

Leonildo Armindo Muchisse

**Elaboração de um Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais em Edifícios – Caso de
Estudo: Hotel no Distrito de Boane**

Licenciatura em Engenharia de Construção Civil – Construção e Manutenção de
Edifícios

Universidade Pedagógica de Maputo

Maputo

2023

Leonildo Armindo Muchisse

**Elaboração de um Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais em Edifícios – Caso de
Estudo: Hotel no Distrito de Boane**

Licenciatura em Engenharia de Construção Civil – Construção e Manutenção de
Edifícios

Monografia Científica apresentada na Faculdade de
Engenharias e Tecnologia (FET), para obtenção do grau
académico de Licenciatura em Engenharia de
Construção Civil.

Supervisor:
Eng. Juscelino Macamo

Universidade Pedagógica de Maputo

Maputo

2023

ÍNDICE

LISTA DE FIGURAS.....	vi
LISTA DE TABELAS.....	vii
DECLARAÇÃO.....	x
DEDICATÓRIA.....	xi
AGRADECIMENTOS.....	xii
Resumo.....	xiv
Abstract.....	xv
CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Enquadramento Temático.....	1
1.3. Justificativa.....	2
1.4. Problematização e problema.....	3
1.5. Hipóteses.....	4
1.6. Objectivos.....	4
1.6.1. Objectivo geral.....	4
1.6.2. Objectivos específicos.....	4
CAPÍTULO II – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	5
2.1. Definição dos termos e conceitos.....	5
2.1.1. Água.....	5
2.1.2. Escassez da água potável.....	5
2.1.3. Desperdícios da água potável.....	5
2.1.4. Conservação de água.....	6
2.2. Revisão da literatura.....	6
2.2.1. Aproveitamento de águas pluviais.....	6
2.2.2. Aproveitamento de água pluvial no mundo.....	6
2.2.3. Aproveitamento de águas pluviais em Moçambique.....	7

2.3.	Qualidade das águas pluviais	8
2.4.	Sistema de aproveitamento de águas pluviais (SAAP)	9
2.4.1.	Componentes de um sistema de aproveitamento de águas pluviais	9
2.5.	Dimensionamento do reservatório de águas pluviais.....	14
2.5.1.	Métodos de dimensionamento de reservatórios de armazenamento.....	14
2.6.	Dimensionamento do sistema de aproveitamento das águas pluviais.....	18
CAPÍTULO III – ENQUADRAMENTO METODOLÓGICO		19
3.1.	Tipo de pesquisa.....	19
3.2.	População e amostra.....	19
3.3.	Técnicas e instrumentos do estudo.....	20
3.4.	Aspectos éticos do estudo	20
3.5.	Localização do edifício	21
3.6.	Descrição da área de estudo	22
3.7.	Clima e chuva.....	23
3.8.	Descrição do edifício.....	23
3.9.	Levantamento de Dados	23
3.9.1.	Demanda de água	23
3.9.2.	Dados Pluviométricos	24
3.9.3.	Determinação da área de colecta.....	24
3.9.4.	Capacidade de colecta do sistema.....	25
3.9.5.	Caudal de projecto das caleiras.....	25
3.9.6.	Dimensionamento dos reservatórios	26
3.10.	Redução do valor da factura da água.....	26
CAPÍTULO IV – ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS		28
4.1.	Considerações Iniciais.....	28
4.2.	Levantamento de dados	28
4.2.1.	Demanda de água	28

4.2.2.	Dados Pluviométricos	29
4.2.3.	Área de captação	30
4.2.4.	Capacidade de colecta do sistema.....	31
4.2.5.	Caudal de projecto das caleiras.....	32
4.2.6.	Dimensionamento das caleiras.....	32
4.2.7.	Dimensionamento de condutores verticais	33
4.2.8.	Dimensionamento de condutores horizontais	34
4.2.9.	Dimensionamento do reservatório de desvio da chuva inicial.....	37
4.2.10.	Dimensionamento dos reservatórios	37
4.3.	Redução do valor da factura da água potável.....	39
CAPÍTULO V – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....		40
5.1.	Conclusões	40
5.2.	Sugestões.....	41
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		42
Apêndice I – Características dos pavimentos do hotel		46
Apêndice II – Projecto hidráulico		47
Anexo I – Dados pluviométricos do Distrito de Boane		49
Anexo II – Projecto arquitectónico do hotel.....		50
Anexo III – Sistema de drenagem de águas residuais, regiões pluviométricas, precipitação.....		54

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Distribuição da água no planeta.....	5
Figura 2: SAAP usado na vila de Chissibuca.....	8
Figura 3: Dispositivo de primeira lavagem	13
Figura 4: Filtro de água pluvial.	13
Figura 6: Mapa da localização do hotel.....	21
Figura 7: Fachada do hotel	21
Figura 8: Situação geográfica e divisão administrativa do Distrito de Boane.....	22
Figura 9: Precipitação média acumulada mensal do Distrito de Boane.	30

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Valores recomendados para o coeficiente de escoamento “C”	10
Tabela 2: Coeficiente de rugosidade	11
Tabela 3: Tabela de dimensionamento de tubos de queda	11
Tabela 4: Diâmetro dos condutores horizontais	12
Tabela 5: Dimensionamento do reservatório pelo Método de Rippl.	15
Tabela 6: Localização Geográfica do Distrito de Boane	22
Tabela 7: Taxa de ocupação de acordo com a natureza do local.	24
Tabela 8: Consumo médio de aparelhos sanitários nos apartamentos.	24
Tabela 9: Valor dos parâmetros a, b para a cidade de Maputo (Fonte: Decreto no 15/2004).....	25
Tabela 10: Dados pluviométricos do Distrito de Boane – Média histórica 2004-2016.	29
Tabela 11: Área de colecta da água de chuva	30
Tabela 12: Capacidade de colecta de diferentes projectos.....	31
Tabela 13: Cálculo do raio hidráulico.....	32
Tabela 14: Volume de descarte, em função da área de captação, de diferentes projectos.	37
Tabela 15: Dimensionamento do reservatório inferior	37
Tabela 16: Características dos pavimentos do hotel	46
Tabela 17: Dados pluviométricos do Distrito de Boane.	49

LISTA DE SÍMBOLOS, ABREVIATURAS E ACRÓNIMOS

° – Graus;

°c – Graus Celcius;

% – Percentagem;

A – Área;

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas;

a.C. – Antes de Cristo;

ANQIP – Associação Nacional para a Qualidade nas Instalações Prediais;

Br – Bacia de retrete;

C – Coeficiente de escoamento superficial;

Eng. – Engenheiro;

ES – Espírito Santo;

ETA – Especificação Técnica ANQIP;

FAO – Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura;

FIESP – Federação das Indústrias do Estado de São Paulo;

hab. – Habitante;

INAM – Instituto Nacional de Meteorologia;

INE – Instituto Nacional de Estatística;

Km² – Quilómetro quadrado;

L – Litro;

m² – Metro Quadrado;

m³ – Metro cúbico;

m³/ano – Metro cúbico por ano;

mm – Milímetro;

mm/h – Milímetro por hora;

MI – Máquina de lavar;

MMA – Ministério do Meio Ambiente;

NBR – Normas Brasileiras;

n.º – Número;

ONU – Organização das Nações Unidas;

PMA – Pluviosidade média anual;

PVC – Policloreto de Vinila;

pH – Potencial hidrogeniônico;

SAAP – Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais;

SABESP – Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo;

SC – Santa Catarina;

UNESP – Universidade Estadual Paulista;

UPM – Universidade Pedagógica de Maputo;

DECLARAÇÃO

Declaro que esta Monografia é resultado da minha investigação pessoal e das orientações do meu supervisor, o seu conteúdo é original e todas as fontes consultadas estão devidamente mencionadas no texto, nas notas e na bibliografia final.

Declaro ainda que este trabalho não foi apresentado em nenhuma outra instituição para obtenção de qualquer grau académico.

Maputo, _____ de _____ de _____

(Leonildo Armindo Muchisse)

DEDICATÓRIA

Aos meus Pais Armindo Gustavo Muchisse e Anabela Custódio Mussalafa, meus irmãos, Cremildo Armindo Muchisse, Erck Armindo Muchisse e os meus avós Custódio Mussalafa, Virgínia Mussalafa. A estes dedico este trabalho com todo carinho, respeito e consideração.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, por tudo quanto fez e tem feito por mim, muito obrigado pai, até aqui o senhor me guiou, reconheço que cá cheguei porque o senhor permitiu.

Ao meu pai Armindo Gustavo Muchisse, pelo incentivo, carinho, apoio, educação e por sempre acreditar nas minhas capacidades. Obrigado por tudo pai.

Á minha mãe Anabela Custódio Mussalafo, apesar de não estar presente entre nós fisicamente, ela me espirou a seguir com os estudos e a me tornar a pessoa que sou hoje, a ela devo toda minha admiração, respeito e carinho.

Aos meus avós Custódio e Virgínia Mussalafo, pela motivação, carinho e conselhos que me tem dado.

Aos meus irmãos, Cremildo e Erck, pelo apoio, suporte, incentivo, motivação, companheirismo, amizade e por sempre acreditar nas minhas capacidades.

Á minha tia Adosinda Gustavo Muchisse, por me apoiar e acreditar nas minhas capacidades.

Á Salmina Fanuel Give, mulher humilde e de bom coração, agradeço por sempre acreditar em mim e por me incentivar a estudar.

Ao meu Supervisor, Eng. Juscelino Macamo, pelo apoio, assistência e incentivo para a realização deste trabalho.

Em especial a Zuraida Adolfo Matiquite pelo amor, apoio, motivação, carinho, compreensão e companheirismo. O apoio dela foi essencial para a realização e conclusão deste trabalho, por isso digo, muito obrigado pelo seu apoio em todos momentos.

Ao irmão que a vida académica me deu Riquiano Nhamuenda, com quem tenho compartilhado diversos momentos desde os tempos do ensino médio.

Aos amigos que a Engenharia me deu, Primo Constantino da Silva e Primo Zainadino Matsinhe pelo companheirismo na vida académica, pela amizade dentro e fora da UPM e pelas conversas e conselhos na mesa redonda.

Aos irmãos Canda pela amizade, companheirismo, suporte, conversas, momentos de descontração e aprendizagem ao longo destes anos.

Á todos colegas da turma de Engenharia Civil de 2016 Laboral da UPM.

Á todos docentes da UPM, em especial aos do Curso de Engenharia Civil, pelos ensinamentos e conselhos deixados por estes.

Aos colegas da CCH Construções & Engenharia, Lda., em especial ao Augusto pelo apoio para realização deste trabalho.

A todos que contribuíram directa ou indirectamente para a realização deste trabalho.

Resumo

O presente trabalho intitula-se “*Elaboração de um sistema de aproveitamento de águas pluviais em edifícios, caso de estudo: Hotel no Distrito de Boane*”. Este trabalho tem por objectivo elaborar um sistema de aproveitamento de águas pluviais com a finalidade de analisar a economia da água potável gerada e a redução do valor da factura da água em um hotel localizado no bairro Belo Horizonte no Distrito de Boane. Para alcançar os objectivos traçados anteriormente foi realizado pesquisas do tipo bibliográfica, documental e de campo. O estudo de campo consistiu em fazer o levantamento de dados sobre a área de captação do edifício, índices pluviométricos do Distrito e a demanda requerida para a água armazenada. A escassez da água potável é um dos grandes problemas da actualidade. O desperdício e o crescimento demográfico são os factores que mais contribuem para intensificar a escassez deste recurso no planeta. Diante deste panorama, reforçou-se a busca por fontes alternativas de água em todo mundo, dentre estas fontes, destaca-se o *aproveitamento das águas pluviais*, este método, para além de minimizar a escassez hídrica, gera economia de água potável e ajuda a reduzir as enchentes. As águas pluviais representam uma fonte alternativa de água com qualidade razoável para vários usos, principalmente os usos considerados menos nobres, como descarga em bacias sanitárias, lavagem de veículos, rega de jardins, entre outros. Esta técnica é simples e económica de fazer, colaborando com o desenvolvimento ecológico do planeta e ainda oferece economia para o usuário. Tomando como referencial a área de captação do edifício e a pluviosidade média anual do Distrito de Boane num período de 12 anos (2004-2016), os resultados mostraram que é possível captar anualmente cerca de 443,832 m³ de água da chuva do telhado. A previsão de consumo de água não potável foi de 349.920 m³/ano e a dimensão do reservatório de água pluvial foi de 100 m³. O reservatório tem capacidade para suprir a demanda durante um ano. Conclui-se que a área de colecta e a demanda são os factores que mais influenciam no dimensionamento, viabilidade técnica e económica do sistema estudado. Com base nesses resultados, a pesquisa compreende como viável a implantação desse sistema no edifício.

Palavras-chave: Água pluvial; escassez da água; Fonte alternativa; Sistema de aproveitamento de águas pluviais; Viabilidade.

Abstract

The present work is entitled “*Elaboration of a system for the use of rainwater in buildings, case study: Hotel in the District of Boane*”. This work aims to develop a rainwater harvesting system with the purpose of analyzing the savings of drinking water generated and the reduction of the value of the water bill in a hotel located in the Belo Horizonte neighborhood in the District of Boane. To achieve the objectives outlined above, bibliographic, documentary and field research was carried out. The field study consisted of collecting data on the building's catchment area, rainfall in the District and the required demand for stored water. The scarcity of drinking water is one of the great problems of the present time. Waste and demographic growth are the factors that most contribute to intensifying the scarcity of this resource on the planet. In view of this scenario, the search for alternative sources of water around the world was reinforced, among these sources, the use of rainwater stands out, this method, in addition to minimizing water scarcity, generates savings in drinking water and helps to reduce floods. Rainwater represents an alternative source of water with reasonable quality for various uses, especially uses considered less noble, such as flushing toilets, washing vehicles, watering gardens, among others. This technique is simple and economical to do, collaborating with the ecological development of the planet and still offers savings to the user. Taking as a reference the building's catchment area and the average annual rainfall of the District of Boane in a period of 12 years (2004-2016), the results showed that it is possible to capture about 443,832 m³ of rainwater from the roof annually. The estimated consumption of non-potable water was 349,920 m³/year and the size of the rainwater reservoir was 100 m³. The reservoir has the capacity to supply the demand for one year. It is concluded that the collection area and demand are the factors that most influence the design, technical and economic feasibility of the system studied. Based on these results, the research understands how feasible the implementation of this system in the building.

Keywords: Rainwater; water scarcity; Alternative source; Rainwater harvesting system; Viability.

CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO

1.1. Enquadramento Temático

A escassez da água potável é um dos grandes problemas da actualidade. O desperdício e o crescimento populacional são os factores que mais contribuem para intensificar a escassez deste recurso no planeta. Diante deste panorama, reforçou-se a busca por fontes alternativas de água em todo mundo, dentre estas fontes, destaca-se o *aproveitamento das águas pluviais*, este método, para além de minimizar a escassez hídrica, gera economia de água potável e ajuda a reduzir as enchentes.

As águas pluviais representam uma fonte alternativa de água com qualidade razoável para vários usos, principalmente os usos considerados não potáveis, como descarga em bacias sanitárias, lavagem de veículos, rega de jardins, entre outros (Hagemann, 2009). Importa salientar que o facto de esta água apresentar uma qualidade razoável, o seu tratamento é simples e económico. Por esse motivo, trata-se de uma fonte alternativa muito promissora.

Este trabalho tem como objectivo principal elaborar um sistema de aproveitamento de águas pluviais com a finalidade de analisar a economia da água potável gerada e a redução do valor da factura da água em um hotel localizado no bairro Belo Horizonte no Distrito de Boane. A água da chuva captada será usada para descargas nas bacias de retrete das suítes. Para alcançar os objectivos traçados foi necessário fazer levantamentos de dados sobre a área de captação do edifício e a intensidade pluviométrica do Distrito de Boane, esses dados são cruciais para determinar a capacidade de colecta do sistema.

Os sistemas de aproveitamento de águas pluviais consistem em captar as águas da chuva em superfícies impermeáveis (geralmente em telhados e lajes) e em seguida armazenar em reservatórios para o posterior uso. Estes sistemas apresentam vários benefícios, dos quais importa citar os seguintes: redução do consumo da água potável o que consequentemente gera redução do valor da factura da água potável e a redução das enchentes em casos de chuvas intensas (May, 2004).

Estudos realizados por autores como, Hagemann (2009), Marinoski (2007) e Sacadura (2011) demonstraram que a viabilidade económica e técnica de um sistema de aproveitamento de águas pluviais deve ser a primeira questão a ser analisada, afinal, estas definem se o sistema será implementado ou não. Para isso, recomenda-se analisar a relação existente entre a capacidade de colecta do sistema e a demanda. A demanda e capacidade de colecta devem

estar adequadas para construir um sistema que não seja mal aproveitado (reservatórios grandes para pequena demanda), e que, ao mesmo tempo, possibilite uma boa economia de água e conseqüentemente um menor tempo de retorno financeiro do investimento.

Este trabalho encontra-se dividido em 5 capítulos que são constituídos da seguinte maneira: Capítulo 1 (o presente capítulo), “Introdução” é apresentado o tema em estudo, a sua relevância, a justificativa do seu estudo e os objectivos a alcançar no desenvolvimento deste, no capítulo 2: “Fundamentação Teórica” faz a revisão teórica em torno da literatura consultada, sobre o aproveitamento das águas pluviais desde o seu funcionamento, viabilidade de implantação e qualidade da água recolhida no capítulo 3, “Enquadramento Metodológico” neste capítulo é descrita e desenvolvida a metodologia científica escolhida para o alcance dos objectivos pré-estabelecidos no primeiro capítulo, no capítulo 4, “Análise e Interpretação dos resultados” são apresentados os resultados obtidos nas pesquisas realizadas e é feita a interpretação dos mesmos, e no capítulo 5, “Conclusões e Recomendações” por sinal o último capítulo do trabalho refere-se à exposição das conclusões tiradas do desenvolvimento do tema e faz menção as recomendações do estudo.

1.2. Delimitação do tema

O trabalho tem como ponto central o hotel localizado no Distrito de Boane, concretamente no bairro Belo Horizonte. Com a necessidade de reduzir o consumo da água potável no edifício e conseqüentemente reduzir o valor da factura deste recurso para o consumidor surge o tema *“Elaboração de um sistema de aproveitamento de águas pluviais em edifícios, caso de estudo: Hotel no Distrito de Boane”* com objectivo de elaborar um sistema de aproveitamento de águas pluviais no hotel para o uso da água em descargas nas bacias de retrete e máquinas de lavagem de roupa.

1.3. Justificativa

Tendo em vista a problemática da escassez da água potável causada pelo desperdício deste recurso nos edifícios, foi escolhido para este trabalho o tema *“Elaboração de um sistema de aproveitamento de águas pluviais em edifícios, caso de estudo: Hotel no Distrito de Boane”*. A escolha do tema derivou da necessidade de reduzir o desperdício da água potável nos edifícios, com vista a economizar a água potável e reduzir o valor da factura da mesma.

Os hotéis são grandes consumidores de água, por isso a escolha de se elaborar um sistema de aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis neste estabelecimento, visando uma economia financeira para o edifício e uma contribuição imensa para o meio ambiente. A implantação desse sistema, principalmente pelos grandes consumidores de água, é uma forma concreta e plausível para ajudar no combate à escassez desse recurso.

A água da chuva constitui uma fonte alternativa de água com qualidade razoável para diversos usos, principalmente os usos considerados não potáveis, como por exemplo, descarga nas bacias sanitárias, rega de jardins, lavagem de roupa, lavagem de veículos, limpeza entre outros (Hagemann, 2009). Para além de ser uma técnica simples e económica de se executar, o aproveitamento de águas pluviais gera economia para o usuário. Em vista destas justificativas, considerou-se que o assunto proposto possui carácter relevante, bem como, atende às necessidades reais da sociedade. Com esta pesquisa, espera-se incentivar a sociedade a aderir esses sistemas, com vista a reduzir o desperdício da água potável e minimizar a escassez da água.

Importa salientar que o facto de esta água apresentar uma qualidade razoável, o seu tratamento é simples e económico. Por esse motivo, trata-se de uma fonte alternativa muito promissora.

1.4. Problematização e problema

A escassez da água potável torna as condições de vida das pessoas bem difíceis. Em geral, a escassez da água potável é impulsionada pelos desperdícios da água nas edificações. A falta de conhecimento, orientação e informação das pessoas é o motivo de se desperdiçar muita água nas residências.

Em hotéis, o consumo de água para fins não potáveis é elevado, o mesmo varia de acordo com o tamanho e os atractivos oferecidos. Diante deste panorama percebe-se que há um grande desperdício de recursos tanto naturais como monetários em tratar água para depois usar para dar descargas e outros fins sem exigência de potabilidade.

Os hotéis de Moçambique não dispõem de sistema de aproveitamento de águas pluviais. Por definição, hotéis são maiores consumidores da água potável, por consequência geram facturas de água elevadas. O uso da água potável para fins não potáveis como a descarga em sanitas, rega de jardins e lavagem de veículos, contribui para intensificar a escassez da água potável.

A necessidade de economizar e reduzir o desperdício da água potável nos edifícios, faz levantar a seguinte questão: *Será que a implantação de um sistema de aproveitamento das águas pluviais no hotel localizado no Distrito de Boane contribuirá para a economia da água potável e redução do valor da factura da mesma?*

1.5. Hipóteses

Partindo da problematização efectuada, são propostas as seguintes hipóteses:

Hipótese 1 – A implantação de um sistema de aproveitamento de águas pluviais no hotel localizado no Distrito de Boane contribuirá para a economia da água potável e reduzirá o valor da factura da água.

Hipótese 2 – A implantação de um sistema de aproveitamento de águas pluviais no hotel localizado no Distrito de Boane não contribuirá para a economia da água potável e não reduzirá o valor da factura da água.

Hipótese 3 – Não há relação entre a economia da água e o valor da factura da água.

1.6. Objectivos

A realização do presente trabalho tem como meta alcançar os objectivos alistados abaixo.

1.6.1. Objectivo geral

Elaborar um sistema de aproveitamento de águas pluviais com a finalidade de analisar a economia da água potável gerada e a redução do valor da factura da água em um hotel localizado no Distrito de Boane.

1.6.2. Objectivos específicos

Com a elaboração desse trabalho, almeja-se atingir os seguintes objectivos específicos:

- Dimensionar um sistema de aproveitamento de água pluvial nesse hotel;
- Estimar o volume da água potável que pode ser economizada;
- Avaliar a viabilidade de implantação do sistema de aproveitamento de águas pluviais.

CAPÍTULO II – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. Definição dos termos e conceitos

2.1.1. Água

A água é um recurso natural insubstituível e essencial à vida humana, porém com disponibilidade limitada e, gradativamente, mais escassa. De acordo com o Ministério do Meio Ambiente do Brasil (2006) citado por Braga (2017), a água cobre cerca de 70% do nosso planeta totalizando um volume de 1,386 milhões de quilômetros cúbicos. Já a quantidade de água doce disponível para utilização é limitada devido às condições naturais do planeta. Apenas 2,5% de toda água existente na Terra é doce, o restante 97,5% é salgada. A distribuição da água no planeta é demonstrada na figura 1.

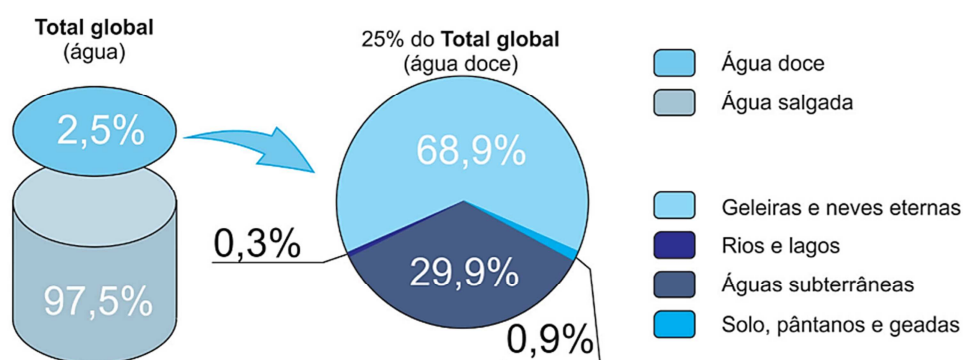


Figura 1: Distribuição da água no planeta (Fonte: Bucek et al., 2017, pg.1).

2.1.2. Escassez da água potável

A escassez da água é a indisponibilidade da água doce para suprir as necessidades típicas de consumo. De acordo com Anecchini (2005), a escassez da água é resultado do desenvolvimento desordenado das cidades, da poluição dos recursos hídricos, do crescimento populacional e industrial, que geram um aumento na demanda pela água, provocando esgotamento desse recurso. Outro factor a considerar é a distribuição irregular da água no planeta.

2.1.3. Desperdícios da água potável

John (2005) citado por Gonçalves e Patrucco (2008) define desperdício de água como sendo toda a água que está disponível em um sistema hidráulico e é perdida ou usada de forma excessiva.

De acordo Marinoski (2007):

O desconhecimento, a falta de orientação e sensibilização das pessoas quanto à quantidade de água perdida pelo mau uso dos aparelhos e equipamentos hidráulicos, bem como vazamentos nas instalações, são alguns dos factores responsáveis pelo desperdício de água, principalmente quanto ao desperdício em suas próprias residências. (Marinoski, 2007, p.8).

2.1.4. Conservação de água

Segundo Tomaz (2001) citado por May (2004), a conservação de água é um conjunto de actividades com o objectivo de:

- Reduzir a demanda de água;
- Melhor o uso da água e reduzir as perdas e desperdícios da mesma; e
- Implantar práticas para economizar água.

Santos (2002) citado por May (2009) define a conservação da água como um conjunto de acções que propiciam a economia da água em mananciais, no sistema público de abastecimento de água ou ainda em habitações.

2.2. Revisão da literatura

2.2.1. Aproveitamento de águas pluviais

O aproveitamento das águas pluviais consiste na recolha, condução e armazenamento de água da chuva para posterior uso. De acordo com Carvalho (2010), o aproveitamento de águas pluviais surge como uma medida para resolver dois graves problemas, nomeadamente: a escassez da água e a drenagem urbana.

2.2.2. Aproveitamento de água pluvial no mundo

O uso das águas pluviais não é uma inovação dos dias actuais. Os registos históricos indicam que a água da chuva já é utilizada pela humanidade há milhares de anos. Existem inúmeras cisternas escavadas em rochas, utilizadas para aproveitamento de água pluvial, que são anteriores a 3.000 a.C. (Tomaz, 2003 citado por Marinoski 2007).

No Japão, a colecta da água da chuva ocorre de forma bastante intensa e difundida, nesse país a água da chuva colectada, geralmente, é armazenada em reservatórios que podem ser individuais ou comunitários, esses reservatórios são equipados com bombas manuais e

torneiras para que a água fique disponível para qualquer pessoa (Fendrich e Oliynik, 2002 citado por Anecchini, 2005).

Países como Estados Unidos, Austrália e Singapura também estão desenvolvendo pesquisas referentes ao aproveitamento de água pluvial. Em 1992, iniciou-se sistema de uso de água de chuva no Aeroporto de Chagi, em Singapura. A chuva captada nas pistas de decolagem e aterrissagem é colectada e utilizada para descarga dos banheiros (Group Raindrops, 2002 citado por Marinoski, 2007).

Gardner, Coombes e Marks (2004) citado por Anecchini (2005), relatam que os sistemas de aproveitamento de água de chuva na Austrália proporcionam uma economia de 45% do consumo de água nas residências e 60% na agricultura.

No Reino Unido, o uso da água da chuva é incentivado, visto que 30% do consumo de água potável das residências é gasto na descarga sanitária (Fewkes, 1999 citado por Anecchini, 2005).

A captação da água da chuva tem sido estimulada por organismos não-governamentais em alguns países no Sul da África, em virtude das sucessivas secas com as quais a região sofre. O aproveitamento da chuva para fins não potáveis é praticado no Botswana desde os anos 60, usando reservatórios de armazenamento apoiados no chão ou enterrados. Em parte do deserto Karro, na África do Sul, onde as fontes de água subterrâneas estão a grades profundidades e muitas vezes são de má qualidade, o aproveitamento das águas pluviais torna-se a solução mais adequada como fonte complementar de suprimento de água (Dyer, 1999 citado por Hagemann, 2009).

2.2.3. Aproveitamento de águas pluviais em Moçambique

Em Moçambique, existem poucas experiências relacionadas ao aproveitamento de águas pluviais. Actualmente esta técnica tem sido usada em regiões com difícil acesso a água da rede pública. Nessas regiões, a captação da água pluvial é feita usando sistemas precários. A prática mais comum é a construção de tanques de argila, que colectam as águas escoadas, onde se dispõe de mais recursos os tanques são construídos em alvenaria.

Na Vila de Chissibuca, na Província de Inhambane, a água da chuva é captada nas coberturas das residências compostas de chapas de zinco, em seguida é conduzida para os reservatórios semienterrados construídos de alvenaria, através de condutores inclinados feitos de chapas de

zinco. A água da chuva colectada é utilizada tanto para os fins potáveis, como também, para os fins não potáveis.



Figura 2: SAAP usado na vila de Chissibuca (Fonte: Autor, 2023).

2.2.3.1. Legislação sobre aproveitamento de águas pluviais em Moçambique

De acordo com o Despacho 1 do Diploma Ministerial n.º. 244/2005, de 07 de Dezembro:

- O aproveitamento de águas pluviais em todos edifícios públicos, existentes ou por construir em Moçambique é obrigatório.
- Os projectos de construções novas de edifícios públicos só serão aprovados se tiverem a previsão do sistema de captação de água da chuva.

2.3. Qualidade das águas pluviais

Segundo Hagemann (2009), a água da chuva pode constituir uma fonte alternativa de água com qualidade razoável para diversos usos, principalmente os fins considerados não potáveis, como as descargas em bacias sanitárias, rega de jardins, lavagem de veículos entre outros.

De acordo com Marinovski (2007), a qualidade da água da chuva depende muito do lugar que é colectada.

Para Philippi *et al.* (2006) citados por Hagemann (2009), a qualidade da água da chuva é influenciada por diversos factores e dentre estes se destacam: a localização geográfica da área de captação (proximidade do oceano, áreas urbanas ou rurais), a presença de vegetação, a

presença de carga poluidora e a composição dos materiais que formam o sistema de captação e armazenamento (telhados, calhas e reservatório).

Por sua vez, Sacadura (2011, p. 15) afirma que “a qualidade da água recolhida depende dos materiais utilizados na construção do telhado e dos resíduos que nele se depositam”.

2.4. Sistema de aproveitamento de águas pluviais (SAAP)

Em geral, os sistemas de aproveitamento das águas pluviais consistem em colectar as águas da chuva em superfícies impermeáveis (geralmente telhados e lajes) e em seguida armazenar em reservatórios para posterior uso. Esses sistemas apresentam os seguintes benefícios:

- a) Redução do consumo da água potável, tendo como consequência a redução do valor da factura da água e a preservação dos recursos hídricos do planeta; e
- b) Redução das enchentes em caso de chuvas intensas.

Autores como Marinoski (2007) e Cunha (2010) afirmam que a viabilidade de implantação de sistema de aproveitamento de água pluvial depende essencialmente dos seguintes factores: precipitação, área de captação e demanda de água. Além disso, para projectar tal sistema devem-se levar em conta as condições ambientais locais, clima, factores económicos, finalidade e usos da água, buscando não uniformizar as soluções técnicas.

Estudos realizados por autores como, Hagemann (2009), Marinoski (2007) e Sacadura (2011) demonstraram que a viabilidade económica e técnica de um sistema de aproveitamento de águas pluviais deve ser a primeira questão a ser analisada, afinal, estas definem se o sistema será implementado ou não.

2.4.1. Componentes de um sistema de aproveitamento de águas pluviais

Os sistemas de aproveitamento das águas pluviais são constituídos pelos seguintes componentes:

2.4.1.1. Área de captação

Geralmente, as áreas de captação das águas pluviais são os telhados e lajes dos edifícios, no entanto, podem ser usadas outras áreas impermeáveis como os passeios, pavimento dos estacionamentos e outros.

De acordo com Hagemann (2009):

É mais comum a captação da água dos telhados, por apresentar melhor qualidade, visto que áreas sobre a superfície do solo geralmente sofrem a influência directa do tráfego de pessoas e veículos. A captação em telhados também possibilita que na maioria dos casos a água atinja o reservatório de armazenamento por gravidade, o que facilita o projecto (Hagemann, 2009).

Para Donicht (2014), a dimensão e a textura do telhado influenciam directamente na quantidade e na qualidade de água que será colectada. Portanto, um telhado mais liso e impermeável, como as telhas metálicas, favorece este processo, pois como sua superfície não é rugosa há um melhor deslizamento da água. Já as telhas de fibrocimento, betão e cerâmica apresentam maiores perdas, não sendo tão eficientes.

Coefficiente de escoamento superficial (C)

Representa a relação entre o volume total captado num determinado período de tempo e o volume total precipitado nesse período. Nem todo volume de água de chuva precipitado é aproveitado, devido às perdas por absorção, evaporação e perdas nas tubagens. Na tabela 1 encontram-se os valores de “C”.

Tabela 1: Valores recomendados para o coeficiente de escoamento “C” (Fonte: Adaptado de ANQIP-ETA, 2015).

Tipo de cobertura	Valor de C a considerar quando o dimensionamento da cisterna seja feito com base nas pluviosidades médias mensais
Coberturas inclinadas impermeáveis e lisas (telha cerâmica, chapa metálica, e mais)	0.90
Coberturas inclinadas impermeáveis e rugosas (telas de betão, e mais.)	0.80
Coberturas planas sem inertes de protecção	0.80
Coberturas planas com inertes de protecção (areão, godo. e outros.)	0.80

2.4.1.2. Condutores (caleiras, tubos de queda, condutores horizontais)

As caleiras, os condutores verticais (tubos de queda) e os condutores horizontais são responsáveis por transportar a água recolhida no telhado até o dispositivo de primeira

lavagem, quando este existir, ou directo ao reservatório de armazenamento (Hagemann, 2009, p. 30).

Dimensionamento das caleiras

As caleiras são dimensionadas de acordo com a fórmula de Manning Strickler conforme a equação 1.

$$Q = 6000 \times \left(\frac{S}{n}\right) \cdot Rh^{2/3} \cdot i^{1/2} \quad (1)$$

Onde:

Q – Caudal da caleira (L/min);

60000 – Constante para transformação de m³/s para L/min;

S – Área da secção molhada (m²);

Rh – Raio hidráulico (m);

n – Coeficiente de rugosidade (tabela 2);

i – Declividade da caleira (m/m).

Tabela 2: Coeficiente de rugosidade (Fonte: Adaptado de NBR 10844/1989 citado por Pinto, 2016).

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

Dimensionamento de condutores verticais

Os condutores verticais são dimensionados de acordo com a tabela 3. Neste método o dimensionamento é tabelado em função dos caudais de projecto das caleiras.

Tabela 3: Tabela de dimensionamento de tubos de queda (Fonte: Adaptado de Ferreira, 2013).

DN (mm)	Diâmetro interior (mm)	Caudais (L/min)				
		Taxa de ocupação				
		1/3	1/4	1/5	1/6	1/7
50	45,6	81	50	34	25	20
75	70,6	259	160	111	82	63

90	85,6	433	268	185	136	106
110	105,1	749	464	320	236	182
125	119,5	1055	653	450	332	257

Dimensionamento dos condutores horizontais

Os condutores horizontais devem ser projectados, sempre que possível, com declividade uniforme, com valor mínimo de 1%. Na tabela 4 estão indicados os caudais e inclinações usuais para tubos de vários materiais.

Tabela 4: Diâmetro dos condutores horizontais (Fonte: Ferreira, 2013).

DN (mm)	Diâmetro interior (mm)	Caudais (L/min)			
		Inclinação			
		1%	2%	3%	4%
110	105,1	276	390	478	552
125	119,5	389	550	673	777
140	133,9	527	745	912	1053
160	153	751	1063	1301	1503

2.4.1.3. Dispositivo de primeira lavagem (*first-flush*)

De acordo com Sacadura (2011, p. 19) “após um período de seca, a primeira água da chuva que cai no telhado deve ser desviada. Esta tem como objectivo a limpeza da superfície, removendo todo o tipo de substâncias e detritos que poderiam contaminar a água recolhida”. O volume a ser desviado corresponde aos primeiros 5 a 10 minutos de precipitação.

Brown et al. (2005) citado por Marinoski (2007) relatam que o volume do primeiro fluxo de água de chuva a ser desviado varia conforme a quantidade de poeira acumulada na superfície do telhado, da quantidade e tipo de resíduos, e da estação do ano.

Na ausência de dados e de estudos das condições locais, a (ANQIP-ETA 0701, 2015) recomenda que seja feito o desvio de um volume mínimo de 2 mm de precipitação. O volume do desvio de primeira chuva é calculado conforme a equação 2.

$$V_d = P \times A \quad (2)$$

Onde:

V_d – Volume a desviar do sistema (L)

P – Altura da precipitação a desviar (mm)

A – área de captação (m^2)

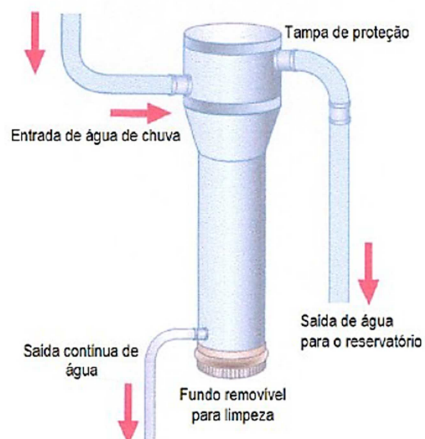


Figura 3: Dispositivo de primeira lavagem (Fonte: May, 2004).

2.4.1.4. Dispositivos de filtragem

Um dos maiores problemas nos sistemas de aproveitamento das águas pluviais é o acúmulo de materiais grosseiros nos telhados como folhas, galhos, além de pequenos animais mortos. Como resposta a esses problemas são usados dispositivos de filtragem, esses dispositivos têm como objectivo reter os detritos ou substâncias que por ventura venham com a água pluvial.

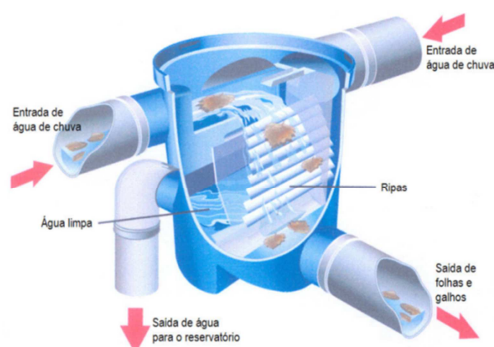


Figura 4: Filtro de água pluvial (Fonte: 3PTéchnik, citado por May, 2004).

2.4.1.5. Reservatórios

Os reservatórios de armazenamento têm a função de reter e acumular a água de chuva colectada. Esses podem estar apoiados, enterrados ou elevados no solo e sempre que possível

devem estar localizados o mais próximo dos pontos de consumo. O reservatório é o elemento de maior custo no SAAP, por esse motivo, o seu dimensionamento deve ser feito de forma criteriosa para não tornar a implementação do sistema inviável.

2.4.1.6. Extravasor

Este dispositivo serve para eventuais problemas referentes a transbordos da água acumulada no reservatório. O extravasor deve possuir um dispositivo que evita a entrada de pequenos animais.

2.5. Dimensionamento do reservatório de águas pluviais

2.5.1. Métodos de dimensionamento de reservatórios de armazenamento

De acordo com Anecchini (2005), existem vários métodos que podem ser usados para o dimensionamento de reservatórios de armazenamento, a maioria deles segue a mesma ideia: usam séries históricas de chuva, a demanda a ser atendida, a área de captação, o coeficiente de escoamento superficial e a eficiência requerida para o sistema como dados de entrada, e tem como resultado os volumes de armazenamento. Os métodos comumente usados no dimensionamento de reservatórios são:

2.5.1.1. Método de Rippl

O método de Rippl é também conhecido como método do diagrama de massas. Este método é conhecido por fornecer volumes elevados que garantem água tanto em períodos chuvosos como em períodos secos. Neste método o volume do reservatório pode ser determinado analiticamente ou através de gráficos e tabelas (Couto, 2012 citado por Damasceno e Pinheiro, 2015).

$$S_{(t)} = D_{(t)} - Q_{(t)} \quad (3)$$

$$Q_{(t)} = C \times P_{(t)} \times A \quad (4)$$

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

$$\text{Sendo que: } \sum D_{(t)} < \sum Q_{(t)}$$

Onde:

$S_{(t)}$ – Volume de água no reservatório no tempo (t);

$D_{(t)}$ – Demanda ou consumo no tempo (t);

$Q_{(t)}$ – Volume de chuva aproveitável no tempo (t);

V – Volume do reservatório;

C – Coeficiente de escoamento superficial.

Tabela 5: Dimensionamento do reservatório pelo Método de Rippl (Fonte: Tomaz, 2012 citado por Donicht, 2014).

Meses	Chuva média mensal (mm)	Demanda constante mensal (m ³)	Área de captação (m ²)	Volume mensal de chuva (m ³)	Diferença entre demanda e volume de chuva (m ³)	Diferença acumulada dos valores positivos da coluna 6
Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3	Coluna 4	Coluna 5	Coluna 6	Coluna 7
Total			-		-	-
Média			-		-	-

Para o preenchimento da tabela 5, deve-se seguir os seguintes passos:

Coluna 1 – É o período de tempo, em meses, que vai de Janeiro a Dezembro.

Coluna 2 – Nesta coluna é inserida a série histórica das chuvas mensais.

Coluna 3 – É o volume total do consumo ou demanda.

Coluna 4 – É a área de captação utilizada para colectar a água da chuva.

Coluna 5: $Volume_{mensal\ de\ chuva} = \frac{Coluna\ 2 \times Coluna\ 4 \times C}{1000}$. Para este trabalho foi adoptado para o coeficiente de Runoff o valor de 0,8.

Coluna 6: $V = coluna\ 3 - coluna\ 5$. Quando o valor resultante der negativo, significa que há excesso de água. Se o valor der positivo, indica que o volume de demanda, nos meses correspondentes, supera o volume de água disponível.

Coluna 7 – É o valor da diferença acumulada entre os valores positivos da coluna 6 em metros cúbicos. O volume do reservatório necessário para captar a água da chuva será o somatório dos valores positivos da coluna 7.

2.5.1.2. Método da simulação

Nesse método, usa-se os dados pluviométricos para a realização de uma simulação do comportamento da água armazenada no reservatório, a partir de um volume predefinido de

acordo com a demanda da edificação (Rezende; Tecedor, 2017 citado por Barbosa; Silva, 2021). O seu cálculo pode ser realizado através da equação 5.

$$S_{(t)} = Q_{(t)} + S_{(t-1)} - D_{(t)} \quad (5)$$

Sabendo que $Q_{(t)}$ pode ser calculado através da equação 4, e o valor de $S_{(t)}$ deve ser maior ou igual a zero e menor ou igual ao volume do reservatório fixado ($0 \leq S_{(t)} \leq V$).

Onde:

$S_{(t)}$ – Volume de água no reservatório no tempo t (L);

$S_{(t-1)}$ – Volume de água no reservatório no tempo t-1 (L);

$Q_{(t)}$ – Volume da chuva no tempo t (L);

$D_{(t)}$ – Demanda ou consumo no tempo (t).

2.5.1.3. Métodos Práticos

Os métodos práticos são calculados com base em fórmulas simples, que permitem uma aproximação rápida do valor final da capacidade, mas nem sempre a mais adequada. Os métodos práticos comumente usados são:

2.5.1.3.1. Método Prático Alemão

Neste método adopta-se como volume de reserva o menor valor entre 6% do volume anual de consumo ou 6% do volume anual de precipitação aproveitável (ABNT, 2007 citado por Donicht, 2014). O volume do reservatório é calculado através da equação 6.

$$V_{reservatório} = \text{mínimo} (V; C) \times 0,06 \quad (6)$$

Onde:

$V_{reservatório}$ – Volume do reservatório (L);

V – Volume anual de precipitação aproveitável (L);

C – Consumo anual de água não potável (L).

2.5.1.3.2. Método Prático Inglês

Neste método, o volume do reservatório é obtido através da aplicação de uma equação empírica, que adopta 5% do volume anual de água pluvial captado (Dornelles, 2012 citado por Donicht, 2014). O volume do reservatório é calculado através da equação 7:

$$V = 0,05 \times P \times A \quad (7)$$

Onde:

V – Volume de água do reservatório (L);

P – Precipitação média anual (mm);

A – Área de captação (m²).

2.5.1.3.3. Método Prático Brasileiro

Também conhecido como Método Azevedo Netto. Neste método o volume do reservatório é calculado através da equação 8.

$$V = 0,042 \times P \times A \times T \quad (8)$$

Onde:

V – Volume de água do reservatório, em litros (L);

P – Precipitação média anual, em milímetros (mm);

A – Área de colecta (m²);

T – Número de meses com pouca chuva ou seca.

2.5.1.3.4. Método Prático Australiano

Este método apesar de ser mais complexo, é considerado um método prático. Neste método já é possível analisar uma maior base de dados e tirar resultados e conclusões para diversos cenários que os outros métodos não permitiam. É possível analisar o número de meses em que um reservatório consegue satisfazer o consumo consoante a precipitação local, dando assim, a eficiência do sistema. A quantidade de chuva aproveitável é dada pela seguinte expressão:

$$Q_{(t)} = A \times C \times (P_{(t)} - I) \quad (9)$$

$$V_{(t)} = V_{(t-1)} + Q_{(t)} - D_{(t)} \quad (10)$$

$$\text{Quando } (V_{(t)} = V_{(t-1)} + Q_{(t)} - D_{(t)}) < 0, \text{ então } V_{(t)} = 0 \quad (11)$$

$$P_r = \frac{Nr}{N} \quad (12)$$

$$\text{Confiança} = (1 - P_r) \quad (13)$$

Onde:

Q – Volume mensal produzido pela chuva no mês t (m^3);

A – Área de colecta (m^2);

C – Coeficiente de escoamento superficial;

P – Precipitação média no mês t (mm);

I – Interceptação da água que molha as superfícies e perdas por evaporação, geralmente 2 mm;

$V(t)$ – Volume da água que está no reservatório no fim do mês t (m^3);

$V(t - 1)$ – Volume da água que está no reservatório no início do mês t (m^3);

$D(t)$ – Demanda no mês t ;

P_r – Falha;

N_r – Número de meses em que o reservatório não atendeu a demanda, isto é, $V(t) = 0$;

N – Número de meses, considerando geralmente 12 meses.

2.6. Dimensionamento do sistema de aproveitamento das águas pluviais

Para o dimensionamento do sistema de aproveitamento das águas pluviais (SAAP) deve-se seguir as seguintes etapas:

- Determinação da precipitação medial local (mm/mês);
- Determinação da área de colecta;
- Determinação do coeficiente de escoamento superficial;
- Projecto do reservatório de desvio da chuva inicial;
- Projecto do reservatório de armazenamento;
- Identificação dos usos da água (demanda); e
- Projectos dos sistemas complementares (grades, filtros, tubagem, e mais).

CAPÍTULO III – ENQUADRAMENTO METODOLÓGICO

Neste capítulo do trabalho são apresentados os procedimentos metodológicos adoptados para a realização do trabalho. São descritas as técnicas de estudo usadas para a materialização do trabalho como, o tipo de estudo, os procedimentos, a abordagem e os instrumentos.

3.1. Tipo de pesquisa

Quanto a natureza de estudo

Quanto a natureza de estudo esta pesquisa é mista, visto que, para além do levantamento de dados (estudo qualitativo), houve a necessidade de análise e aplicação dos resultados obtidos (estudo quantitativo).

Quanto aos procedimentos

A pesquisa quanto aos procedimentos foi um estudo de caso. O estudo de caso é um estudo exaustivo de um ou poucos objectos de pesquisa, de maneira a permitir o aprofundamento do seu conhecimento. Os estudos de caso têm grande profundidade e pequena amplitude, pois procuram conhecer a realidade de um indivíduo, de um grupo de pessoas, de uma ou mais organizações em profundidade (Zanella, 2013).

Quanto à forma de abordagem

A pesquisa quanto à forma de abordagem é pesquisa quantitativa. Segundo Zanella (2013), a pesquisa quantitativa é aquela que se caracteriza pelo emprego de instrumentos estatísticos, tanto na colecta como no tratamento dos dados e que tem como finalidade medir relações entre as variáveis.

Quanto aos objectivos

A pesquisa quanto aos objectivos é do tipo exploratória.

3.2. População e amostra

Na concepção de Vergana (1997) citado por Zanella (2013), população é o conjunto de elementos (empresas, produtos ou pessoas) que possuem as características que serão objecto de estudo e a amostra é uma parte do universo (população), escolhida segundo algum critério de representatividade.

Para este estudo tomou-se como população os edifícios da província de Maputo, a amostra neste universo é o hotel localizado no Distrito de Boane, na Província de Maputo este edifício servirá de ponto central do estudo para desenvolver técnicas e criar condições de melhoria para trabalhos de sistemas de aproveitamento de águas pluviais em edifícios.

3.3. Técnicas e instrumentos do estudo

Uma das técnicas usadas para este estudo foi o levantamento documental de bibliografias com conteúdos da matéria em estudo e foram realizadas observações que permitiram dar uma visão geral e ampla da situação em campo.

Instrumentos usados

Para alcançar os objectivos como, levantamento da área do terreno, área construída e projecto do edifício foram usados os seguintes instrumentos para auxílio:

- Fita métrica e trena;
- Material de escrita; e
- Máquina fotográfica.

3.4. Aspectos éticos do estudo

O estudo salvaguardou todos aspectos éticos que envolvessem a materialização do trabalho, nestes aspectos éticos salvaguardados importa destacar o sigilo e preservação de identidades do pessoal envolvido na recolha de dados.

Sendo o estudo de carácter exploratório e exigindo algum esclarecimento envolvendo seres humanos, todos foram tratados com dignidade, respeito em sua autonomia e defendidos em sua vulnerabilidade. Foi revelada a relevância social do estudo aos intervenientes com vantagens significativas para os participantes sobre este estudo.

3.5. Localização do edifício

O edifício em estudo está localizado no bairro Belo Horizonte, no Distrito de Boane, na província de Maputo conforme a figura 6.



Figura 5: Mapa da localização do hotel (Fonte: Google Earth, 2023).



Figura 6: Fachada do hotel (Fonte: Autor, 2023).

3.6. Descrição da área de estudo

Ocupando uma área de 820 km², o Distrito de Boane localiza-se na Província de Maputo, apresentando como limites os indicados na tabela 6. O Distrito de Boane dista cerca de 22 km da Capital Provincial (Cidade da Matola) e 30 km da Cidade Capital do País (Maputo). Segundo o Censo geral da população realizado em 2016, a população estimada do Distrito de Boane é de 160.789 habitantes, o que corresponde a uma densidade populacional de 199,5 habitantes/km² (Governo de Distrito de Boane, 2016).

Tabela 6: Localização Geográfica do Distrito de Boane (Fonte: INE, 2012).

Distrito	Distrito de Boane			
Limites	Norte	Sul	Oeste	Este
	Distrito de Moamba	Distrito de Namaacha	Distrito de Namaacha	Cidade da Matola, Cidade de Maputo e Distrito de Matutuine

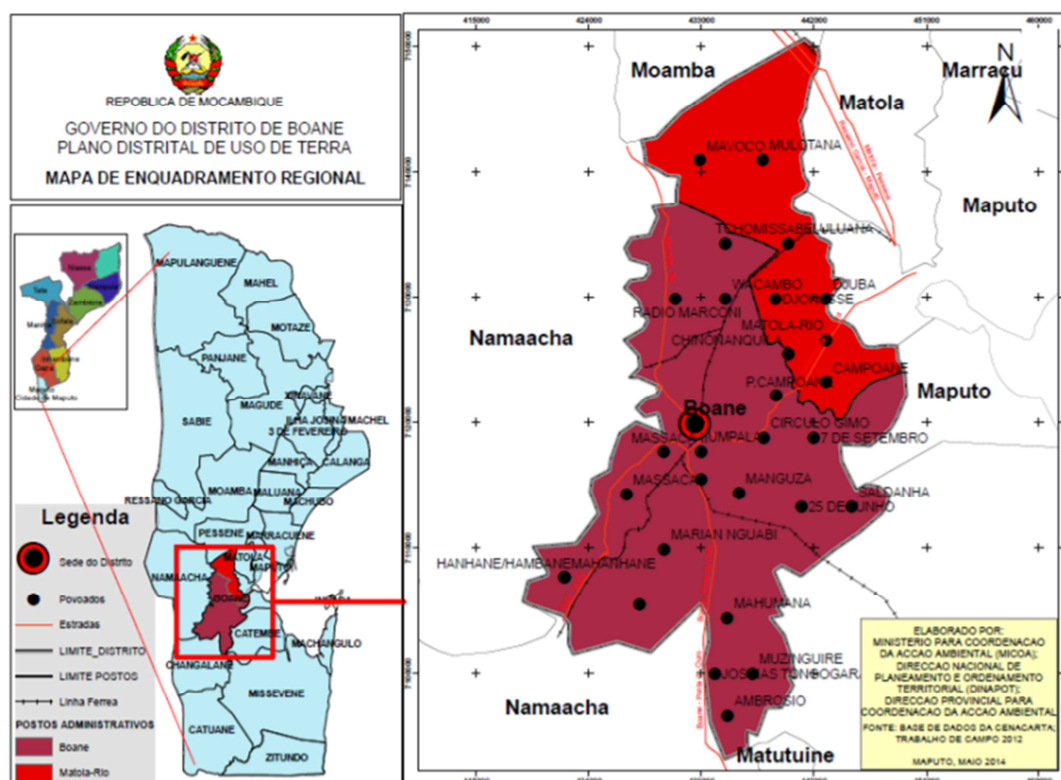


Figura 7: Situação geográfica e divisão administrativa do Distrito de Boane (Fonte: Governo do Distrito de Boane, 2016).

3.7. Clima e chuva

De acordo com o Governo do Distrito de Boane (2016), o clima do Distrito de Boane é sub-húmido com diferença de chuvas na estação fria, induzidas pela alta pressão subcontinental e as incursões de ventos húmidos do oceano. Vagas de frio podem trazer tempestades violentas e chuvas torrenciais de curta duração. A temperatura média anual é de 24°C, sendo os meses mais frios Junho e Julho e os mais quentes Janeiro e Fevereiro. A amplitude térmica anual é de 8,8°C. A humidade relativa média anual é de 80,5%, variando de um valor máximo de 86% em Julho a um valor mínimo de 73,55%, em Novembro. A pluviosidade média anual é de 752 mm variando entre os valores médios de 563,6 mm no período húmido e 43,6 no período seco, (Idem).

3.8. Descrição do edifício

O hotel em estudo está inserido em um terreno de 2.100 m², o mesmo desenvolve-se verticalmente em três pavimentos com uma área total construída de 2.404,509 m². As características de cada pavimento bem como o projecto arquitectónico do edifício encontram-se no Apêndice I e Anexo II respectivamente.

3.9. Levantamento de Dados

Para a estimativa dos usos finais de água e a análise da viabilidade de implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial para o edifício em estudo foi necessário realizar os seguintes levantamentos de dados: demanda de água, áreas de captação, dados pluviométricos entre outros.

3.9.1. Demanda de água

Para o cálculo da demanda de água das bacias de retrete, inicialmente foi necessário determinar a população de projecto conforme a tabela 7, em seguida, estimou-se a demanda *per capita*, conforme a equação 14 e depois estimou-se a demanda total em função da demanda *per capita*.

Para a estimativa da demanda *per capita* foram usados os dados de consumo da água não potável obtidos pelo trabalho de Nascimento e Sant'Ana (2014), onde especificam as frequências de uso e consumo médio de aparelhos sanitários para uso de hóspedes conforme a tabelas 8.

$$D = P \times C \quad (14)$$

Onde:

D – Demanda diária (L);

P – População (Pessoas);

C – Consumo diário *per capita* (L).

Tabela 7: Taxa de ocupação de acordo com a natureza do local (Fonte: Adaptado de Creder, 1991).

Local	Taxa de ocupação
Residências e apartamentos	2 pessoas por dormitório
Salões de hotéis	1 pessoa/ 5,5 m ² de área
Restaurantes	1 pessoa/ 1,4 m ² de área

Tabela 8: Consumo médio de aparelhos sanitários nos apartamentos (Adaptado de Nascimento e Sant’Ana, 2014).

Aparelho	Média diária de utilização	Consumo
Descarga sanitária	2,70	3 a 6 litros por accionamento da descarga

Nos cálculos deste trabalho, foi considerado um consumo de 6 litros por accionamento de descarga e uma frequência de 3 vezes por dia.

3.9.2. Dados Pluviométricos

Os dados pluviométricos necessários para a realização deste trabalho foram fornecidos pelo INAM. Estes dados foram colectados na Estação pluviométrica de Umbeluzi. Esta estação meteorológica foi escolhida por ser a estação mais próxima do local onde se encontra o edifício de estudo. Os dados fornecidos incluem informações sobre precipitações mensais num período de 12 anos (2004-2016).

3.9.3. Determinação da área de colecta

A cobertura do hotel é de telha metálica gravilhada francesa com uma área de 734,52 m². Para a drenagem da água pluvial existem caleiras de betão impermeabilizado e alvenaria revestida, condutores verticais de PVC com 110 mm de diâmetro. A planta de cobertura pode ser visualizada no anexo

3.9.4. Capacidade de colecta do sistema

Para o dimensionamento do reservatório é necessário encontrar o volume mensal do mês com pouca chuva e do mês com muita chuva. A capacidade de colecta do sistema foi calculada conforme a equação 15

$$V = C \times P \times A \times \eta f \quad (15)$$

Onde:

V – Volume mensal da água pluvial colectada (L);

P – Precipitação média mensal (mm);

A – Área de colecta (m²);

C – Coeficiente de escoamento superficial da cobertura (adoptou-se 0,80 de acordo com o material da cobertura);

ηf – Eficiência do sistema de captação, (a (ANQIP-ETA 0701,2015), recomenda que seja adoptada eficiência hidráulica (ηf) de 0,90, a menos que o fabricante recomende a adopção de outro valor)

3.9.5. Caudal de projecto das caleiras

O caudal de projecto das caleiras foi calculado conforme a equação 17. Primeiro foi determinada a intensidade de precipitação para a Cidade de Maputo usando a equação 16, em seguida calculou-se o caudal de projecto.

$$I = a \times t(\text{min})^b \quad (16)$$

Onde:

I – Intensidade de precipitação (mm/h);

a, b – Parâmetros das Curvas IDF para a Cidade de Maputo (Anexo);

t – duração da precipitação (min).

Tabela 9: Valor dos parâmetros a, b para a cidade de Maputo (Fonte: Decreto no 15/2004).

T (anos)	2	5	10	20	25	50
a	534.0468	694.504	797.3841	896.5751	930.8815	1026.694
b	-0.6075	-0.59383	-0.5869	-0.58197	-0.58119	-0.57749

Onde:

T – Período de retorno (anos (a ANQIP-ETA 0701 (2015) recomenda que seja considerado um período de retorno de 5 anos para coberturas e ou/ terraços)).

$$Q = C \times I \times A \quad (17)$$

Onde:

Q – Caudal de projecto (L/min);

C – Coeficiente de escoamento superficial (a cobertura do edifício é de telha Francesa Gravilhada, a ANQIP-ETA 0701 (2015), recomenda que seja adoptado C=0.80 em coberturas inclinadas e rugosas);

I – Intensidade pluviométrica (mm/h); e

A – Área de contribuição (m²).

3.9.6. Dimensionamento dos reservatórios

3.9.6.1. Reservatório Inferior

O reservatório inferior deste projecto foi dimensionado de acordo com o método de Rippl. Este método foi escolhido porque é flexível com relação aos dados de entrada. Para a realização do cálculo fez-se necessário o uso da tabela 9.

3.9.6.2. Reservatório superior

O reservatório superior foi dimensionado de modo a suprir a demanda de água não potável por 3 dias contínuos. Para o seu dimensionamento foi necessário considerar a demanda diária nos apartamentos do edifício.

3.10. Redução do valor da factura da água

Para calcular a economia da água multiplicou-se o volume de chuva que o sistema é capaz de colectar pelo valor da tarifa de água cobrada pela empresa de fornecimento de água conforme a equação 18.

$$\text{Redução do valor da factura da água} = \text{Preço} \times V_{\text{captado}} \quad (18)$$

Onde:

Redução do valor da fatura da água – (MZN);

Preço – Preço cobrado pela empresa de fornecimento da água (MZN/m^3);

$V_{captado}$ – Volume da água da chuva captada (m^3).

CAPÍTULO IV – ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

Este capítulo do trabalho objectiva, explicar, discutir, criticar e demonstrar a pertinência desses conhecimentos e teorias no esclarecimento, solução ou explicação do problema proposto (KÖCHE, 1997, citado por Zanella, 2013).

4.1. Considerações Iniciais

Para este estudo, fez-se uma verificação do potencial de economia de água potável que poderia ser gerada. Através do levantamento de usos finais de água no edifício, foi possível estimar o volume de água necessário para suprir os consumos de água para usos não potáveis (descarga de bacias de retrete e máquinas de lavagem de roupas). De seguida, dimensionou-se o reservatório de água pluvial, e então foi realizada a análise económica para a determinação da viabilidade de implantação do sistema.

4.2. Levantamento de dados

Para a elaboração do trabalho foram realizados os seguintes levantamentos de dados: índice pluviométrico do Distrito de Boane, verificação da área de captação, material das caleiras.

4.2.1. Demanda de água

Previsão da demanda de água pluvial nos apartamentos

$$População\ de\ projecto = 27\ apartamentos \times 2\ pessoas / apartamentos$$

$$População\ de\ projecto = 54\ pessoas$$

Demanda per capita diária

Litros por descargas – 6 L

Quantidade de descargas por pessoas – 3

$$Cd = 3 \times 6 = 18\ L/dia$$

Demanda per capita mensal

$$Cm = 18 \times 30$$

$$Cm = 540\ L/mês \leftrightarrow 0.54\ m^3/mês$$

Demanda diária total das bacias de retrete

$$D = P \times C$$

$$Cd = 54 \times 18$$

$$Cd = 972 L \leftrightarrow 0,972 m^3$$

Demanda mensal total das bacias de retrete

$$Cm = 972 \times 30 = 29160 L/mês$$

Com a implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial no hotel, espera-se uma redução de 29.160,00 litros/mês no consumo de água potável.

4.2.2. Dados Pluviométricos

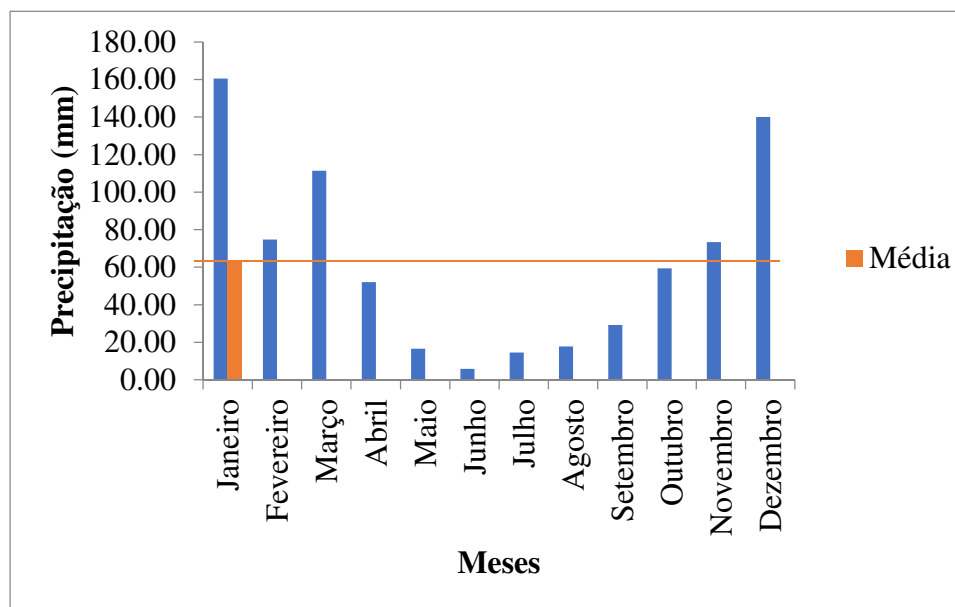
Com base nos dados obtidos no INAM é apresentada a tabela 14, que relaciona as precipitações médias acumuladas de todos os meses do ano, em um período de 12 anos (2004 – 2016).

Tabela 10: Dados pluviométricos do Distrito de Boane – Média histórica 2004-2016 (Fonte: INAM, 2022).

Mês	Precipitação média mensal (mm)
Janeiro	160,53
Fevereiro	74,74
Março	111,46
Abril	52,00
Maio	16,60
Junho	5,83
Julho	14,49
Agosto	17,73
Setembro	29,20
Outubro	59,38
Novembro	73,32
Dezembro	140,03
Total	755,31
Média	62,94

Por meio da série de dados é possível constatar que os meses chuvosos no Distrito de Boane são: Janeiro, Fevereiro, Março, Novembro e Dezembro. É possível constatar também que a precipitação máxima média é registada no mês de Janeiro, por outro lado, a precipitação mínima média é registada no mês de Junho. Na Figura 9 é apresentada a distribuição das precipitações médias mensais acumuladas do Distrito de Boane durante o período de 12 anos.

Figura 8: Precipitação média acumulada mensal do Distrito de Boane (Fonte: Autor, 2023).



4.2.3. Área de captação

A cobertura do edifício em estudo dispõe de 25 áreas que contribuem para a colecta da água da chuva, essas áreas encontram-se nomeadas de A1 á A25 conforme pode ser visualizado na tabela 11. Para a determinar a área total da cobertura, primeiro determinou-se todas as 25 áreas que contribuem para a colecta da água de chuva, com a ajuda do software *AutoCad 2013*. Na tabela 11 encontram-se as áreas de colecta da água de chuva.

Tabela 11: Área de colecta da água de chuva (Fonte: Autor, 2023).

Áreas de colecta			
A1=3,34 m ²	A2=A3=1,28 m ²	A4=37,9 m ²	A5=50,21 m ²
A6=32,66 m ²	A7=43,23 m ²	A8=75,48 m ²	A9=27,43 m ²
A10=1,78 m ²	A11=3,25 m ²	A12=23,26 m ²	A13=17,51 m ²
A14=75,36 m ²	A15=36,41 m ²	A16=42,37 m ²	A17=18,51 m ²
A18=29,08 m ²	A19=39,3 m ²	A20=7,83 m ²	A21=10,02 m ²

A22=78,02 m ²	A23=15,81 m ²	A24=19,42 m ²	A25=43,78 m ²
--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

Efectuando o somatório dessas áreas obteve-se uma área total de 734,52 m².

A área de captação tem uma grande influência no dimensionamento do sistema de aproveitamento de águas pluviais. Quanto maior for a área de captação, maior será a caudal de projecto e maior será a capacidade de colecta do sistema, consequentemente, maior será a redução do valor da factura da água potável.

4.2.4. Capacidade de colecta do sistema

A capacidade de colecta do sistema foi calculada de acordo com a equação 15, tendo resultado em um volume de 33.286 m³/mês. Em projectos semelhantes a este, Araújo e Souza (2016) estimaram a capacidade de colecta em 16,53 m³/mês, e Braga (2017) em 40,19 m³/mês. As variáveis que levaram a estes diferentes resultados podem ser visualizadas na tabela 12.

$$V = 0,80 \times 62,94 \times 734,52 \times 0,90$$

$$V = 33.286 m^3$$

Tabela 12: Capacidade de colecta de diferentes projectos (Fonte: Autor, 2023).

Dados	Projecto em estudo	Braga (2017)	Araújo e Souza (2016)
Média de chuva mensal (m)	0,06294	0,22546	0,14025
Área de captação (m ²)	734,52	204,21	154,10
Coeficiente de escoamento superficial	0,80	0,90	0,80
Coeficiente de eficiência do sistema	0,90	0,97	0,85
Capacidade de colecta mensal (m ³)	33.286	40,19	16,53

Na tabela 12, percebe-se que a área de colecta foi a variável que mais influenciou nos resultados. Quanto maior for a área de captação maior será a capacidade de colecta do sistema.

4.2.5. Caudal de projecto das caleiras

O caudal de projecto das caleiras foi obtido através da prévia definição da área de contribuição. O método usado foi o das curvas I-D-F para um período de retorno de 5 anos e uma duração de precipitação de 5 minutos. O valor da intensidade de precipitação adoptado foi o da província de Maputo (267,06 mm/h conforme a equação 16). O coeficiente de escoamento usado é de 0.80, por fim em relação aos parâmetros a e b, considerou-se os valores de 694,504 e - 0,59383, respectivamente (de acordo com o período de retorno adoptado).

O caudal de projecto das caleiras foi calculado de acordo com a equação 17 e resultou em 2615,48 L/min, conforme os cálculos abaixo.

$$Q = C \times I \times A$$

$$I = a \times t(\text{min})^b$$

$$I = 694.50 \times 5^{-0.59383} = \mathbf{267,06 \text{ mm/h}}$$

$$Q = 0.80 \times 267,06 \times 734,52 = 156928,729 \text{ L/h}$$

$$Q = \frac{156928,729 \text{ L}}{60 \text{ min}} = \mathbf{2615,48 \text{ L/min}}$$

4.2.6. Dimensionamento das caleiras

As caleiras do edifício são de secção rectangular com as dimensões 0,38 x 0,15 m, com altura útil de 0,12 m. O caudal máximo para caleiras rectangulares é calculado para 80% dessa secção. Se esse caudal for maior que o caudal de cálculo, a caleira tem capacidade suficiente se não for maior, é necessário aumentar a secção da caleira. A partir das medidas acima citadas calculou-se o raio hidráulico para posterior cálculo do caudal da caleira, conforme segue na tabela 13:

Tabela 13: Cálculo do raio hidráulico.

Área da secção molhada	Perímetro molhado	Raio hidráulico
$S = b \times 0,8 \times h$	$P = b + 0,8 \times 2 \times h$	$Rh = \frac{S}{P}$
$S = 0,38 \times 0,8 \times 0,15$	$P = 0,38 + 0,8 \times 2 \times 0,15$	$Rh = \frac{0,046}{0,62}$

$S = 0,046 \text{ m}^2$	$P = 0,62 \text{ m}$	$Rh = 0,074 \text{ m}$
-------------------------	----------------------	------------------------

Após calcular o raio hidráulico, calculou-se a caudal máximo da caleira através da fórmula de Manning Strickler, equação 1.

$$Q = K \cdot \frac{S}{n} \cdot Rh^{2/3} \cdot i^{1/2}$$

$$Q = 60000 \times \left(\frac{0,046}{0,012} \right) \times \sqrt[3]{0,074^2} \times \sqrt{0,005} = \mathbf{2866,60 \text{ L/min}}$$

Após calcular o caudal máximo das caleiras, procedeu-se uma comparação entre o caudal máximo das caleiras e o caudal de projecto das caleiras para verificar se o mesmo será atendido.

Se, o caudal máximo das caleiras > caudal de projecto, ok

$$\mathbf{2866,60 \text{ L/min} > 2615,48 \text{ L/min} , \text{ ok!}}$$

Efectuando a comparação entre o caudal de projecto e o caudal das caleiras, constata-se que as caleiras existentes têm capacidade suficiente para transportar os caudais provenientes do telhado.

4.2.7. Dimensionamento de condutores verticais

O dimensionamento dos condutores verticais foi realizado de modo que o caudal máximo destes atenda ao caudal de projecto, conforme segue:

$$Q_{projecto} = 2615,48 \text{ L/min}$$

Conforme a tabela 3, a caudal máximo no tubo de 110 mm considerando uma taxa de ocupação de 1/7 é 182 L/min.

$$\text{Número de conductores} = \frac{\text{Caudal de projecto}}{\text{Caudal máximo do condutor}}$$

$$\text{Número de conductores} = \frac{2615,48}{182} = 14,37$$

Adoptou-se 15 tubos de queda de 110 mm, que são capazes de transportar um caudal de 2730 L/min.

Verificação:

$$\text{Se } Q_{\text{conductores verticais}} > Q_{\text{projeto}} , \text{ ok}$$

$2730 \text{ L/min} > 2615,48 \text{ L/min}$, portanto ok!

Caudal de projecto dos condutores verticais

$$Q_{\text{condutores verticais}} = \frac{Q_{\text{projecto}}}{\text{Número de condutores}}$$

$$Q_{\text{condutores verticais}} = \frac{2615,48}{15} = \mathbf{174,37 \text{ L/min}}$$

O dimensionamento dos condutores verticais foi realizado conforme a tabela 3, resultando em 15 tubos de queda de 110 mm de diâmetro. Cada tubo de queda tem capacidade de transportar um caudal de 174,37 L/min.

4.2.8. Dimensionamento de condutores horizontais

O dimensionamento dos condutores horizontais foi realizado de modo que o caudal máximo destes atendessem ao caudal de projecto, para os diferentes trechos da tubagem, conforme segue:

Trecho A (CH-1)

Caudal de projecto = Caudal no tubo de queda 1

$$\mathbf{Caudal de projecto = 174,37 \text{ L/min}}$$

Em função do caudal encontrado, o diâmetro adoptado para este condutor horizontal foi de 110 mm com inclinação de 1%, o que possibilita um caudal de até 182 L/min.

Verificação:

Se Caudal do condutor > Caudal de projecto, ok

$$276 \text{ L/min} > 174,37 \text{ L/min}, \text{ portanto ok}$$

Trecho C (CH-3)

Caudal de projecto = Caudal no tubo de queda 1 + Caudal no tubo de queda 2

$$\mathbf{Caudal de projecto = 174,37 + 174,37 = 348,74 \text{ L/min}}$$

Em função do caudal encontrado, o diâmetro adoptado para este condutor horizontal foi de 110 mm com inclinação de 2%, o que possibilita um caudal de até 390 L/min.

Verificação:

$$390 \text{ L/min} > 352,08 \text{ L/min}, \text{ ok}$$

Trecho D (CH-4)

$$\text{Caudal de projecto} = \text{Caudal tq 1} + \text{Caudal tq 2} + \text{Caudal tq3}$$

$$\text{Caudal de projecto} = 174,37 + 174,37 + 174,37 = \mathbf{523,11 \text{ L/min}}$$

Em função do caudal encontrado, o diâmetro adoptado para este condutor horizontal foi de 110 mm com inclinação de 4%, o que possibilita um caudal de até 552 L/min.

Verificação:

$$552 \text{ L/min} > 523,11 \text{ L/min}, \text{ ok}$$

Trecho E (CH-5)

$$\text{Caudal de projecto} = \text{Caudal tq 1} + \text{Caudal tq 2} + \text{Caudal tq3} + \text{Caudal tq4}$$

$$\text{Caudal de projecto} = 174,37 + 174,37 + 174,37 + 174,37 = \mathbf{697,48 \text{ L/min}}$$

Em função do caudal encontrado, o diâmetro adoptado para este condutor horizontal foi de 125 mm com inclinação de 4%, o que possibilita um caudal de até 777 L/min.

Verificação:

$$777 \text{ L/min} > 697,48 \text{ L/min}, \text{ ok}$$

Trecho F (CH-6)

$$\text{Caudal de projecto} = \text{Vazão tq 1} + \text{Vazão tq 2} + \text{Vazão tq3} + \text{Vazão tq4} + \text{Vazão tq5}$$

$$\begin{aligned} \text{Caudal de projecto} &= 174,37 + 174,37 + 174,37 + 174,37 + 174,37 \\ &= \mathbf{871,85 \text{ L/min}} \end{aligned}$$

Em função do caudal encontrado, o diâmetro adoptado para este condutor horizontal foi de 140 mm com inclinação de 3%, o que possibilita um caudal de até 912 L/min.

Verificação:

$$912 \text{ L/min} > 871,85 \text{ L/min}, \text{ ok}$$

Trecho G (CH-7)

Caudal de projecto

$$= \text{Caudal } tq\ 1 + \text{Caudal } tq2 + \text{Caudal } tq3 + \text{Caudal } tq4 + \text{Caudal } tq5 \\ + \text{Caudal } tq6$$

$$\text{Caudal de projecto} = 174,37 + 174,37 + 174,37 + 174,37 + 174,37 + 174,37 \\ = \mathbf{1046,22L/min}$$

Em função do caudal encontrado, o diâmetro adoptado para este condutor horizontal foi de 140 mm com inclinação de 4%, o que possibilita um caudal de até 1053 L/min.

Verificação:

$$1053 \text{ L/min} > 1046,22 \text{ L/min, ok}$$

Trecho H (CH-8)

$$\text{Caudal de projecto} = \text{Vazão}(tq\ 1 + tq2 + tq3 + tq4 + tq5 + tq6 + tq7)$$

Caudal de projecto

$$= 174,37 + 174,37 + 174,37 + 174,37 + 174,37 + 174,37 \\ + 176,04174,37 = \mathbf{1220,59 \text{ L/min}}$$

Em função do caudal encontrado, o diâmetro adoptado para este condutor horizontal foi de 160 mm com inclinação de 3%, o que possibilita um caudal de até 1301 L/min.

Verificação:

$$1301L/min > 1220,59 \text{ L/min, ok}$$

Trecho B (CH-2) = Trecho A (CH-1) = Trecho I (CH-9) = 110 mm, i= 1%

Trecho J (CH-10) = Trecho C (CH-3) = 110 mm, i=2%.

Trecho K (CH-11) = Trecho (CH-4) = 110 mm, 4%.

Trecho L (CH-13) = Trecho (CH-5) = 125 mm, 4%.

Trecho M (CH-15) = Trecho (CH-6) = 140 mm, 3%.

Através dos cálculos realizados conclui-se que para o transporte das águas até o reservatório serão necessários ter tubos com diâmetros de 110 mm, 125 mm, 140 mm, 160 mm e com declividades de 1%, 2%, 3% e 4% nomeadamente.

4.2.9. Dimensionamento do reservatório de desvio da chuva inicial

O reservatório de desvio da chuva inicial foi dimensionado conforme a equação 2, resultando em 1500 litros. Em projectos semelhantes a este, Braga (2017) dimensionou o reservatório de desvio da chuva inicial com 408,42 L e Araújo e Souza (2016) com 308,20 L. Estes resultados foram definidos unicamente em função da área de captação, visto que a ANQIP-ETA 0701 (2015), recomenda que sejam desviados os primeiros 2 litros precipitados em cada metro quadrado de telhado, conforme pode ser visualizado na tabela 14.

Tabela 14: Volume de descarte, em função da área de captação, de diferentes projectos (Fonte: Autor, 2023).

Dados	Projecto em estudo	Braga (2017)	Araújo e Souza (2016)
Área de captação (m ²)	734,52	204,21	154,10
Volume de desvio (2L/m ²)	1469	408,42	308,20
Reservatório adoptado (L)	1500	500	500

De acordo com o resultado pode-se concluir que quanto maior for a área de captação, maior será o volume de água a ser desviado e, conseqüentemente, maior será a dimensão do reservatório de desvio da primeira chuva.

4.2.10. Dimensionamento dos reservatórios

4.2.10.1. Reservatório inferior

Tabela 15: Dimensionamento do reservatório inferior (Fonte: Autor, 2023).

Meses	Chuva média mensal (mm)	Demanda constante mensal (m ³)	Área de captação (m ²)	Volume mensal de chuva (m ³)	Diferença entre demanda e volume de chuva (m ³)	Diferença acumulada dos valores positivos da coluna 6
Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3	Coluna 4	Coluna 5	Coluna 6	Coluna 7
Janeiro	160,53	29,16	734,52	94,33	-65.17	
Fevereiro	74,74	29,16	734,52	43,918	-14.758	
Março	111,46	29,16	734,52	65,496	-36.336	

Abril	52,00	29,16	734,52	30,556	-1.396	
Mai	16,60	29,16	734,52	9,754	19.406	19,406
Junho	5,83	29,16	734,52	3,426	25.734	45,14
Julho	14,49	29,16	734,52	8,515	20.645	65,785
Agosto	17,73	29,16	734,52	10,418	18.742	84,527
Setembro	29,20	29,16	734,52	17,158	12.002	96,529
Outubro	59,38	29,16	734,52	34,893	-5.733	
Novembro	73,32	29,16	734,52	43,084	-13.924	
Dezembro	140,03	29,16	734,52	82,284	-53.124	
Total	755,31	349,92	-	443,832	-	
		m³/ano		m³/ano		
Média	62,94	29,16 m³/mês	-	36,986	-	
				m³/mês		

O volume de reservatório necessário é de 96,529 m³, portanto será adoptado um reservatório de 100 m³ devido aos tamanhos de reservatórios disponíveis no mercado.

Nota-se na tabela 15, que a diferença entre o volume da demanda e o volume de chuva, somente foi positivo nos meses de Maio, Junho, Julho, Agosto e Setembro. Ou seja, a oferta (volume de chuva precipitado), ao longo do ano, só foi superior à demanda (volume consumido), nos meses de Janeiro, Fevereiro, Março, Abril, Outubro, Novembro e Dezembro. Observa-se ainda na tabela 15, através da diferença acumulada entre os valores positivos de volumes de demanda de água e de chuva, que o reservatório deve armazenar 96,529 m³, para suprir a demanda nos meses de Maio, Junho, Julho, Agosto e Setembro, onde o volume mensal da precipitação é menor que a demanda.

4.2.10.2. Reservatório superior

O reservatório superior foi dimensionado de modo a suprir a demanda de água não potável por 3 dias seguidos, tendo resultado em um volume de 2916 L. Devido aos volumes comerciais, o reservatório adoptado foi de 3000 litros.

$$V = 3 \times 972 \rightarrow 2916 L$$

$$V_{adoptado} = 3000 L$$

4.3. Redução do valor da factura da água potável

A redução do valor da factura da água da potável gerada pelo sistema de aproveitamento da água pluvial do hotel foi calculada de acordo com a equação 18 conforme seguem os cálculos abaixo.

- Redução mensal do valor da factura de água

Capacidade de coleta mensal = 33,253 m³

Tarifa de água = 59,36 MZN

Redução mensal= *Capacidade de coleta mensal* × *Tarifa de água*

Redução mensal= 33,253 × 59.36

Poupança mensal = **1.973,90 MZN**

- Redução anual do valor da factura de água

Redução anual = 399,036 × 59,36

Redução anual = **23686,78 MZN**

Com a implantação do sistema de aproveitamento de águas pluviais no hotel, espera-se uma redução de 1.973,90 MZN por mês, o equivalente a 23.686,80 MZN por ano no valor da factura de água. Os factores que influenciam na redução do valor da factura da água potável são a capacidade de colecta do sistema e o preço cobrado por m³ de água. Importa ressaltar que, a contribuição que este sistema possibilita vai além da redução do custo da factura da água, afinal trata-se de uma medida que ajuda a preservar a água potável em quantidade e qualidade e também ajuda a reduzir enchentes.

CAPÍTULO V – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

5.1. Conclusões

Este trabalho propôs elaborar um sistema de aproveitamento de águas pluviais com a finalidade de analisar a economia da água potável gerada e a redução do valor da factura da água em um hotel localizado no Distrito de Boane.

- O projecto do sistema de aproveitamento de águas pluviais desenvolvido no presente trabalho buscou fazer o uso da água da chuva para fins não potáveis da edificação em específico nas descargas nas bacias de retrete dos apartamentos. No total são 27 apartamentos.
- O sistema projectado para o hotel tem capacidade de colecta mensal de 33,253 m³ de água. A implantação desse sistema possibilitará uma redução significativa no consumo da água potável, isto é, 33,253 m³.
- Em relação a redução do valor da factura da água potável, conclui-se que com o sistema projectado é possível reduzir cerca 1.973,90 MZN por mês, o equivalente a 23.686,80 MZN por ano. Importa ressaltar que, a contribuição que este sistema possibilita vai além da redução do valor da factura da água, afinal trata-se de uma medida que ajuda a preservar a água potável em quantidade e qualidade e também ajuda a reduzir enchentes.
- Quanto a possibilidade de implantar o sistema, conclui-se que o sistema projectado atende as normas e requisitos de elaboração dos sistemas de aproveitamento de águas pluviais, assim sendo, pode ser executado.

Em suma, de acordo com os resultados obtidos pode-se concluir que a implantação de um sistema de aproveitamento de águas pluviais no hotel localizado no Distrito de Boane contribuirá para a redução do consumo da água potável e reduzirá o valor da factura da mesma.

5.2. Sugestões

Após a conclusão deste estudo, seguem algumas sugestões para trabalhos futuros:

- Realizar o dimensionamento de reservatório de armazenamento de água da chuva do hotel usando outros métodos de cálculo com a finalidade de comparar as dimensões dos reservatórios;
- Realizar estudos relacionados ao uso da água do reservatório de desvio de primeira chuva para lavagem de veículos e lavagem de passeios, a fim de aproveitar toda água da chuva captada;
- Verificar a economia de água potável gerada através da implantação do sistema de aproveitamento de águas pluviais em outros tipos de edificações, como por exemplo, escolas, indústrias e residências a fim de verificar a viabilidade de implantação do sistema.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANNECCHINI, Karla Ponzo Vaccari., *Aproveitamento da Água da Chuva Para Fins Não Potáveis na Cidade de Vitória (ES)*. Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil. Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, Espírito Santo, 2005;

ANQIP. ETA 0701.10: *Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais em Edifícios*, 2015;

ARAUJO. T. O. D., SOUZA. L. O. D., *Estudo de Aproveitamento de Água de Chuva para Usos não Potáveis na Instituição Lar Infantil Sol Amigo*. Trabalho de conclusão de curso para obtenção do grau de Engenheiro Civil. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2016;

Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 15.527: Água de Chuva: Aproveitamento de Coberturas em Áreas Urbanas para Fins não Potáveis – requisitos*, Rio de Janeiro: ABNT, 2007.

BARBOSA, C. C. S., SILVA, R. A., *Elaboração de um Sistema de Aproveitamento de Água Pluvial em um Hotel na cidade de Jaraguá-Go*. Trabalho de conclusão de curso para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil. Faculdade Evangélica de Goianésia, Goianésia, 2021;

BRAGA, Gabriela Izeppi., *Aproveitamento da Água da Chuva em Edificação Multifamiliar Florianópolis-SC*. Monografia para obtenção do grau de Engenheiro Civil. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2017;

BUCEK, Elizabeth et all., *Pelas tramas da Cidadania: Os Recursos Hídricos em Nossas Mãos, Brasil*;

CARVALHO, Raquel Saravy De., *Potencial Econômico do Aproveitamento de Águas Pluviais: Análise da Implantação de um Sistema para a Região Urbana de Londrina*. Monografia para obtenção do título de Especialista em Construção de Obras Públicas. Universidade Federal de Paraná, Apucarana-PR, 2010;

CREDER, Hélio., *Instalações Hidráulicas e Sanitárias*. Rio de Janeiro, 1976;

CUNHA, Hemerson Jader., *Aproveitamento de Água de Chuva*. Monografia para obtenção do grau de Engenheiro Civil. Escola de Engenharia UFMG, Belo Horizonte, 2010;

Decreto nº 30/2003. *Regulamento dos Sistemas Públicos de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais*;

Decreto nº 15/2004. *Regulamento dos Sistemas Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais*;

DIPLOMA MINISTERIAL nº. 244/2005

DONICHT, Eduarda de Melo., *Estudo da Aplicação de um Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais para fins não Potáveis em Prédios da Unipampa – Campus Alegrete (Rs)*. Trabalho de conclusão de curso para obtenção do título de Bacharel em Engenharia civil. Universidade Federal do Pampa, Alegrete 2015;

GONÇALVES, Patricia Santana., PATRUCCO, Luis Gustavo., *O Consumo de Água nas Unidades Habitacionais – A Percepção dos Gestores: Estudo de caso em dois hotéis executivos de Porto Alegre*. Brasil, 2008;

GOVERNO DO DISTRITO DE BOANE., *Plano Estratégico de Desenvolvimento do Distrito de Boane: Plano distrital de desenvolvimento 2015-2024*; Boane, 2016;

FERREIRA, Maria., *Sistemas Prediais de Drenagem de Águas Residuais Domésticas: Estudo Comparativo entre o Regulamento Geral e a Norma Europeia 12056-2*. Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil – Especialização em Construções. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2013;

HAGEMANN, Sabrina Elicker., *Avaliação da Água da Chuva e da Viabilidade de sua Captação e Uso*. Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil – Especialização Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. Faculdade de Engenharia da Universidade Federal da Santa Maria, 2009;

IGINO, Luis Filipe., *Projeto De Captação e Aproveitamento de Água Pluvial em uma Edificação Hoteleira na Cidade de Varginha – MG*. Trabalho de conclusão de curso para obtenção do título de Bacharel em Engenharia civil. Centro Universitário do Sul de Minas – UNIS, Varginha, 2017;

INSTITUTO NACIONAL DE ESTATÍSTICA., *Estatísticas do Distrito de Boane*. 2012;

LAKATOS, Eva M. e MARCONI, Marina de A. *Técnicas de pesquisa*. 3ª Ed. São Paulo: Atlas, 1996.

MARINOSKI, A. K., *Aproveitamento de Água Pluvial para fins não Potáveis em Instituição de Ensino: Estudo de Caso em Florianópolis – SC*. Trabalho de conclusão de curso. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2007;

MAY, Simone., *Estudo da Viabilidade do Aproveitamento de Água de Chuva para consumos não potáveis em Edificações*. Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Engenharia. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004;

MAY, Simone., *Caracterização, Tratamento e Reuso de Águas Cinzas e Aproveitamento de Águas Pluviais em Edificações*. Tese para obtenção do grau de Doutor em Engenharia. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009;

NASCIMENTO, E. A. A.; SANT'ANA, D., *Caracterização dos Usos Finais do Consumo de Água em Edificações do Setor Hoteleiro de Brasília*, 2014;

PRADO, T. S., RIBEIRO, Rafael, R, J, A., & SILVA, J. A., *Proposta de Captação de Água Pluvial para Reaproveitamento em uma Residência no Município de Pouso Alegre/Mg, Brasil*;

SACADURA, Francisco., *Análise de Sistemas de Aproveitamento de Água Pluvial em Edifícios*. Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil. Faculdade de Ciências e Tecnológicas da Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2011;

TOMAZ, Plínio., *Aproveitamento de Água de Chuva em Áreas Urbanas Para Fins Potáveis*, Volume 1, 2010;

ZANELLA, L.C.H., *Metodologia de Pesquisa*, 2º ed. reimp.; Florianópolis: Departamento de Ciências da Administração/UFSC, 2013;

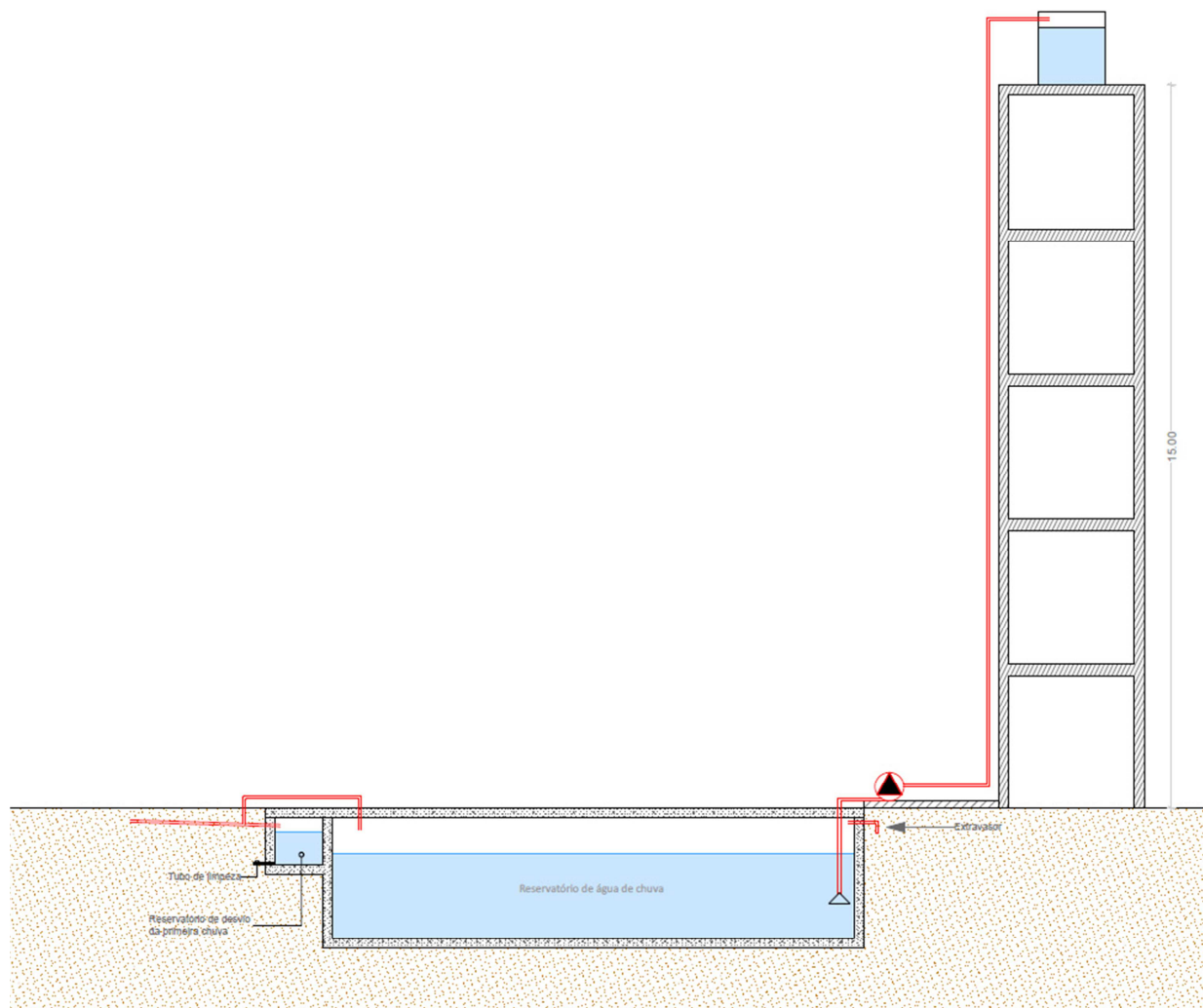
ZARDINI, Cecília de Sousa., *Aproveitamento de Água de Chuva - Estudo da Viabilidade em diferentes Capitais Brasileiras*. Trabalho de conclusão de curso para obtenção do título de Engenheira em Engenharia Ambiental e Sanitária. Universidade Federal de Goiás, Goiânia 2014;

ANEXOS & APÊNDICES

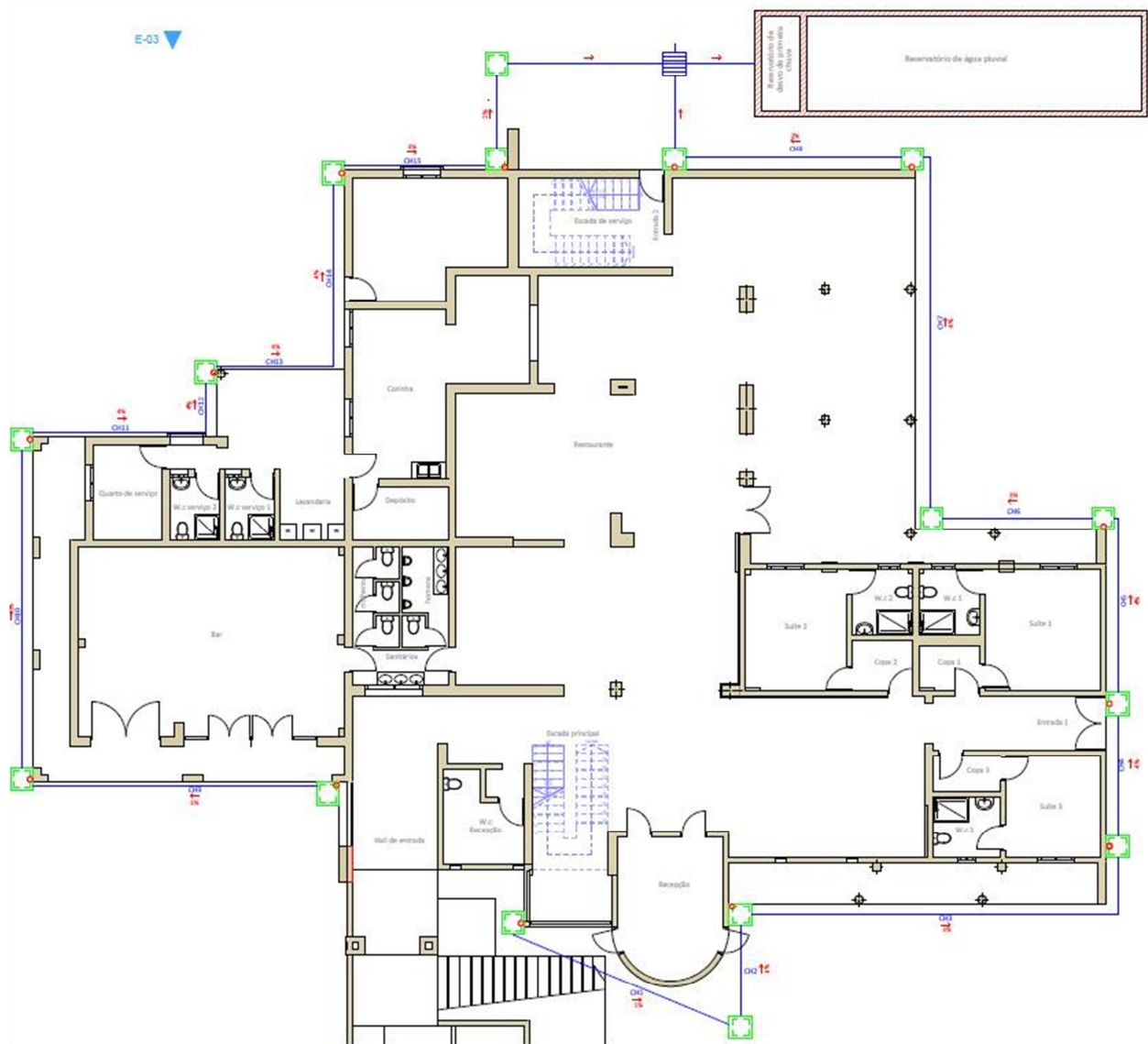
Apêndice I – Características dos pavimentos do hotel

Tabela 16: Características dos pavimentos do hotel (Fonte: Autor, 2023).

Pavimento	Área (m²)	Quantidade	Características
Piso 1	801.503	1	Recepção
		1	Cozinha
		3	Suítes
		1	Lavandaria
		3	w.c
		1	Restaurante
		1	Depósito
		1	Bar
		2	Banheiro
		1	Vestuário
Piso 2	801.503	14	Suíte
		1	w.c
		2	Salas técnicas
Piso 3	801.503	10	Suítes
		1	Sala de conferência

Apêndice II – Projecto hidráulico

Esquema dos reservatórios, de desvio de primeira chuva, inferior e superior

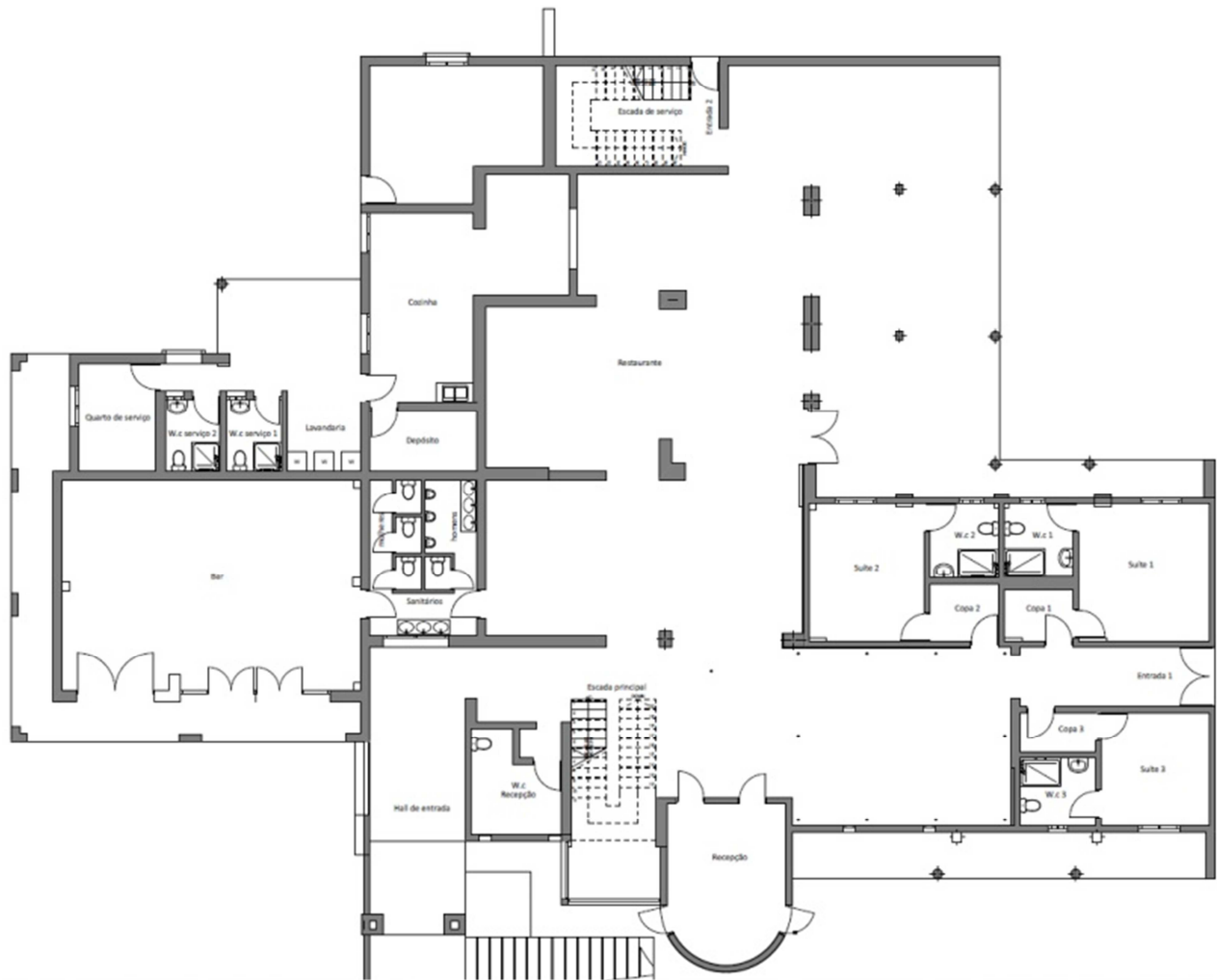


Planta Baixa – Esquema de condução da água captada até ao reservatório inferior

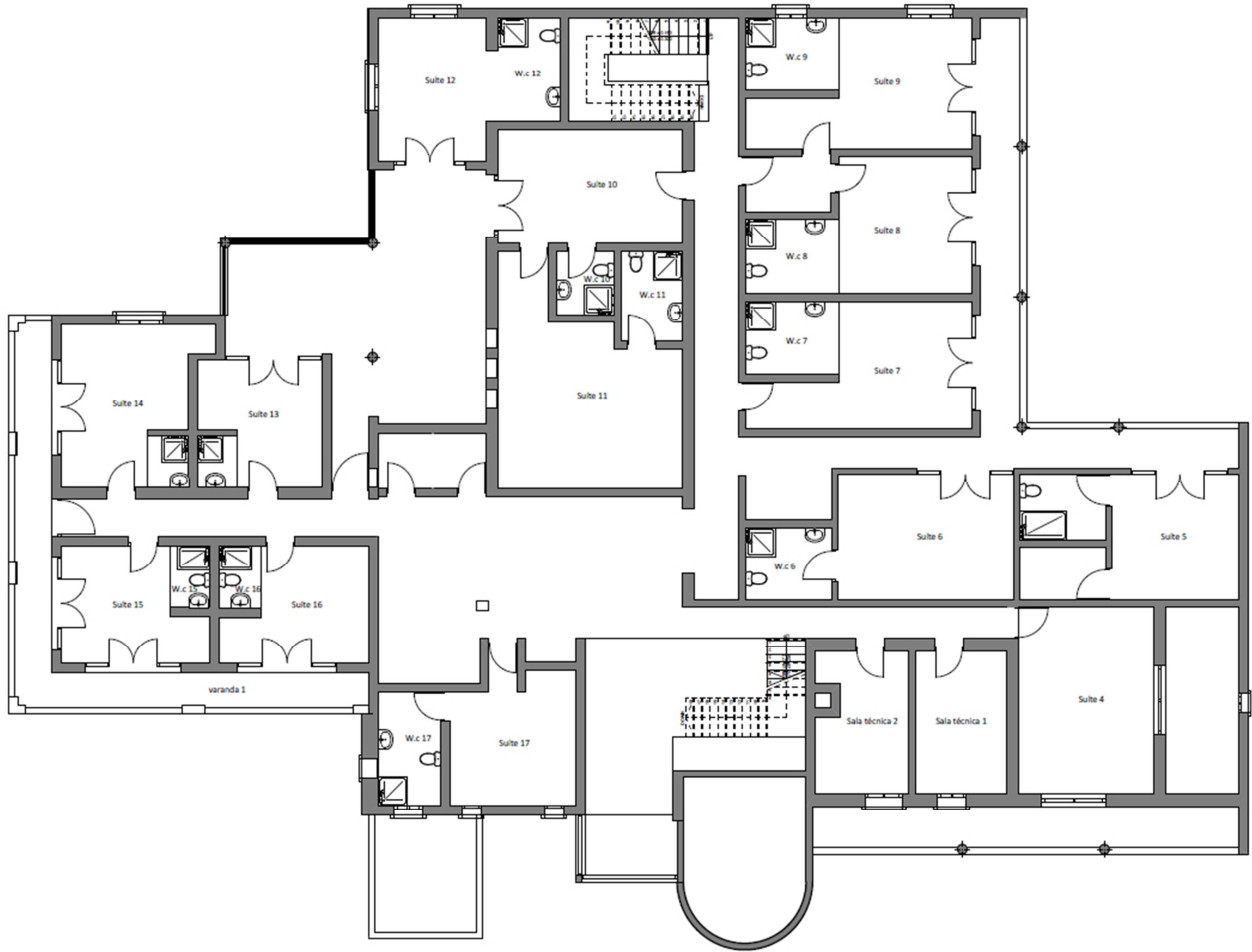
Anexo I – Dados pluviométricos do Distrito de Boane

Tabela 17: Dados pluviométricos do Distrito de Boane (Fonte: INAM, 2022).

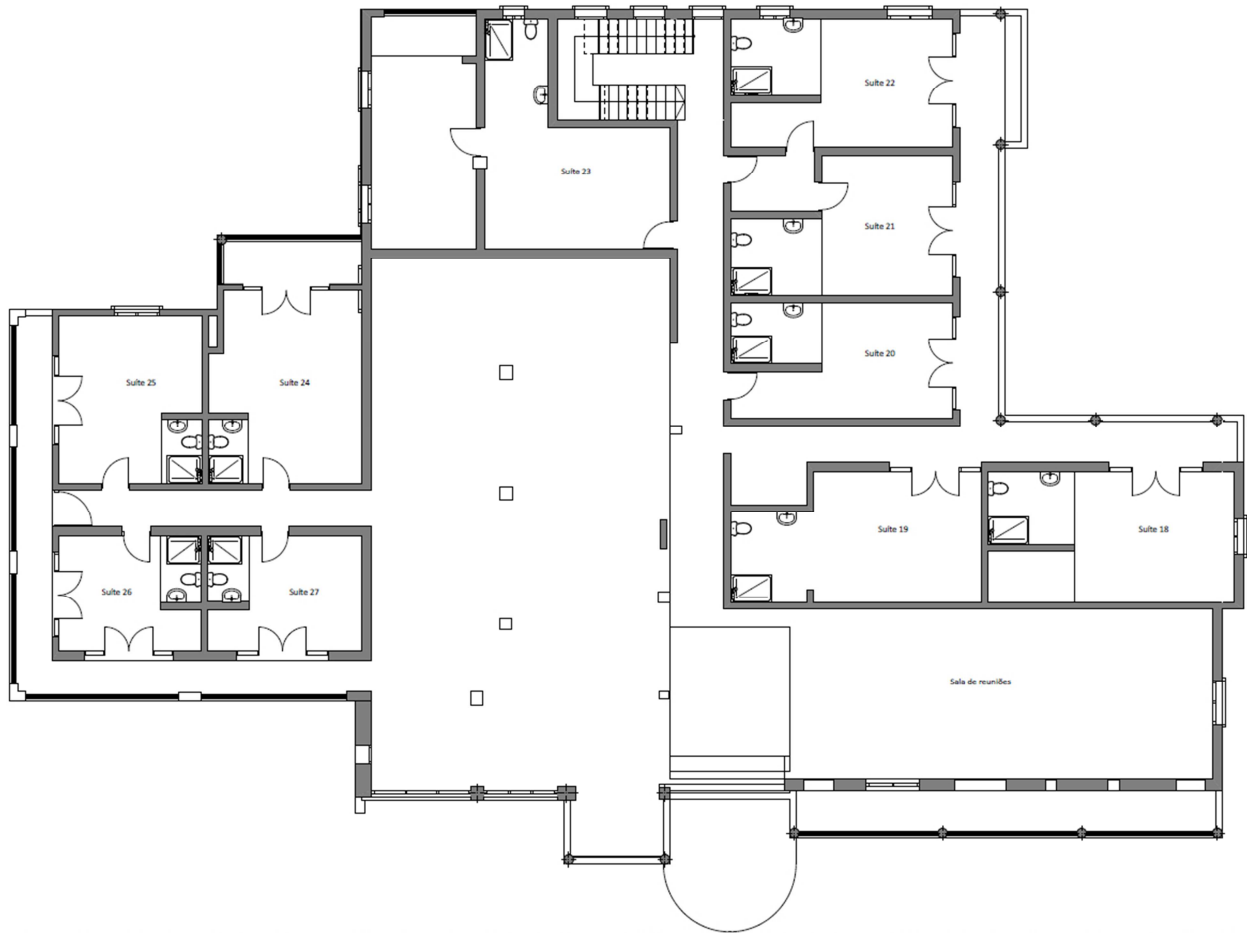
Ano	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maió	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
2004	189.7	75.0	89.0	36.0	8.9	2.9	76.0	18.0	28.8	42.2	108.7	56.6
2005	162.2	48.9	111.2	35.8	9.2	1.1	1.2	7.2	1.7	8.6	34.1	16.9
2006	98.3	97.5	163.7	22.7	1.5	3.6	8.3	18.8	23.1	43.0	104.4	118.7
2007	24.2	64.8	43.0	118.0	0.0	5.1	7.9	0.0	11.6	39.7	51.7	210.3
2008	77.0	31.0	85.2	48.7	15.2	14.2	0.0	--	13.3	0.5	128.7	121.5
2009	129.9	72.4	--	5.4	1.7	13.0	5.5	64.9	0.0	0.0	89.8	22.7
2010	21.9	33.0	125.0	86.7	3.6	9.5	3.3	0.0	1.2	40.6	99.7	267.9
2011	415.6	53.1	17.9	105.5	44.4	0.7	6.3	20.2	52.9	38.5	115.3	341.6
2012	291.5	174.1	243.4	25.1	12.3	0.0	0.0	0.0	193.0	364.8	35.5	108.4
2013	297.7	136.1	74.4	46.7	19.6	0.0	0.0	64.5	11.3	73.4	31.5	208.3
2014	160.4	44.4	142.4	53.3	0.0	0.0	4.4	19.2	0.0	31.8	58.8	197.6
2015	24.3	60.0	4.2	17.8	20.1	0.0	6.7	0.0	13.5	29.4	21.6	9.9
2016	33.6	6.6	238.1	22.3	62.7	19.9	54.3	--	--	--	--	--

Anexo II – Projecto arquitectónico do hotel

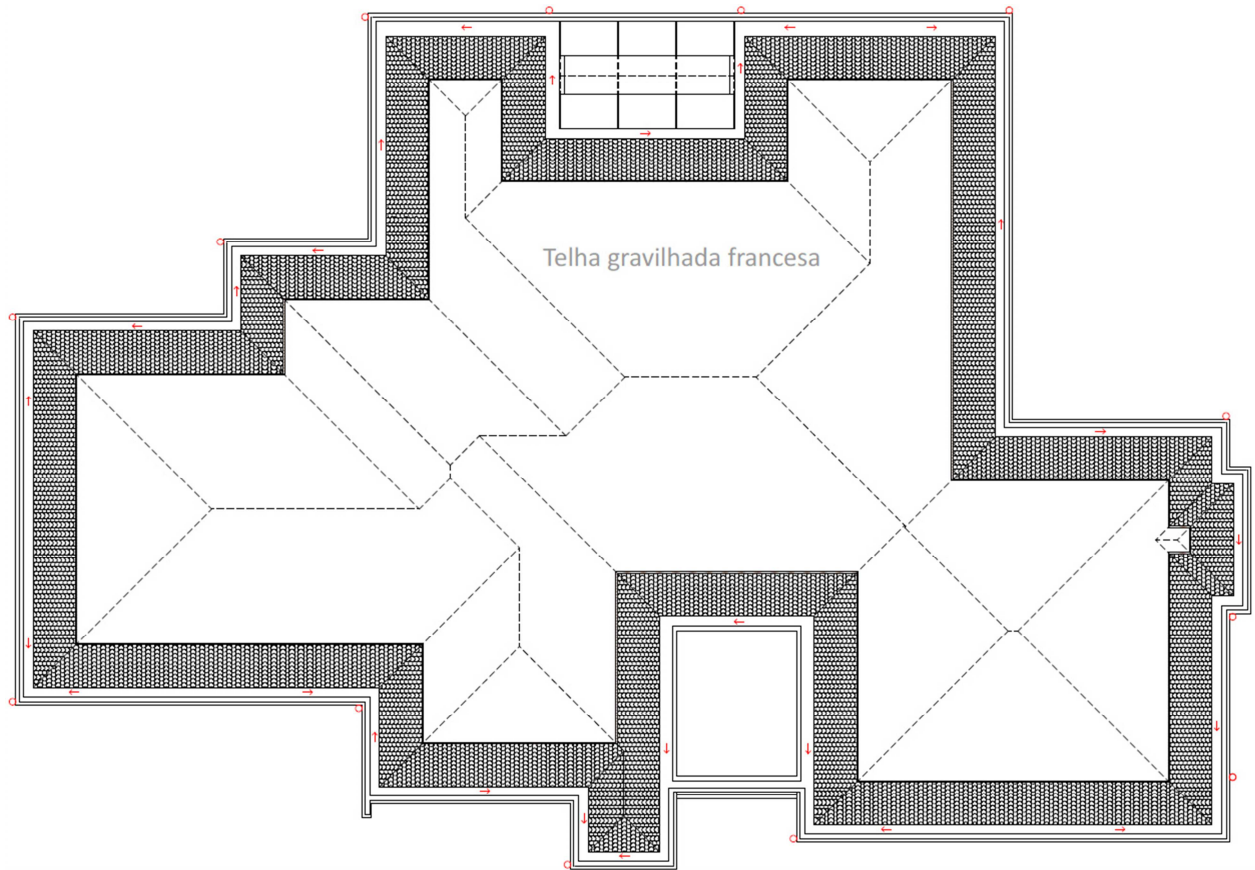
Planta Baixa – Piso 1
Escala: Sem Escala



Planta Baixa – Piso 2
Escala: Sem Escala



Planta Baixa – Piso 3
Escala: Sem Escala



Planta Baixa – Cobertura
Escala: Sem Escala

