

Devido à baixa vazão dos trechos, os diâmetros mínimos resultaram em valores pequenos para uma velocidade de 3,0 m/s. Dessa forma, os diâmetros utilizados no ramal principal e sub-ramais foram de, respectivamente, 25 mm e 20 mm, garantindo velocidade dentro da faixa recomendada pela norma.

5.8 DESVIUFPE

Para o cálculo do volume acumulado, adotou-se tubo com diâmetro de 100 mm e comprimento de 1,00 m. Logo, em cada metro de tubo com diâmetro de 100 mm, serão acumulados 7,85 litros (Tabela 32).

Tabela 31 – Volume acumulado em um tubo de DN 100 mm

D (mm)	100,00
L (m)	1,00
Volume do tubo (L)	7,85

Fonte: Os Autores (2019).

No cálculo do volume de água descartado, considerou-se uma altura de precipitação de 1 mm (1litro.m²).

Tabela 32 – Volume de água descartado

Área de contribuição da cobertura (m²)	915,44
Altura de precipitação (mm)	1,00
Volume descartado (L)	915,44

Fonte: Os Autores (2019).

Quantidade necessária em metros de tubos de PVC:

Tabela 33 – Quantidade necessária em metros de tubos

Volume descartado (L)	915,44
Volume do tubo (L)	7,85
Quantidade em metros de tubos (m)	116,62

Fonte: Os Autores (2019).

Todos os cálculos foram obtidos em planilha eletrônica.

O DESVIUFPE, por se tratar de um dispositivo eficiente, prático e de baixo custo, torna-se muito atraente para o projeto. No entanto, devido à dimensão da cobertura, a quantidade calculada em metros de tubo para descartar o primeiro milímetro de chuva é muito grande para ser instalada no local, tornando-se inviável ao projeto.

Diante do exposto e dos objetivos alcançados, sugere-se para trabalhos futuros avaliar a qualidade da água de chuva captada e realizar um estudo sobre a melhor solução de descarte dos primeiros milímetros de água da chuva.

5.9 VIABILIDADE DA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA

O objeto de estudo, a primeira etapa do Pátio de Feira do Cais de Santa Rita, está em funcionamento há dois anos. Dessa forma, o histórico de consumo pode ser utilizado para analisar a viabilidade da execução do projeto de aproveitamento de água da chuva.

Com base nos dados obtidos através das contas de água, foi apurado que a média de consumo mensal é de 1.011,50 m³. Como visto no item 5.5.1., o consumo mensal é de 374,52 m³/mês. Logo, o volume de água captada da chuva irá suprir 37,03% da demanda de água da primeira etapa do Pátio.

Partindo para o viés econômico, a estrutura tarifária da COMPESA para consumidor público é de R\$ 58,72 para os primeiros 10 m³ e R\$ 8,91 para o restante. Portanto, assumindo essa estrutura tarifária, a economia mensal de água seria de R\$ 3.835,07.

Conseqüentemente, com base nos resultados obtidos através dos dimensionamentos, foi possível estimar um valor de execução do presente projeto na ordem de R\$ 85.134,68 conforme pode ser visto no Apêndice B.

Portanto, com uma economia de R\$ 3.835,07 por mês, o tempo de amortização do investimento inicial seria de menos de dois anos, caracterizando-se como um investimento de médio prazo.

6 CONCLUSÃO

Com base nos resultados apresentados, conclui-se que a implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial, para fins não potáveis, proposto nesta pesquisa, demonstrou ser tecnicamente viável, tendo em vista que é eficaz no uso da água de chuva.

De acordo com o item 5.9, é visto que a economia será de aproximadamente 37%, que equivale a uma redução de R\$ 3.835,07 no custo mensal. Como visto, o custo de implantação do projeto é de R\$ 85.134,68. Portanto, o tempo de amortização do investimento inicial seria de menos de dois anos, caracterizando-se como um investimento de médio prazo.

Diante da escassez de recursos hídricos, tal projeto é de suma importância, devido às várias aplicações possíveis para a água de chuva.

REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13969: Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação.** Rio de Janeiro - RJ. 1997.

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

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.844: Instalação Predial de Águas Pluviais.** Rio de Janeiro, 1989.

AMAZONAS, GOVERNO DO ESTADO. Governo do Amazonas é referência na agenda ambiental da Amazônia. **AMAZONAS.** AM, 13 mar. 2009. Disponível em: <<http://www.amazonas.am.gov.br/2009/03/governo-do-amazonas-referencia-na-agenda-ambiental-da-amaznia/>>. Acesso em: 24/04/2019.

AMAZONAS, GOVERNO DO ESTADO. Prochuva II vai beneficiar 92 comunidades do interior. **AMAZONAS.** AM, 12 mai. 2010. Disponível em: <<http://www.amazonas.am.gov.br/2010/05/prochuva-ii-vai-beneficiar-92-comunidades-do-interior/>>. Acesso em: 24/04/2019.

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

APAC - Agência Pernambucana de Águas e Climas. Disponível em: <www.apac.pe.gov.br>. Acesso em 18 de julho de 2019.

ARAÚJO, Luttemberg Ferreira de. DesviUFPE como barreira sanitária para melhoria da qualidade de água de chuva em zona rural: determinação de deposição seca e melhoria de desempenho. 2017. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco.

ARAÚJO, SMS de. A região semiárida do nordeste do Brasil: questões ambientais e possibilidades de uso sustentável dos recursos. **Rios Eletrônica-Revista Científica da FASETE**, v. 5, n. 5, p. 2-4, 2011.

ASA. Articulação Semiárido Brasileiro. Programa Um Milhão de Cisternas. Disponível em: <<http://www.asabrasil.org.br/acoes/p1mc>>. Acesso em 22/04/2019.

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.

DA SILVA, Selma Thaís Bruno. Comportamento de dispositivos de desvio das primeiras águas de chuva como barreiras sanitárias para proteção de cisternas. **Águas Subterrâneas**, v. 31, n. 2, 2017.

DORNELLES, Fernando. **Aproveitamento de água de chuva no meio urbano e seu efeito na drenagem pluvial**. 2012. 219f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Porto Alegre.

FIGUEIRAS, M. L. Avaliação da influência do descarte das primeiras águas de chuva sobre a qualidade bacteriológica da água captada em telhado. **Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso)-Universidade Federal de Pernambuco, CAA. Engenharia Civil**, 2013.

FRANCISCO, Wagner de Cerqueira e. "**Sub-regiões do Nordeste**"; *Brasil Escola*. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/brasil/as-subregioes-nordeste.htm>. Acesso em 19 de julho de 2019.

GHANAYEM, Mohamed. 1 Environmental Considerations With Respect to Rainwater Harvesting. 2001.

GNADLINGER, J. **Impressões e lições da Oficina Internacional de Captação e Manejo de Água de Chuva**. In: OFICINA INTERNACIONAL DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA, 2004, Landzou. Anais. Landzou: Associação Brasileira de captação e manejo de Água de Chuva, 2004.

GROUP RAINDROPS. Rainwater and you: 100 ways to use rainwater. Group Raindrops, Tóquio, 1995.

BARBOZA JÚNIOR, PAULO CABRAL; DA CHUVA, Á. G. U. A. Universidade do estado do Amazonas-UEA escola normal superior em mestrado profissional em rede nacional em gestão e regulação de recursos hídricos- PROFÁGUA.

MAY, Simone. **Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações**. 2004. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

O GLOBO. Em 10 anos, programa de cisternas fez menos da metade do que prometeu. **O GLOBO**. Brasil. 14 abr. 2013. Disponível em: <<https://oglobo.globo.com/brasil/em-10-anos-programa-de-cisternas-fez-menos-da-metade-do-que-prometeu-8109781>>. Acesso em: 15/04/2019

ONU - ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Crescimento populacional**. Relatório da Organização das Nações Unidas: crescimento populacional, 2019. Disponível em: < <https://nacoesunidas.org/> > Acesso em: 20 julho 2019.

REBOUÇAS, Aldo da C. Água na região Nordeste: desperdício e escassez. **Estudos avançados**, v. 11, n. 29, p. 127-154, 1997.

SOUZA, S. H. B.; MONTENEGRO, S. M. G. L; SANTOS, S. M.; GAVAZZA, S.; NÓBREGA, R. L. B. **Avaliação da Qualidade da Água e da Eficácia de Barreiras Sanitárias em Sistemas para Aproveitamento de Águas de Chuva**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v.16, n.3. 2011.

TIGRE. Catálogo Técnico. Disponível em:
<<https://www.tigre.com.br/themes/tigre2016/downloads/catalogos-tecnicos/ct-agua-fria.pdf>>. Acesso em: 26/06/2019.

TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de água de chuva: para áreas urbanas e fins não potáveis**. São Paulo: Navegar, 2003.

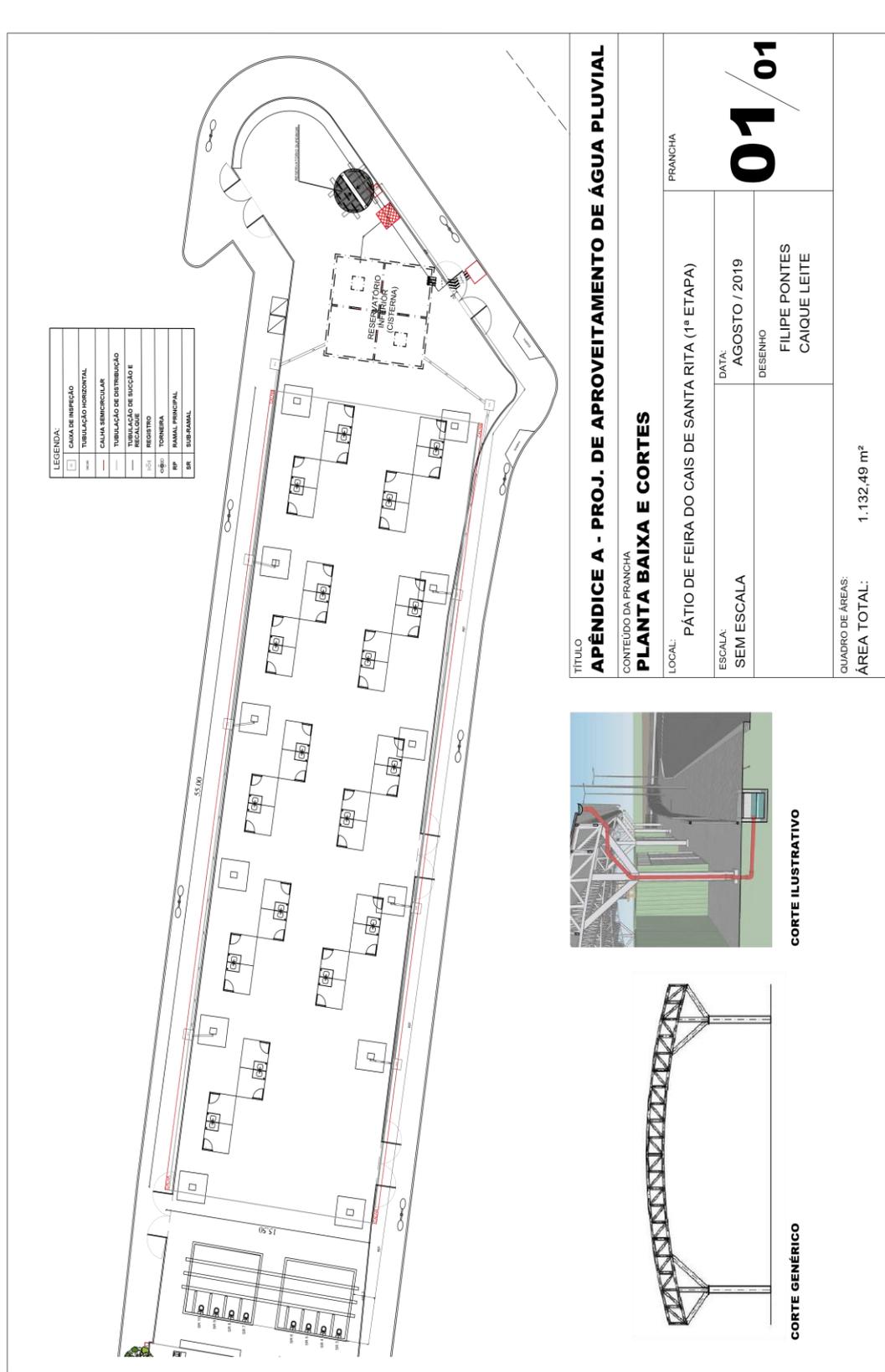
VERDADE, Jorge Henrique de Oliveira et al. Aproveitamento de água das chuvas e reutilização de águas cinzentas. 2008.

TUNDISI, J. G. **Água no século XXI: enfrentando a escassez**. São Carlos, SP: RiMa, 2003. 248p.

UFJF - Universidade Federal De Juiz De Fora - Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Disponível em:

<http://www.ufjf.br/engsanitariaeambiental/files/2011/10/Homero_Cap%C3%ADtulo-4_23102011_PDF1.pdf> Acesso em: 26/06/2019.

APÊNDICE A - Projeto Arquitetônico



LEGENDA:

□	CAIXA DE INJEÇÃO
—	TUBULAÇÃO HORIZONTAL
—	CAIXA SEMICIRCULAR
—	TUBULAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO
—	TUBULAÇÃO DE SUÇÃO E REGISTRO
—	TOURNEIRA
—	RANAL PRINCIPAL
—	SUB-RANAL

TÍTULO
APÊNDICE A - PROJ. DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL

CONTEÚDO DA PRANCHA
PLANTA BAIXA E CORTES

LOCAL: PÁTIO DE FEIRA DO CAIS DE SANTA RITA (1ª ETAPA)

PRANCHA
01 / 01

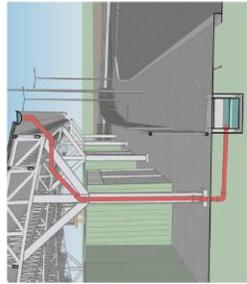
ESCALA: SEM ESCALA

DATA: AGOSTO / 2019

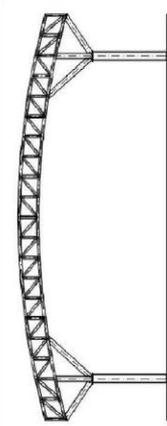
DESENHO: FILIPE PONTES
CAIQUE LEITE

QUADRO DE ÁREAS: 1.132,49 m²

ÁREA TOTAL:



CORTE ILUSTRATIVO



CORTE GENÉRICO

APÊNDICE B - Planilha Orçamentária

APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL NO PÁTIO DE FEIRA DO CAIS DE SANTA RITA							
							
APÊNDICE B - PLANILHA ORÇAMENTÁRIA							
OBJETO		EXECUÇÃO DE PROJETO DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA PLUVIAL			DATA BASE		01/08/2019
LOCAL		PÁTIO DE FEIRA DO CAIS DE SANTA RITA (1ª ETAPA)					
TABELA		EMLURB JUL/18 E SINAPI SEM DESONERAÇÃO JUN/19					
ITEM	FONTE	CÓDIGO FONTE	DISCRIMINAÇÃO	UN	QTD.	PREÇO UNITÁRIO	PREÇO TOTAL
1 SERVIÇOS PRELIMINARES						R\$	1.336,75
1.1	SINAPI	97635	DEMOLIÇÃO DE PAVIMENTO INTERTRAVADO, DE FORMA MANUAL, COM REAPROVEITAMENTO. AF_12/2017	M2	24,00	R\$ 11,79	R\$ 282,96
1.2	EMLURB	17.01.174	REPOSICAO PASSEIO BLOCO CIMENTO INTERTRAVADO TIPO PAVER OU SIM FCK MIN 30 MPA C/ PIGMENTO NATURAL /COLORIDO, DIM.(0,20 X 0,10 X 0,06)M, ASSENTADO S/ COLCHAO DE AREIA COM 6CM DE ESP. REJUNTADO COM AREIA FINA COM USO DE PLACA VIBRATORIA.	M2	24,00	R\$ 34,59	R\$ 830,16
1.3	EMLURB	05.01.010	ESCAVACAO MANUAL EM TERRA ATE 1,50 M DE PROFUNDIDADE, SEM ESCORAMENTO.	M3	7,20	R\$ 31,06	R\$ 223,63
2 SISTEMA DE CAPTAÇÃO						R\$	15.332,24
2.1	COMP. DE CUSTO	** ** ** *	CALHA SEMICIRCULAR DE CHAPA GALVANIZADA, 20 CM DE DIÂMETRO COM SUPORTES E PARAFUSOS	M	110,00	R\$ 58,66	R\$ 6.452,60
2.2	EMLURB	19.03.040	FORNECIMENTO E ASSENTAMENTO DE TUBOS DE PVC RIGIDO SOLDAVEIS, DIAM.100 MM, PARA COLUNAS DE ESGOTO, VENTILACAO OU AGUAS PLUVIAIS.	M	30,00	R\$ 27,41	R\$ 822,30
2.3	EMLURB	19.06.010	CAIXA COLETORA DE INSPECAO OU DE AREIA C/ PAREDES EM ALVENARIA , LAJE DE TAMPA E DE FUNDO EM CONCRETO, REVESTIDA INTERNAMENTE COM ARGAMASSA DE CIMENTO E AREIA 1:4,DIMENSOES INTERNAS 0,50 X 0,50 M, COM PROFUNDIDADE ATE 0,8M.	UN	8,00	R\$ 347,59	R\$ 2.780,72

2.4	EMLURB	19.04.050	FORNECIMENTO E ASSENTAMENTO DE TUBOS DE PVC RIGIDO SOLDAVEIS DIAM. 150MM, PARA COLETORES E SUBCOLETORES DE ESGOTO OU AGUAS PLUVIAIS, INCLUSIVE ABERTURA E FECHAMENTO DE VALAS.	M	109,36	R\$ 48,25	R\$ 5.276,62
3			RESERVATÓRIO INFERIOR (CISTERNA)				R\$ 39.315,38
3.1	SINAPI	96521	ESCAVAÇÃO MECANIZADA PARA BLOCO DE COROAMENTO OU SAPATA, COM PREVISÃO DE FÔRMA, COM RETROESCAVADEIRA. AF_06/2017	M3	196,81	R\$ 36,23	R\$ 7.130,43
3.2	EMLURB	05.02.030	ESPALHAMENTO DE MATERIAL PARA SIMPLES REGULARIZACAO DO TERRENO.	M2	55,44	R\$ 2,12	R\$ 117,53
3.3	SINAPI	95241	LASTRO DE CONCRETO MAGRO, APLICADO EM PISOS OU RADIERS, ESPESSURA DE 5 CM. AF_07/2016	M2	55,44	R\$ 20,09	R\$ 1.113,79
3.4	EMLURB	06.04.160	CONCRETO PRE-MISTURADO EM USINA, FCK 40 MPA FORNECIDO, LANCADO EM ESTRUTURAS E ADENSADO.	M3	64,33	R\$ 480,46	R\$ 30.907,99
3.5	SINAPI	6171	TAMPA DE CONCRETO ARMADO 60X60X5CM PARA CAIXA	UN	2,00	R\$ 22,82	R\$ 45,64
4			INSTALAÇÃO ELEVATÓRIA				R\$ 1.628,58
4.1	SINAPI	89357	TUBO, PVC, SOLDÁVEL, DN 32MM, INSTALADO EM RAMAL OU SUB-RAMAL DE ÁGUA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_12/2014	M	10,26	R\$ 22,07	R\$ 226,44
4.2	SINAPI	89356	TUBO, PVC, SOLDÁVEL, DN 25MM, INSTALADO EM RAMAL OU SUB-RAMAL DE ÁGUA M CR 16,01 - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_12/2014	M	6,83	R\$ 16,01	R\$ 109,35
4.3	SINAPI	83486	BOMBA CENTRIFUGA C/ MOTOR ELETRICO TRIFASICO 1CV	UN	1,00	R\$ 1.292,79	R\$ 1.292,79
5			RESERVATÓRIO SUPERIOR				R\$ 25.597,79
5.1	COTAÇÃO	** ** **	RESERVATÓRIO DE 20.000 LITROS - FORTLEV	UN	1,00	R\$ 9.126,45	R\$ 9.126,45
5.2	COMP. DE CUSTO	** ** **	ESTRUTURA DE MADEIRA PARA SUPORTE DE CAIXA D'ÁGUA ELEVADA	UN	1,00	R\$ 16.471,34	R\$ 16.471,34
6			TUBULAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO				R\$ 1.923,94
6.1	SINAPI	89356	TUBO, PVC, SOLDÁVEL, DN 25MM, INSTALADO EM RAMAL OU SUB-RAMAL DE ÁGUA M CR 16,01 - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_12/2014	M	102,99	R\$ 16,01	R\$ 1.648,87
6.2	SINAPI	89355	TUBO, PVC, SOLDÁVEL, DN 20MM, INSTALADO EM RAMAL OU SUB-RAMAL DE ÁGUA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_12/2014	M	9,08	R\$ 13,58	R\$ 123,31

6.3	EMLURB	19.07.450	FORNECIMENTO DE REGISTRO DE GAVETA BRUTO, REF 1502, DECA OU SIMILAR, DIAMETRO DE 3/4 POL., INCLUSIVE FIXACAO.	UN	2,00	R\$ 46,04	R\$ 92,08
6.4	EMLURB	19.07.320	FORNECIMENTO DE TORNEIRA AMARELA PARA JARDIM, DIAMETRO 3/4 POL., INCLUSIVE FIXACAO.	UN	2,00	R\$ 29,84	R\$ 59,68
VALOR TOTAL R\$							85.134,68
IMPORTA O SEGUINTE ORÇAMENTO EM				OITENTA E CINCO MIL, CENTO E TRINTA E QUATRO REAIS E SESENTA E OITO CENTAVOS			
PLANILHA RESUMO							
1	SERVIÇOS PRELIMINARES						R\$ 1.336,75
2	SISTEMA DE CAPTAÇÃO						R\$ 15.332,24
3	RESERVATÓRIO INFERIOR (CISTERNA)						R\$ 39.315,38
4	INSTALAÇÃO ELEVATÓRIA						R\$ 1.628,58
5	RESERVATÓRIO SUPERIOR						R\$ 25.597,79
6	TUBULAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO						R\$ 1.923,94
TOTAL GERAL							R\$ 85.134,68