



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS (UFG)/
UNIVERSIDADE FEDERAL DE CATALÃO (UFCAT) em implantação
FACULDADE DE ENGENHARIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

**APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL PARA FINS NÃO
POTÁVEIS EM MORADIA UNIVERSITÁRIA**

DAIANE DE FREITAS SILVA

**Catalão
2023**



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS UNIDADE ACADÊMICA ESPECIAL DE
ENGENHARIA

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO (TECA) PARA DISPONIBILIZAR VERSÕES ELETRÔNICAS DE TESES

E DISSERTAÇÕES NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), regulamentada pela Resolução CEPEC nº 832/2007, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a [Lei 9.610/98](#), o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou download, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

O conteúdo das Teses e Dissertações disponibilizado na BDTD/UFG é de responsabilidade exclusiva do autor. Ao encaminhar o produto final, o autor(a) e o(a) orientador(a) firmam o compromisso de que o trabalho não contém nenhuma violação de quaisquer direitos autorais ou outro direito de terceiros.

1. Identificação do material bibliográfico

☒ [X] Dissertação ☐ [] Tese ☐ [] Outro*: _____

*No caso de mestrado/doutorado profissional, indique o formato do Trabalho de Conclusão de Curso, permitido no documento de área, correspondente ao programa de pós-graduação, orientado pela legislação vigente da CAPES.

Exemplos: Estudo de caso ou Revisão sistemática ou outros formatos.

2. Nome completo do autor

DAIANE DE FREITAS SILVA

3. Título do trabalho

**APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL PARA FINS NÃO POTÁVEIS EM
MORADIA UNIVERSITÁRIA**

4. Informações de acesso ao documento (este campo deve ser preenchido pelo orientador)

Concorda com a liberação total do documento ☒ [X] SIM ☐ [] NÃO¹

[1] Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. Após esse período, a possível disponibilização ocorrerá apenas mediante:

a) consulta ao(à) autor(a) e ao(à) orientador(a);

b) novo Termo de Ciência e de Autorização (TECA) assinado e inserido no arquivo da tese ou dissertação. O documento não será disponibilizado durante o período de embargo.

Casos de embargo:

- Solicitação de registro de patente;
- Submissão de artigo em revista científica;
- Publicação como capítulo de livro;
- Publicação da dissertação/tese em livro.

Obs. Este termo deverá ser assinado no SEI pelo orientador e pelo autor.



Documento assinado eletronicamente por **Eliane Aparecida Justino, Professora do Magistério Superior**, em 21/09/2023, às 10:19, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº](#)

[10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **DAIANE DE FREITAS SILVA, Discente**, em 21/09/2023, às 14:53, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **4060543** e o código CRC **246E95E7**.

Referência: Processo nº 23070.043999/2023-58

SEI nº 4060543

DAIANE DE FREITAS SILVA

**APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL PARA FINS NÃO
POTÁVEIS EM MORADIA UNIVERSITÁRIA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, da Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Goiás (UFG) / Universidade Federal de Catalão (UFCAT) em implantação, como requisito para obtenção do título de Mestra em Engenharia Civil. Área de concentração: Estruturas e Construção Civil. Linha de pesquisa: Gestão, Tecnologia e Sustentabilidade na Construção civil.

Orientadora: Prof. Dra. Eliane Aparecida Justino

**Catalão
2023**

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UFCAT.

Silva, Daiane de Freitas

Aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis em moradia universitária / Daiane de Freitas Silva. - 2023.

111, CXI f.: il.

Orientadora: Profa. Dra. Eliane Aparecida Justino; co-orientadora Profa. Dra. Heber de Paula Martins.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Catalão, Faculdade de Engenharia, Catalão, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Catalão, 2023.

Anexos.

Inclui siglas, abreviaturas, símbolos, gráfico, tabelas, lista de figuras, lista de tabelas.

1. Aproveitamento de água da chuva. 2. Viabilidade técnica e econômica. 3. Netuno. 4. Economia de água. 5. Gestão e conservação de água no edifício. I. Justino, Eliane Aparecida, orient. II. Título.

CDU 624



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS UNIDADE ACADÊMICA

ESPECIAL DE ENGENHARIA

ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

Ata nº **14** da sessão de Defesa de Dissertação de **DAIANE DE FREITAS SILVA**, que confere o título de Mestra em Engenharia Civil, na área de concentração em Estruturas e Construção Civil.

"Banca Examinadora de Qualificação/Defesa Pública de Dissertação/Tese realizada em conformidade com a Portaria da CAPES n. 36, de 19 de março de 2020, de acordo com seu segundo artigo: Art. 2º A suspensão de que trata esta Portaria não afasta a possibilidade de defesas de tese utilizando tecnologias de comunicação à distância, quando admissíveis pelo programa de pós-graduação stricto sensu, nos termos da regulamentação do Ministério da Educação."

Aos vinte e cinco dias do mês de agosto de dois mil e vinte e três a partir das 09 horas, na Sala virtual: <<https://meet.google.com/iuq-ierx-yik>>, realizou-se a sessão pública de Defesa de Dissertação intitulada **“APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL PARA FINS NÃO POTÁVEIS EM MORADIA UNIVERSITÁRIA”** nas dependências da Universidade Federal de Catalão, onde os programas de pós-graduação stricto sensu em funcionamento encontram-se provisoriamente vinculados à Universidade Federal de Goiás, em virtude de procedimentos técnicos relacionados à CAPES, já sendo realizada a transferência da Biblioteca Digital de Dissertações e Teses (BDTD). Assim, justifica-se os nomes das instituições neste documento, uma no cabeçalho (UFG), outra no corpo do texto (UFCAT). Os trabalhos foram instalados pela Orientadora, **Professora Doutora ELIANE APARECIDA JUSTINO (PPGEC/UFCAT)** como participação dos demais membros da Banca Examinadora: **Professor Doutor ED CARLO ROSA PAIVA (PPGEC/UFCAT)**, membro titular interno; da **Professora Doutora ANAI FLORIANO VASCONCELOS (UFSCAR)**, membro titular externo; e do coorientador **Professor Doutor HEBER MARTINS DE PAULA (PPGEC/UFCAT)**. A Banca Examinadora reuniu-se em sessão secreta a fim de concluir o julgamento da Dissertação, tendo sido a candidata **aprovada** pelos seus membros. Proclamados os resultados pela Professora Doutora Eliane Aparecida Justino, Presidente da Banca Examinadora, foram encerrados os trabalhos e, para

constar, lavrou-se a presente ata que é assinada pelos Membros da Banca Examinadora, aos vinte e cinco dias do mês de agosto de dois mil e vinte e três.

TÍTULO SUGERIDO PELA BANCA

Sem sugestões de alteração de título.



Documento assinado eletronicamente por **Eliane Aparecida Justino, Professora do Magistério Superior**, em 25/08/2023, às 12:02, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Heber Martins De Paula, Professor do Magistério Superior**, em 25/08/2023, às 12:02, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Ed Carlo Rosa Paiva, Professor do Magistério Superior**, em 25/08/2023, às 12:02, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Anaí Floriano Vasconcelos, Usuário Externo**, em 25/08/2023, às 12:03, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **3944074** eo código CRC **E300F3B6**.

Referência: Processo nº 23070.043999/2023-58

SEI nº 3944074

A minha mãe Elisete por todo suporte,
As minhas irmãs Daniela e Dalila,
pelo amor e apoio incondicional.

AGRADECIMENTOS

À minha mãe por todo o suporte que foi capaz de oferecer para me auxiliar nessa jornada.

Às minhas irmãs que são meus maiores exemplos de inspiração e resiliência. Obrigada pelo incentivo e por todo o apoio.

Ao meu irmão pelo carinho e companheirismo.

Aos meus colegas de mestrado que percorreram essa jornada comigo e foram fundamentais para o compartilhamento de dúvidas, críticas, sugestões e conhecimentos para escrita desse trabalho.

A todos aqueles que fizeram parte da minha trajetória como estudante.

À minha orientadora Eliane Aparecida Justino pelo incentivo, suporte, paciência e compreensão. Agradeço pela oportunidade.

Ao meu coorientador Heber de Paula Martins pela disposição, suporte e apoio.

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Catalão e seus servidores.

À professora Jupyraciara pelo apoio nos Laboratórios e por toda disponibilidade, cuidado e atenção.

À FAPEG pelo apoio financeiro.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	vii
LISTA DE TABELAS	ix
LISTA DE QUADROS.....	x
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	xi
LISTA DE SÍMBOLOS.....	xii
RESUMO	xx
ABSTRACT	xxi
1 INTRODUÇÃO.....	2
1.1. JUSTIFICATIVA	3
1.2. OBJETIVOS.....	5
1.2.1 Objetivos específicos	5
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	6
2.1 DISPONIBILIDADE HÍDRICA	6
2.2 IMPORTÂNCIA DO APROVEITAMENTO DE ÁGUA.....	18
2.3 CONSUMO DE ÁGUA	26
2.3.1 Consumo de água em edificações.....	27
2.4 QUALIDADE DA ÁGUA DA CHUVA	31
2.4.1 pH.....	33
2.4.2 Turbidez.....	34
2.4.3 Análise Microbiológica - Coliformes	34
2.4.4 Qualidade da água de chuva de Catalão.....	36
2.5 COMPONENTES DO SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL	38
2.5.1 Superfície de captação	40
2.5.2 Calhas e Condutores	42
2.5.3 Telas e Grades de Proteção	42
2.5.4 Filtro.....	43
2.5.4.1 Filtros VORTEX WFF	44
2.5.4.2 Filtros de decida FS e STFS	44
2.5.4.3 Filtros de decida 4P Rainus.....	44
2.5.4.4 Filtros de sucção.....	44

2.5.5	Freio d'água.....	45
2.5.6	Sifão Ladrão	45
2.5.7	Dispositivo de descarte inicial	46
2.5.8	Reservatório de água pluvial.....	47
2.5.9	Sistema de Bombeamento.....	49
2.5.10	Conjunto mangueira boia.....	50
2.5.11	Tratamentos complementares da água	50
2.5.12	Crítérios de utilização do sistema	51
2.6	METODOLOGIAS DE DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS.....	52
2.6	FERRAMENTAS DE ANÁLISE DE INVESTIMENTO	56
2.7	ESTUDOS DE CASO SAAP.....	58
3	MATERIAL E MÉTODOS	61
3.1	ÁREA DE ESTUDO	61
3.2	DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO DE ÁGUA PLUVIAL	67
3.2.1	Dados pluviométricos.....	67
3.2.2	Área de captação	68
3.2.3	Descarte de escoamento inicial.....	69
3.2.4	Consumo <i>per capita</i> de água.....	70
3.2.5	Dimensionamento do reservatório de águas pluviais.....	71
3.2.1	Dimensionamento do sistema elevatório	74
3.2.1	Sistema de filtragem e desinfecção	75
3.3	ANÁLISE DE QUALIDADE DA ÁGUA PLUVIAL	75
3.4	CÁLCULO DO POTENCIAL DE ECONOMIA E ANÁLISE ECONÔMICA.....	76
3.4.1	Custo de implantação e manutenção	76
3.4.2	Custo de água potável.....	77
3.4.3	Economia de água potável.....	77
3.4.4	Custo de energia elétrica	78
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	81
4.1	DADOS PLUVIOMÉTRICOS	81
4.2	ANÁLISE DE QUALIDADE PLUVIAL	82
4.3	DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO DE ÁGUA PLUVIAL.....	82
4.4	DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA ELEVATÓRIO	88

4.5	SISTEMA DE DESCARTE DA PRIMEIRA CHUVA, FILTRAÇÃO E DESINFECÇÃO	88
4.6	ANÁLISE ECONÔMICA.....	90
4.7	ANÁLISE DE RESERVATÓRIO PARA ATENDIMENTO SOMENTE DA REGA DE JARDIM E LIMPEZA DAS ÁREAS COMUNS DA EDIFICAÇÃO	94
5	CONCLUSÃO.....	98
5.1	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	99
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	101
	APENDICE A – DADOS PLUVIOMÉTRICOS	1
	ANEXO A – TABELA BOMBA BC 92 S 1/A	1

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 2.1 – Disponibilidade de água per capita (m^3 /pessoa/ano).....	5
FIGURA 2.2 – Total de água consumida no Brasil.....	6
FIGURA 2.3 – Distribuição de água doce no Brasil.....	10
FIGURA 2.4 – Hidrograma de escoamento superficial antes e após urbanização.....	18
FIGURA 2.5 – Consumo médio per capita de água	24
FIGURA 2.6 – Consumo médio per capita de água por Estado.....	25
FIGURA 2.7 – Média do uso de cada aparelho doméstico (uso/pessoa.dia e %).....	27
FIGURA 2.8 – Volume total consumido por aparelho doméstico (L/pessoa.dia e %).....	27
FIGURA 2.9 – Sistema de aproveitamento de água pluvial em edifício residencial unifamiliar.....	37
FIGURA 2.10 – Fluxo do sistema de aproveitamento de água pluvial.....	38
FIGURA 2.11 – Área de coleta: telhado inclinado.....	39
FIGURA 2.12 – Área de coleta: laje impermeabilizada.....	39
FIGURA 2.13 – Área de coleta: piso pavimentado.....	39
FIGURA 2.14 – Tela de plástico ou metal sobre a calha.....	41
FIGURA 2.15 – Sistema de peneiras sobre a calha.....	41
FIGURA 2.16 – Freio de água.....	43
FIGURA 2.17 – Princípio do funcionamento do freio de água.....	43
FIGURA 2.18 – Esquema de instalação do sifão ladrão.....	44
FIGURA 1.19 – Esquema de funcionamento do dispositivo de descarte das primeiras chuvas...	45
FIGURA 3.1 – Localização da área da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Samambaia em Catalão.....	59
FIGURA 3.2 – Localização da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pirapitinga.....	59
FIGURA 3.3 – Moradia universitária do cerrado da Universidade Federal de Catalão.....	60
FIGURA 3.4 – Localização da MUC/UFCAT.....	60
FIGURA 3.5 – Loteamento Copacabana II.....	61
FIGURA 3.6 – Mapa de Implantação.....	61
FIGURA 3.7 – Elementos contemplados pela atual obra.....	62

FIGURA 3.8 – Layout do apartamento térreo s/esc.....	63
FIGURA 3.9 – Layout apartamento térreo s/esc.....	63
FIGURA 3.10 – Layout pavimento 1, 2 e 3 – s/esc.....	64
FIGURA 3.11 – Layout do apartamento do pavimento tipo – s/esc.....	65
FIGURA 3.12 – Planta de Cobertura com ralos – s/esc.....	66
FIGURA 3.13 – Cobertura do edifício residencial da MUC/UFCAT.....	67
FIGURA 3.14 – Interface do Software Netuno.....	70
FIGURA 3.15 – Localização do reservatório inferior.....	71
FIGURA 3.16 – Localização do reservatório de água potável.....	71
FIGURA 3.17 – Interface para análise econômica utilizando o Netuno.....	76
FIGURA 3.18 – Telas de entrada de dados do Software Netuno.....	77
FIGURA 3.19 – Janela com custos e economias.....	77
FIGURA 4.1 – Precipitação mensal máxima, média e mínima de 2008 a 2022.....	78
FIGURA 4.2 – Dados de entrada no Netuno.....	81
FIGURA 4.3 – Potencial de economia de água em função da capacidade do reservatório inferior.....	81
FIGURA 4.4 – Porcentagem de dias em que a demanda de água pluvial é totalmente atendida, parcialmente atendida e não atendida – variável consumo de água (média anual)	72
FIGURA 4.5 – Kit chuva ciclo 500.....	85
FIGURA 4.6 – Dosador de cloro HD206.....	86
FIGURA 4.7 – Fluxo de caixa do sistema de aproveitamento de águas pluviais.....	89
FIGURA 4.6 – Dados de entrada no Netuno.....	90
FIGURA 4.7 – Porcentagem de dias em que a demanda de água pluvial é totalmente atendida, parcialmente atendida e não atendida – variável consumo de água (média anual).....	92
FIGURA 4.8 – Fluxo de caixa do sistema de aproveitamento de águas pluviais em rega de jardim e limpeza das áreas comuns da edificação.....	94

LISTA DE TABELAS

TABELA 2.1 – Distribuição da população nas regiões do Brasil no ano de 2022.....	10
TABELA 2.2 – Regiões hidrográficas brasileiras.....	11
TABELA 2.3 – Vazão média por habitante no país.....	12
TABELA 2.4 – Estimativa de consumo interno residencial nos EUA.....	26
TABELA 2.5 – Estimativa do consumo de água na torneira de jardim por tempo de rega.....	27
TABELA 2.6 – Usos finais de água potável para consumo doméstico em residência de baixo padrão em Florianópolis.....	28
TABELA 2.7 – Proporção da demanda para usos residenciais não potáveis.....	28
TABELA 2.8 – Consumo de água nas residências brasileiras.....	29
TABELA 2.9 – Definição de parâmetros mínimos de qualidade para usos não potáveis.....	31
TABELA 2.10 – Frequência de amostragem.....	31
TABELA 2.11 – Coeficientes de escoamento superficial das áreas coletadas.....	40
TABELA 2.12 – Estudos gerais de avaliação de captação de águas pluviais.....	56
TABELA 2.13 – Estudos específicos de avaliação de captação de águas pluviais.....	56
TABELA 3.1 – Tarifa de água cobrada pela SAE pelo consumo de água de edifício público.....	75
TABELA 3.2 – Valor cobrado pela Equatorial pelo consumo de energia elétrica.....	76
TABELA 4.1 – Valores de pH e Turbidez da água de precipitação.....	72
TABELA 4.2 – Dados de entrada do dimensionamento.....	80
TABELA 4.3 – Escolha do volume ideal para o reservatório de água pluvial.....	82
TABELA 4.4 – Demonstrativo detalhado do potencial de economia mensal de água potável....	83
TABELA 4.5 – Parâmetros para escolha da motobomba.....	84
TABELA 4.6 – Perdas de carga em tubulações plásticas em relação a vazão.....	84
TABELA 4.7 – Custos de operação e manutenção do SAAP.....	87
TABELA 4.8 – Investimento do sistema de aproveitamento de água pluvial.....	87
TABELA 4.9 – Estimativa de consumo e economia do primeiro ano do SAAP.....	88
TABELA 4.10 – Estimativa do custo de energia elétrica pela motobomba.....	88

TABELA 4.11 – Demonstrativo detalhado do potencial de economia mensal de água potável.....	92
TABELA 4.12 – Estimativa de consumo e economia do primeiro ano do SAAP.....	93
TABELA 4.10 – Estimativa do custo de energia elétrica pela motobomba.....	88
TABELA 4.10 – Estimativa do custo de energia elétrica pela motobomba.....	88

LISTA DE QUADROS

QUADRO 2.1 – Distribuição dos países segundo os níveis potenciais de disponibilidade hídrica e de uso para o ano de 2000 (m ³ /hab/ano).....	07
QUADRO 2.2 – Países com escassez de água (disponibilidade hídrica menor do que 500m ³ /ano/hab) ou estresse (disponibilidade de 500 a 1000m ³ /ano/hab) para os anos de 1990 e 2025.....	08
QUADRO 2.3 – Principais rios com trechos onde a relação entre a demanda e disponibilidade é preocupante, crítica e muito crítica.....	14
QUADRO 2.4 – Parâmetros internos e externos de uma residência nos EUA.....	26
QUADRO 2.5 – Frequência de manutenção.....	33
QUADRO 2.6 – Média dos pH das amostras no período de 2018 a 2019.....	35
QUADRO 2.7 – Média das análises Físico-Químicas, (NTU), (NO ₃ -), (NO ₂ -) e (CaCO ₃).....	35
QUADRO 2.8 – Especificações de filtros industriais.....	42
QUADRO 2.9 – Vantagens e desvantagens existentes no modo de implantação do reservatório.....	45
QUADRO 2.10 – Métodos de cálculos de dimensionamento de reservatórios.....	50
QUADRO 3.1 – Equipamentos hidrossanitários da área construída da MUC/UFCAT que podem ser abastecidos com água não potável.....	65
QUADRO 3.2 – Equações utilizadas no dimensionamento do sistema de recalque.....	72
QUADRO 3.3 – Dados de entrada do software Netuno.....	59
QUADRO 3.4 – Equações utilizadas no dimensionamento do sistema de recalque.....	61

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABMAC	Associação Brasileira de Manejo e Captação da Água de Chuva
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANA	Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
ASA	Articulação no Semi-Árido Brasileiro
CEGEF	Centro de Gestão do Espaço Físico da UFG
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
LabEEE	Laboratório de Eficiência Energética em Edificações
MF	Membrana Filtrante
NBR	Norma Brasileira
NMP	Número Mais Provável
OMS	Organização Mundial da Saúde
ONU	Organização das Nações Unidas
PNUMA	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
SAAP	Sistema de Aproveitamento de Água Pluvial
SEA	Superintendência Municipal de Água e Esgoto
SEMMAC	Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Catalão
SINAPI	Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil
TIR	Taxa Interna de Retorno
TMA	Taxa Mínima de Atratividade
VPL	Valor Presente Líquido

LISTA DE SÍMBOLOS

FC_t :	Fluxo de caixa no período t ;
t :	Enésimo período no tempo em que o dinheiro será investido (anos, meses);
P_r :	Período de retorno (anos, meses);
R_p :	Receita no valor presente (moeda);
R_f :	Receita no valor futuro (moeda);
i :	Taxa de juros anual ou mensal %;
n :	Tempo (ano,meses);
Q :	Vazão;
P_c :	Perda de carga na tubulação;
H_{man} :	Altura manométrica total;
P :	Potência da bomba;
$C_{água}$:	Custo de água potável (R\$/mês);
C_m :	Consumo mensal de água na edificação;
V :	Valor cobrado pela SAE (R\$/m ³);
$E_{água}$:	Economia de água (R\$/m ³);
C_{mensal} :	Consumo mensal de água (m ³ /mês);
$C_{energia}$:	Energia elétrica consumida pela motobomba (kwh).

RESUMO

SILVA, D. F. **Aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis em moradia universitária**. Catalão. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Catalão, 2023, 108 p.

O aproveitamento de águas pluviais em edificações tem como objetivo possibilitar o uso de fontes alternativas de abastecimento em atividades que não necessitam de água potável para sua execução. Essa alternativa gera diminuição do consumo de água potável e é uma medida de conservação da água na edificação. Para utilização de águas pluviais é necessário estudo prévio das condições de precipitação da região, do perfil de consumo dos usuários e da viabilidade técnica e econômica para implantação do sistema, de forma a garantir um volume ótimo de reservação. Com os estudos de viabilidade desenvolvidos neste trabalho, pôde-se perceber os benefícios econômicos e ambientais na implantação do sistema, trazendo-se levantamentos importantes acerca dos usos finais de água na edificação, diretrizes e medidas a serem analisadas para sua implementação e debate sobre a importância da conservação da água. O volume do reservatório de água pluvial adotado no trabalho, através do uso do *software* Netuno 4.0 e considerando um reservatório superior de 5.000 litros para atender a demanda diária da edificação, foi de 7.000 litros com potencial de economia de água potável de 26,52%. A análise econômica apresenta um *Payback* de 36 meses, um valor presente líquido de R\$ 41.955,72 e uma taxa interna de retorno de 3,48% ao mês para o período de análise de 20 anos, dados que representa a viabilidade de implantação do sistema de aproveitamento de águas pluviais na moradia.

Palavras chaves: Aproveitamento de água da chuva; Viabilidade técnica e econômica; Netuno; Economia de água, Gestão e conservação de água no edifício.

ABSTRACT

SILVA, D. F. **Aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis em moradia universitária.** Catalão. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Catalão, 2023, 108 p.

The use of rainwater in buildings aims to enable the use of alternative sources of supply in activities that do not require drinking water for their execution. This alternative generates a decrease in the consumption of potable water, helps to reduce the volume of surface runoff of rainwater and is a measure of water conservation in the building. For the use of rainwater, a prior study of the precipitation conditions in the region, the consumption profile of users and the technical and economic feasibility of implementing the system is necessary, in order to guarantee an optimal volume of reserve. With the feasibility studies developed in this work, it was possible to perceive the economic and environmental benefits in the implantation of the system, bringing up important surveys about the final uses of water in the building, guidelines and measures to be analyzed for its implementation and debate on the importance of water conservation. The volume of the rainwater reservoir adopted in the work, through the use of the Neptune 4.0 software and considering an upper reservoir of 5,000 liters to meet the daily demand of the building, was 7,000 liters with a potable water saving potential of 26.52%. The economic analysis presents a Payback of 36 months, a net present value of R\$ 41,955.72 and an internal rate of return of 3.48% per month for the analysis period of 20 years, data that represents the feasibility of implementing the rainwater harvesting system in the house.

Keywords: Rainwater harvesting; Technical and economic feasibility; Neptune; Water saving, Management and conservation of water in the building.

NOTA

Os programas de pós-graduação stricto sensu em funcionamento na Universidade Federal de Catalão (UFCAT), em virtude de procedimentos técnicos relacionados à Capes, continuam provisoriamente vinculados à Universidade Federal de Goiás (UFG), por isso todos os elementos pré- textuais do trabalho apresentado estão identificados como Universidade Federal de Goiás/Universidade Federal de Catalão em implantação, em função da migração da Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD) ter ocorrido a partir de 16 de agosto de 2021, assim como pelo fato de as pesquisas e os produtos serem realizados na UFCAT.

1 INTRODUÇÃO

A água deve ser entendida como um recurso finito, não só do ponto de vista de quantidade, mas também do ponto de vista de qualidade; de valor econômico e fundamental para a preservação da saúde pública, devendo ser conservada em quantidade e qualidade para garantir os suprimentos existentes e contribuir com a sustentabilidade do meio ambiente (OLIVEIRA et al., 2007).

No Brasil a demanda por uso de água é crescente. A partir dos anos 2000 houve um aumento considerável no consumo, sendo esse aumento estimado em aproximadamente 80% no total de água retirada das bacias hidrográficas. A previsão é de que, até 2030, a retirada aumente 23% (ANA, 2020).

O aumento gradativo na demanda de água para consumo humano e a contínua poluição dos cursos de água fazem com que esse recurso natural seja limitado, afetando o desenvolvimento econômico e a qualidade de vida da população (SALLA et al., 2013). Neste cenário, as cidades se colocam como organismos vulneráveis ao risco da falta de abastecimento adequado, uma vez que, existe diferença de disponibilidade de recursos hídricos no território brasileiro, ou seja, a distribuição de água é desequilibrada. Enquanto nas regiões mais populosas, como o Sudeste, que possui cerca de 40% do total de brasileiros, dispõe de apenas 6% de toda a água disponível no Brasil, na região Norte (com apenas 7% da população), há 69% dos recursos hídricos disponíveis em nosso país (DELPÁZ et al., 2019; MARINOSKI e GHISI, 2008). Assim, entender e tratar dessas vulnerabilidades urbanas emergentes e crescentes é uma possibilidade de promoção da sustentabilidade e resiliência nesses centros urbanos, tendo em vista, medidas que gerem melhor aproveitamento e gestão de recursos hídricos, como o aproveitamento de água pluvial (SILVA, DANTAS E RODRIGUES, 2020).

Durante muitos anos a única forma de destinação de águas pluviais era por meio do que é conhecido como sistema tradicional ou convencional, constituído principalmente por canalizações, cujo principal objetivo é evacuar águas pluviais o mais rápido possível de onde são geradas (SOUZA et al., 2012). Em 1970, o sistema tradicional de drenagem urbana começou a ser questionado, por não se mostrar eficiente e sustentável (URBONAS E STAHRÉ, 1993). Portanto, como alternativa várias medidas que compensam as alterações de crescimento urbano no ciclo da água e que tratam a água pluvial como um recurso foram desenvolvidas no contexto de drenagem urbana (BERTONI et al., 2017). Essas medidas são chamadas de técnicas compensatórias ou medidas não convencionais, também conhecidas em outros países como *Best Management Practices* (BMPs) (AHIABLAME et al., 2012; MAY, 2004).

Segundo URBONAS e Stahre (1993), Baptista et al. (2011) e Righetto (2009), as técnicas compensatórias viabilizam a retenção, detenção, e infiltração no solo dos escoamentos superficiais o mais próximo possível dos locais onde foram gerados, sem serem transmitidos para jusante, permitindo controle mais eficiente, podendo ser usadas para fins potáveis e não potáveis garantindo economia no abastecimento de água (SILVA et al., 2014; CUNHA, 2010) e, também

ajuda a manter as recargas dos aquíferos que são perdidas com a impermeabilização do solo. Esta impermeabilização acarreta alagamentos, inundações e enchentes, o que gera prejuízos financeiros e humanos (GUERRA E GONÇALVES, 2020; FERNANDES, 2018; REZENDE E TECEDOR, 2017).

O aproveitamento de água pluvial apresenta-se como uma forma de alívio na demanda de água pelas agências responsáveis pelo abastecimento público e como uma alternativa para o controle do escoamento superficial excessivo, devido a retenção de parte do montante da água da chuva e melhor distribuição temporal do volume não reservado para o sistema de drenagem urbano (FERNANDES, 2018; REZENDE E TECEDOR, 2017; JAQUES, 2005; ROSTAD *et al.*, 2016).

Existem dados que mostram que entre 30% a 40% do consumo de água em residências são destinados para fins não potáveis (DALPAZ *et al.*, 2019; MAY, 2004; Rostad *et al.*, 2016). Já nos estabelecimentos públicos como, por exemplo as escolas, geralmente o consumo de água e o desperdício são bastante elevados, tendo em vista que esses locais atendem uma grande quantidade de pessoas, sendo mais de 50% da água consumida é destinada para fins menos nobres, como por exemplo, descarga de bacias sanitárias, lavagem de veículos, sistemas de ar condicionado, irrigação paisagística, dentre outros que não exigem a potabilidade dessa água (MACHADO, 2019).

Atualmente no Brasil, os déficits relacionados ao abastecimento público de água, faz-se pensar que qualquer conceito que promova a economia de consumo de água potável deva ser considerado, já que 31,3 milhões de brasileiros não têm acesso ao abastecimento de água e 19,2 milhões, mesmo ligados as redes de abastecimento, não recebem água todos os dias (SNIS, 2021).

Diante do exposto anteriormente, fica evidente que se deve considerar o aproveitamento de águas pluviais no ambiente construído, quando se pretende torna-lo sustentável. Tanto que Carvalho e Furukawa (2011), Rostad *et al.* (2016) e Gomezy e Teixeira (2017) citam a gestão sustentável da água como um dos principais conceitos relacionados ao processo de construção sustentável.

Neste contexto, o presente trabalho tem como objetivo analisar o uso sustentável de água pluvial em um ambiente construído considerando sua utilização para fins não potáveis, uma vez que, a redução do consumo de água potável nos sistemas prediais representa uma importante colaboração para a conservação da água no meio urbano e um olhar sustentável para a edificação.

1.1. JUSTIFICATIVA

O crescente aumento populacional nos centros urbanos e das atividades econômicas intensivas tem aumentado a demanda por sistemas de abastecimento de água eficientes e com qualidade. O histórico da evolução dos usos da água está diretamente relacionado ao desenvolvimento econômico e ao processo de urbanização do país (ANA, 2020).

O abastecimento urbano é o segundo maior uso da água no País, respondendo por 24,3% da água captada em 2019, e ocorre de forma concentrada no território, acarretando crescente pressão sobre os sistemas de abastecimento de água. As crises hídricas em mananciais de captação, como as enfrentadas pelas regiões metropolitanas de São Paulo, Rio de Janeiro, Belo Horizonte e Distrito Federal, ampliaram a discussão sobre a segurança hídrica de áreas de concentração populacional elevada (ANA, 2020).

Neste contexto, promover a extensão e implantação de medidas para viabilizar o uso sustentável da água torna-se extremamente necessário. Entre essas medidas, destacam-se os sistemas de aproveitamento de água pluvial para complementar a oferta de água no abastecimento público (SILVA, DANTAS E RODRIGUES, 2020; DAIGGER, 2009; ABDULLA E AL-SHAREEF, 2009).

O aproveitamento de águas pluviais é um conceito relativamente simples, que, ao invés de deixar a água da chuva escoar, ela é captada de uma superfície impermeável, armazenada em um reservatório e utilizada como fonte alternativa de abastecimento, atendendo ao conceito da construção sustentável (SILVA *et al*, 2014; WATERFALL, 2006). O termo ‘reúso’ ou ‘reutilização’ é popularmente usado para expressar o aproveitamento de águas pluviais em edificações. Porém, é importante ressaltar que águas pluviais não são submetidas ao reúso, pois ainda não foram utilizadas (SANTANA E MEDEIROS, 2017).

A relevância da gestão adequada dos recursos hídricos é atualmente inquestionável, de forma que a negligência e descaso com essa questão se fazem sentir em regiões do país onde, a algum tempo atrás, a escassez de água ainda não era uma realidade. Segundo Magalhães (2023) no Brasil, a falta de água agravou-se a partir do ano de 2014, sendo a região sudeste a principal afetada, acompanhada também da região centro-oeste.

Conforme salientam Salla et al. (2013), é fundamental a conscientização da população sobre o uso racional da água e a necessidade de implantação de um sistema de abastecimento de água alternativo que possa suprir a demanda. RainMap (2017) e Burns et al. (2010) afirmam que o aproveitamento de água pluvial em larga escala no uso para fins não potáveis, é capaz de reduzir os impactos gerados pela exploração dos recursos hídricos, contribuindo de forma indireta para o alívio do sistema de drenagem urbana de águas pluviais.

A utilização de fontes alternativas de água não é um conceito novo, essa prática é adotada no mundo há muitos anos. A crescente demanda por água, faz com que o sistema de aproveitamento seja um tema atual e de grande relevância. Dessa forma, deve-se considerar a conservação da água como parte de uma atividade mais abrangente, que é o uso eficiente e racional da água, analisando o controle de perdas e desperdícios e a redução da produção de efluentes e do consumo de água.

Diante do exposto, este trabalho visa contribuir na orientação para implantação de sistema de aproveitamento de água de chuva na Moradia Universitária do Cerrado (MUC) da

Universidade Federal de Catalão (UFCAT), bem como servir de exemplo para implantação de projetos semelhantes em outras instituições e locais dentro do município de Catalão, incentivando a redução do consumo de água potável e garantindo uma gestão mais sustentável dos recursos hídricos.

1.2. OBJETIVOS

O objetivo geral é analisar a viabilidade de implantação de sistema de aproveitamento de água pluvial na Moradia Universitária do Cerrado da Universidade Federal de Catalão, considerando a utilização da água pluvial como fonte alternativa de abastecimento parcial de água na edificação, para fins não potáveis.

1.2.1 Objetivos específicos

Para se alcançar o objetivo geral deste trabalho, foram traçados os seguintes objetivos específicos:

- Apresentar os elementos que compõem o sistema de aproveitamento de água de chuvas;
- Obter os dados pluviométricos da região de estudo;
- Analisar a qualidade da água pluvial captada da edificação objeto do estudo;
- Investigar o consumo médio de água não potável na edificação;
- Definir o volume do reservatório de água pluvial com uso do software Netuno;
- Analisar a viabilidade técnica e econômica da implantação do sistema de aproveitamento de águas pluviais na Moradia universitária, a partir dos resultados obtidos.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 DISPONIBILIDADE HÍDRICA

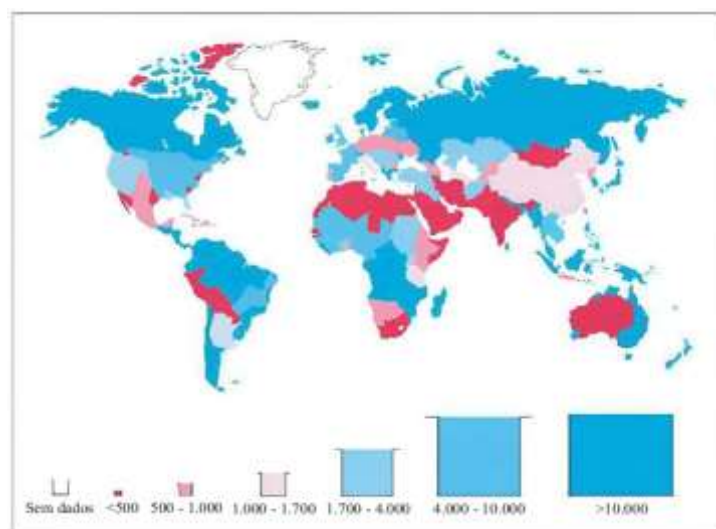
O termo *água* refere-se em geral ao elemento natural, desvinculado de qualquer uso ou utilização. Por sua vez, o termo *recurso hídrico* é a consideração da água como bem econômico (REBOUÇAS, 2002). Assim, nem toda a água da Terra é, necessariamente, um recurso hídrico, na medida em que seu uso nem sempre tem viabilidade econômica.

As águas da Terra encontram-se em permanente movimento, constituindo o chamado ciclo hidrológico, que é o processo natural de evaporação, precipitação, condensação, retenção e escoamento superficial, infiltração, percolação da água no solo e aquíferos e interação entre esses componentes e que constituem o chamado Balanço Hídrico, resultado da quantidade de água que entra e sai de um sistema em um determinado intervalo de tempo (RIGHETTO, 1998).

Considera-se atualmente que a quantidade total de água na Terra, de 1,386 milhões de km^3 , tem permanecido de modo aproximadamente constante durante os últimos 500 milhões de anos. A distribuição dos volumes estocados nos principais reservatórios de água mostra que 97,5% do volume total de água da Terra formam os oceanos e somente 2,5 % são de água doce. Entretanto 68,9% desta água doce forma as calotas polares e as geleiras, 29,9% constituem as águas subterrâneas, 0,9% são relativas à umidade dos solos e pântanos e apenas 0,3% são relativas aos rios e lagos (REBOUÇAS, BRAGA, TUNDISI, 1999).

A água doce é um recurso escasso e distribuído de forma desigual pelo mundo, sendo que 60% desse recurso encontra-se em apenas 10 países: Brasil, Indonésia, China, Canadá, Rússia, Estados Unidos, Índia, Colômbia e Congo. Soma-se a isto, às diferenças na densidade populacional nas regiões do planeta, o que faz que acarreta grandes variações na disponibilidade de água doce *per capita* como ilustra a Figura 2.1 (SAVEH, 2019).

Figura 2.1 – Disponibilidade de água per capita ($\text{m}^3/\text{pessoa}/\text{ano}$).



Fonte: SAVEH (2019)

Mostra-se na Figura 2.1 que há água doce em abundância em nosso planeta, porém ela não está prontamente disponível. A sua distribuição é desigual e assegurar o acesso à água de qualidade para todos os fins humanos implica em custos altos, uma vez que, fornecer abastecimento público de água consome uma quantidade relevante de recursos, como por exemplo, os investimentos para construir, operar, reabilitar ou substituir as infraestruturas de apoio (USDE, 2006; ARPKE E HUTZLER, 2006). Consequentemente, mesmo em países com equilíbrio favorável entre demanda e disponibilidade hídrica, há interesse em avaliar alternativas para melhorar o uso eficiente da água (ROSTAD *et al.*, 2016).

Segundo estudos desenvolvidos pela Organização Das Nações Unidas (ONU), grande parte do mundo já enfrenta problemas de escassez hídrica ou risco de escassez e, cerca de 10%, sequer tem acesso a uma quantidade mínima de água potável para consumo diário (SAVEH, 2019).

Desde 2000, a preocupação com o aumento da demanda e a carência de recursos hídricos, no contexto da sustentabilidade ambiental e gestão dos recursos naturais, foi um dos objetivos de Desenvolvimento do Milênio estabelecidos pelas Nações Unidas, visando preservar esses recursos para as próximas gerações (ONU, 2000, 2015).

Segundo dados da Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO, 2021), o consumo global de água doce aumentou seis vezes nos últimos cem anos. Desde a década de 1980, o consumo a nível mundial continua a crescer a uma taxa de 1% ao ano (RIBEIRO e GHISI, 2023). O aumento é muitas vezes resultado do crescimento populacional e de indústrias, agricultura irrigação, pecuária, produção de energia e indústria transformadora (WRI, 2023).

O Relatório de Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil, publicado em 2019, traz a demanda por uso de água no Brasil, sendo que o setor que mais consome água é o da irrigação, seguido do uso animal, indústria e, posteriormente, o abastecimento urbano, conforme detalhados na Figura 2.2 (ANA, 2019).

Figura 2.2 – Total de água consumida no Brasil.



Fonte: ANA (2019)

A demanda hídrica estabelecida pela ONU (1997) é igual a 1000 m³/ano/hab. Este valor foi estabelecido em função das demandas médias mundiais para todo os usos (doméstico - 10%, industrial – 20% e agricultura – 70%) e uma demanda diária de 200 litros de água por dia para uso doméstico, englobando alimentação e higiene pessoal. O estudo de Rebouças, Braga e Tundisi (1999), tendo-se por base a população de 1995 e utilizando a demanda apresentada pela ONU (1997), verificou que os países se agrupam em classes que vão de muito pobre de água doce (<500 m³/ano/hab) a muito rico (>100000m³/ano/hab), os seus níveis de consumo variam entre muito baixo (<100m³/ano/hab) a muito alto (>2000m³/ano/hab). No Quadro 2.1 apresenta-se a distribuição dos países segundo os níveis potenciais de disponibilidade hídrica e usos para o ano de 2000 (m³/hab/ano).

Quadro 2.1 - Distribuição dos países segundo os níveis potenciais de disponibilidade hídrica e de uso para o ano de 2000 (m³/hab/ano).

Disp. Hídrica Níveis de uso	Muito pobre <500	Pobre 500 - 1000	Regular 1000 - 2000	Suficiente 2000 - 10000	Rico 10000 - 100000	Muito rico >100000
Muito baixo < 100	Bahamas Malta Singapura	Quênia	Etiópia	Costa do Marfim Gana Nigéria Tanzânia	Angola Camarões Congo Indonésia Vietnã Zaire	Gabão Papua
Baixo 100 - 500	Argélia E. Árabes Gaza Iemem Israel Jordânia Quatar Tunísia	Cabo Verde	África do Sul Haiti Líbano Marrocos Omã Polônia R. Tcheca Senegal Somália Zimbábue	Belaros China	Áustria Bangladesh Bolívia Brasil Colômbia Mali Suécia Venezuela	Guiana Francesa Islândia
Moderado 500 - 1000	Arábia Saudita Líbia	Espanha Bélgica Ucrânia Alemanha	Japão França Holanda Índia	México Suíça Síria Peru	Reino Unido Turquia Albânia	Malásia N. Zelândia Rússia
Alto 1000 - 2000		Egito	Paquistão	Afeganistão Bulgária EUA Filipinas Irã	Argentina Austrália Canadá Chile madagascar	

Fonte: Rebouças, Braga, Tundisi (1999)

Quadro 2.1 – Continuação - Distribuição dos países segundo os níveis potenciais de disponibilidade hídrica e de uso para o ano de 2000 (m³/hab/ano).

Disp. Hídrica Níveis de uso	Muito pobre <500	Pobre 500 - 1000	Regular 1000 - 2000	Suficiente 2000 - 10000	Rico 10000 - 100000	Muito rico >100000
Muito alto >2000		EUA (baixo Colorado)		Azerbaijão Cazaquistão Irake	Turquistão EUA (Colorado)	Sibéria (Rússia) Suriname

Fonte: Rebouças, Braga, Tundisi (1999)

Observa-se no Quadro 2.1 que o Brasil é considerado um país rico em disponibilidade hídrica, apresentando uma demanda baixa. A classificação adotada pela UNESCO (2003) referente aos níveis potenciais de disponibilidade hídrica e usos no quadro mundial (m³/hab/ano) é de: situação de escassez (<500 m³/hab/ano); situação de estresse (500 a 1700 m³/hab/ano) e situação confortável (>1700 m³/hab/ano).

O Quadro 2.2 apresentam um ranking com os países e suas classificações quanto aos níveis de estresse hídrico.

Quadro 2.2 – Rankings nacionais de estresse hídrico.

RANKINGS NACIONAIS DE ESTRESSE HÍDRICO				
Classificação dos países				
Extremamente alto (>80%)	Alto (40-80%)	Médio – Alto (20-40%)	Baixo Médio (10-20%)	Baixo (<10%)
Bahrein Chipre Kuwait Líbano Omã Qatar Emirados Árabes Unidos Arábia Saudita Israel Egito Líbia Iêmen Botswana Irã Jordânia	Eritreia Espanha Argélia Paquistão Peru Turcomenistão Uzbequistão Tailândia Andorra Albânia Níger Eritreia Espanha Turquia Afeganistão	Indonésia Bangladesh Estados Unidos Cazaquistão Azerbaijão Coreia do Sul Sri Lanka Tajiquistão Coreia do Norte Senegal Zimbábue Lituânia Mianmar Vietnã Alemanha	Suriname Polônia Cuba Brkina Faso Eslováquia República Dominicana Haiti Países Baixos Sudão Bulgária Sudão do Sul Ucrânia Reino Unido Moldávia Suriname	Liechtenstein Finlândia Nigéria Quênia Suécia Malawi Panamá Laos Montenegro Mali Equador Costa Rica Letônia Eslovênia Colômbia

Fonte: World Resources Institute (2023)

Quadro 2.2 – Continuação - Rankings nacionais de estresse hídrico.

RANKINGS NACIONAIS DE ESTRESSE HÍDRICO				
Classificação dos países				
Extremamente alto (>80%)	Alto (40-80%)	Médio – Alto (20-40%)	Baixo Médio (10-20%)	Baixo (<10%)
Chile São Marino Bélgica Grécia Tunísia Namíbia África do Sul Iraque Índia Síria México Marrocos	Itália Quirguistão Portugal Nepal Djibouti Mongólia Macedônia Armênia Lesoto Luxemburgo Austrália China Mauritânia Guiana	Filipinas Japão El Salvador França Tanzânia Camboja República Checa Argentina Uruguai Venezuela Timor-Leste Somália El Salvador	Polônia Sérvia Canadá Estônia Romênia Bielorrússia Rússia Angola Etiópia Dinamarca Geórgia Madagascar Chade Brasil Malásia Guatemala	Suíça Bósnia e Herzegovina Moçambique Butão Irlanda Guiné Suazilândia Guiné-Bissau Áustria Nicarágua Uganda Norguega Croácia Bolívia Honduras Gana Belize Nova Zelândia Gâmbia República do Congo República Democrática do Congo República Centro Africana Camarões Benin Togo Paraguai Burundi Brunei Costa do Marfim Gabão Guiné Camarões Equatorial Islândia

Fonte: World Resources Institute (2023)

Quadro 2.2 – Continuação - Rankings nacionais de estresse hídrico.

RANKINGS NACIONAIS DE ESTRESSE HÍDRICO				
Classificação dos países				
Extremamente alto (>80%)	Alto (40-80%)	Médio – Alto (20-40%)	Baixo Médio (10-20%)	Baixo (<10%)
				Jamaica Libéria Papua Nova Equatorial Guiné Ruanda Serra Leoa

Fonte: World Resources Institute (2023)

Pelo Quadro 2.2 podemos verificar que 25 países, que abrigam um quarto da população, enfrentam estresse hídrico extremamente elevado, consumindo regularmente quase todo o seu abastecimento de água disponível para irrigação, pecuária, indústria e necessidades domésticas, colocando em risco a vida dos cidadãos, o emprego, a segurança alimentar e energética, pois a água é fundamental para o cultivo e a criação de gado, produção de eletricidade, manutenção da saúde humana, promoção de sociedades equitativas e para o cumprimento dos objetivos climáticos mundiais (WRI, 2023).

Um país que enfrenta estresse hídrico extremo significa que está utilizando pelo menos 80% do seu abastecimento disponível; estresse hídrico elevado significa que está a retirar 40% do seu abastecimento e assim sucessivamente. Sem intervenção, como investimento em infraestruturas hídricas e uma melhor gestão da água, o estresse hídrico continuará a piorar, especialmente em locais com populações e economias em rápido crescimento (WRI, 2023).

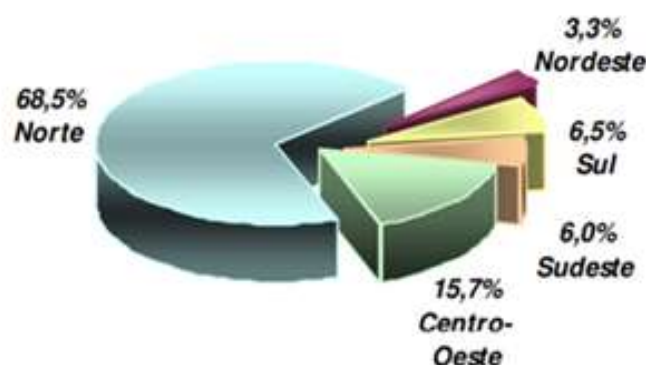
Gerou-se a necessidade de definir modelos e procedimentos de avaliação da disponibilidade hídrica de uma região ou país, de forma a categorizar as demandas e disponibilidades regionais e contribuir para as políticas públicas de gestão dos recursos hídricos para essas regiões (BRANCO, 2006; GOMEZ e TEIXEIRA, 2017).

A disponibilidade hídrica de uma bacia hidrográfica em estudo está relacionada ao balanço entre o seu potencial de produção de água e a quantidade demandada pelos diversos usos consuntivos, como abastecimento público, produção de alimentos e as atividades industriais. Faz-se uma comparação dos volumes de água disponíveis com a demanda atual e projetada.

O Brasil destaca-se no cenário mundial pela grande descarga de água doce dos seus rios, cuja produção hídrica da parte brasileira (177.900 m³/s) e mais a da Amazônia Internacional (73.100 m³/s), representa 53% da produção de água doce da América do Sul (BRANCO, 2006). Esses valores podem representar uma abundância de água doce no nosso território e incentivar a cultura do desperdício de água, a falta de gestão eficiente dos recursos hídricos e a não conservação da mesma.

O Brasil detém uma das maiores bacias hídricas do planeta, ou seja, um quinto de toda a reserva global. Tomaz (2001) e Jaques (2005) descrevem que o Brasil possui 12% da água doce do mundo, porém, a disponibilidade hídrica per capita é insuficiente para atender a demanda necessária de alguns estados. Na Figura 2.3, verifica-se a distribuição de água doce no Brasil.

Figura 2.3 – Distribuição de água doce no Brasil



Fonte: Tomaz (2001)

Apresenta-se na Tabela 2.1 a distribuição da população nas regiões do Brasil no ano de 2022, podendo-se relacionar a concentração populacional à distribuição de água doce nas regiões.

Tabela 2.1 - Distribuição da população nas regiões do Brasil no ano de 2022.

Regiões do Brasil	Área (km ²)	População (hab.)	Porcentagem da população (%)
Norte	3.850.5193	17.349.619	8,54
Nordeste	1.552.175	54.644.582	26,91
Sudeste	924.558	84.847.187	41,78
Sul	576.737	29.933.315	14,74
Centro Oeste	1.606.354	16.287.809	8,02
TOTAL	8.510.418	203.062.512	100,00

Fonte: IBGE (2022)

Observa-se na Tabela 2.1 que as maiores populações estão nas regiões Sudeste e Nordeste. No Brasil, existe um grande desequilíbrio entre a concentração de água e a população. Nas regiões onde há predominância das atividades industriais e agrícolas existe uma pequena porcentagem de volume de água disponível, verificando-se o oposto nas regiões onde essas atividades não são intensas.

Na região Norte representando 8,54% da população dispõe de 68,5% da água doce do país, enquanto a região Nordeste que contém 26,91% da população dispõe de 3,3%; a região Sudeste onde vivem 41,78% dos brasileiros apresenta somente 6,0% de água doce disponível, a região Sul representando 14,74% dispõe de 6,5%, e a região Centro Oeste com 8,02% da população dispõe de 15,7%.

Segundo Matos *et al.* (2007) vazão média anual dos rios em território brasileiro é de 179 mil m³. s⁻¹ (5.660 km²/ano). Apresenta-se na Tabela 2.2 a divisão das regiões hidrográficas brasileiras.

Tabela 2.2 – Regiões hidrográficas brasileiras

Região hidrográfica	Unidades federativas (siglas)	Bacias	Principais rios	Vazão média (m³.s⁻¹)	Área total (km²) e Porcentagem do Brasil (%)
Amazônica	AC, AM, RR, RO, MT, PA e AP	Bacia do rio Amazonas, dos rios da Ilha de Marajó e dos do Amapá	Amazonas, Negro, Solimões e Xingu	131.947	3.800.000 km ² (44,63%)
Tocantins-Araguaia	GO, MT, TO, MA, PA e DF	Bacia do rio Tocantins	Tocantins, Araguaia, Vermelho e Crixá-Açú	13.624	967.059 km ² (11,36%)
Atlântico Nordeste Ocidental	MA e PA	Sub-bacias dos rios Mearim e Itapecuru	Gurupi, Turiaçu, Pericumã e Mearim	2.683	254.100 km ² (2,98%)
Atlântico Nordeste Oriental	CE, RN, PB, PE e AL	Pequenas bacias costeiras	Jaguaribe, Salgado, Banabuiú e Cariús	779	287.348km ² (3,37%)
Parnaíba	PI, MA e CE	Bacia do Rio Parnaíba	Parnaíba, Balsas, Gurgueia e Uruçuí-Preto	763	344.112 km ² (4,04%)
São Francisco	SE, AL, PE, BA, GO, MG e DF	Bacia do rio São Francisco	São Francisco, das Velhas, Abaeté e Carinhanha	2.850	640.000 km ² (7,52%)
Atlântico Leste	SE, BA, MG e ES	Bacia do rio Jequitinhonha, Mucuri, São Mateus, Paraguaçu	Paraguaçu, Mucuri, Pardo e Jequitinhonha, São Mateus	1.492	374.677 km ² (4,4%)
Atlântico Sudeste	ES, MG, RJ, SP e PR	Bacia do rio Doce, Ribeira, Paraíba do Sul	Doce, Paraíba do Sul, Ribeira de Iguape	3.179	229.97km ² (2,7%)
Paraná	MG, GO, MS, SP, PR, SC e DF	Sub-bacia do rio Paraná em território brasileiro	Paraná, Paranaíba, Tietê e Iguaçu	11.453	879.860 km ² (10,33%)

Fonte: Fonte: Adaptado de ANA (2021) e Matos et al. (2007)

Tabela 2.2 – Continuação - Regiões hidrográficas brasileiras

Região hidrográfica	Unidades federativas (siglas)	Bacias	Principais rios	Vazão média (m³.s⁻¹)	Área total (km²) e Porcentagem do Brasil (%)
Paraguai	MT e MS	Sub-bacia do rio Paraguai em território brasileiro	Paraguai, Miranda, Cuiabá e São Lourenço	2.368	1.100.000 km² (12,92%)
Uruguai	RS e SC	Sub-bacia do rio Uruguai em território brasileiro	Uruguai, Chapecó, Passo Fundo e da Várzea	4.121	174.612 km² (2,05%)
Atlântico Sul	SP, PR, SC e RS	Bacia do rio Camaquã, Itajaí, Jacuí, Itajaí-Mirim, Itajaí do Sul	Itajaí, Jacuí, Itajaí-Açu e Itajaí do Sul	4.174	185.856 km² (2,18%)
Brasil				179.433	

Fonte: Adaptado de ANA (2021) e Matos et al. (2007)

As bacias hidrográficas do Brasil são extensas e formadas por rios caudalosos e importantes para suas respectivas regiões, fazendo com que o país possua a maior reserva de água doce/potável do planeta. É importante recordar que as bacias hidrográficas consistem em uma grande área definida topograficamente, em que um rio principal é alimentado por outros rios ao seu redor, os afluentes, de forma que toda a vazão efluente é descarregada por uma simples saída, seu exutório (MATIAS, 2023).

As maiores demandas de água no Brasil ocorrem nas regiões hidrográficas de São Francisco, Paraná, Uruguai, Tocantins-Araguaia, Paranaíba e Grande. Essas regiões permanecerão liderando o crescimento dos usos, especialmente pela expansão da irrigação mecanizada, da agroindústria e das cidades. Com isso, a interdependência de mananciais e as grandes transferências de água entre bacias hidrográficas tendem a ser cada vez mais necessárias e complexas (ANA, 2021).

A ONU frequentemente utiliza o quociente entre a vazão média anual e a população anual como indicador de disponibilidade hídrica por habitante em grandes regiões (MATOS *et al.*, 2007), dessa forma, apresenta-se na Tabela 2.3 a vazão média por habitante no país.

Tabela 2.3 – Vazão média por habitante no país

Região Hidrográfica	População (10⁶ hab.)	Vazão média por habitante (m³/hab/ano)
Amazônica	8	533.096
Tocantins/Araguaia	7	59.858

Fonte: Adaptado de Matos *et al.* (2007)

Tabela 2.3 – Continuação - Vazão média por habitante no país

Região Hidrográfica	População (10⁶ hab.)	Vazão média por habitante (m³/hab/ano)
Atlântico Nordeste Ocidental	5	15.958
Atlântico Nordeste Oriental	21	1.145
Parnaíba	4	6.456
São Francisco	13	7.025
Atlântico Leste	14	3.362
Atlântico Sudeste	25	3.972
Atlântico Sul	12	11.316
Uruguai	4	33.893
Paraná	55	6.607
Paraguai	2	39.559

Fonte: Adaptado de Matos *et al.* (2007)

Em termos de relação entre a vazão média e a população, a situação mais crítica é a observada na região hidrográfica Atlântico Nordeste Oriental, com média de 1.145 m³/hab.ano, sendo que em algumas unidades hidrográficas dessa região são registrados valores menores de 500 m³/hab.ano.

Segundo Matos *et al.* (2007) nas regiões do Atlântico Leste, do Parnaíba e do São Francisco há, normalmente, uma associação de baixa pluviosidade e elevada evapotranspiração. A irregularidade das chuvas ao longo do ano e ocorrência de eventos críticos de precipitações. É na porção semi-árida dessas regiões que o fenômeno da seca tem repercussões mais graves e a água passa a ser fator de sobrevivência para as populações locais.

As regiões mais abastadas de água, maior disponibilidade hídrica (m³/hab/ano), não estão livres de uma crise de água, haja vista que, além da disponibilidade, são necessários planejamento, gestão e infraestrutura para garantir a distribuição desse recurso para todos os habitantes.

O Brasil possui um grande privilégio hídrico devido à quantidade de rios e aquíferos (águas subterrâneas) existentes em nosso território. Entretanto, toda essa riqueza, se mal administrada ou malcuidada, pode acabar se tornando exaurível e imprópria para o consumo. Ter grande disponibilidade de água no território significa ter grande responsabilidade no cuidado dessa água, que é um recurso natural tão vital para a sobrevivência dos seres humanos (BRANCO, 2006). Os problemas de disponibilidade hídrica no Brasil decorrem fundamentalmente da combinação do crescimento exagerado de demandas localizadas (urbanas e às vezes pela irrigação) e da degradação da qualidade das águas (SAUTCHUK *et al.*, 2005). Torna-se, portanto, necessário estabelecer controle sobre estes usos.

A necessidade de gerenciamento dos recursos hídricos configura-se à medida que a demanda evolui, atingindo determinados níveis das disponibilidades. Segundo observações das ONU (2003), quando a utilização de água representa menos de 5% da disponibilidade total pouca ou nenhuma atividade de gerenciamento é necessária; entre 5 e 10% pode haver necessidade de

gerenciamento para resolver problemas localizados; entre 10 e 20% a atividade de gerenciamento se torna indispensável; entre 20 a 40% significa a necessidade de intensas atividades de gerenciamento e grandes investimentos; e acima de 40% a situação é muito crítica. O Quadro 2.3 resume as principais bacias onde a relação entre a demanda e a disponibilidade hídrica é preocupante (>10%), crítica (20 a 40%) e muito crítica (>40%).

Quadro 2.3 – Principais rios com trechos onde a relação entre demanda e disponibilidade é preocupante, crítica e muito crítica.

Região hidrográfica	Principais bacias	Classificação
Tocantins/Araguaia	Cabeceiras dos rios: • Ribeirão da Água Limpa, próximo ao município de Jussara/GO; • Rio Vermelho, próximo ao município de Goiás/GO; • Rio Padre Sousa, próximo ao município de Pirenópolis/GO; • Rio Jaburu, entre Formoso do Araguaia e Pium/TO; • Rio Formoso, próximo ao município de Lagoa da Confusão/TO.	Preocupante
Atlântico Ocidental Nordeste	• Rio Mearim, desde o município de Barra da Corda/MA; • Rio Preto, entre os municípios de Mata Roma e São Benedito do Rio Preto/MA.	Preocupante
Parnaíba	• Rios Itaim e Canindé, entre os municípios de Picos/PI e Francisco Ayres/PI; • Rio Potis e afluentes;	Preocupante
	• Rio Longa/PI.	Crítica
Atlântico Oriental Nordeste	• Rio Acaraú/CE; • Rios da faixa litorânea norte do RN (Cabuji e outros).	Crítica
	• Rios Aracatiaçu e Curu/CE; • Bacias da região metropolitana de Fortaleza/CE; • Rio Jaguaribe e afluentes, CE; • Rios Apodi, Mossoró e afluentes, RN; • Rio Piranhas-Açu e afluentes, RN e PB; • Rios Boqueirão, Maraxanguape, Punaú, RN; • Rios Ceará-Mirim e Potengi, RN; • Rios Trairi e Pirangi, RN e PB; • Rio Paraíba, PB; • Rios Jacu, Curimataú, Mamanguape, RN e PB; • Rio Paraíba, PB; • Rios Gramame, Goiania, PB e PE; • Rio Capibaribe, PE; • Rios Uma, Ipojaca Sirinhaém, PE; • Rio Mundaú, AL.	Muito crítica

Fonte: Matos et al. (2007)

Quadro 2.3 – Continuação - Principais rios com trechos onde a relação entre demanda e disponibilidade é preocupante, crítica e muito crítica.

Região hidrográfica	Principais bacias	Classificação
São Francisco	• Rio Pará, entre os municípios de Pompéu e Pitangui/MG; Afluentes do rio Paracatu: • Rio Preto, DF, GO e MG; • Rio São Pedro e Ribeirão Entre-ribeiros/MG; Afluentes do rio Urucuia: • Rio São Miguel/MG; • Ribeirão da Conceição/MG; • Alto Rio Grande até confluência com o rio Preto/BA.	Preocupante
	• Rio Paraopeba/MG; • Rio das Velhas/MG; • Rio Ipanema, AL e PE.	Crítica
	• Rios Verde Grande e Gorotuba, MG e BA; • Rio das Rãs e rio Santo Onofre/BA; • Rios Paramirim e Carnaíba de Dentro/BA; • Rios da margem esquerda de Sobradinho/BA; • Rios Jacaré, Salitre, Curaçá, Macuré/BA; • Rios Pontal, Garças, Brigida, Terra Nova/PE; • Rios Pajeú, Moxotó, Curitiba/PE.	Muito crítica
Atlântico Leste	• Rios Sergipe, Vaza-Barris, Jacaré, Real/BA; • Rios Itapicuru, Inhambupe, Pojuca, Paraguaçu/BA; • Rios Jequiriçá, Rio de Contas, Pardo, BA e MG.	Muito crítica
	• Rios Itaúnas e São Mateus, MG e ES.	Crítica
Atlântico Sudeste	• Rio Barra seca; • Rio Itapemirim, entre Cachoeiro de Itapemirim/ES e a foz; Rios Paraíba do Sul, Pomba e Muriaé, SP, MG e RJ.	Preocupante
	• Rio Grande (afluente do Paraíba do Sul)	Crítica
	• Rio Guandu/RJ; • Rios da Baía do Guanabara/RJ.	Muito crítica
Atlântico Sul	• Rio Itajaí-Açu entre os municípios de Rio do Oeste e Rio do Sul/SC; • Rio Hipólito, em Laguna/SC; Afluentes do rio Guaíba: • Rios Pardo, Tquari, Caí/RS.	Preocupante
	• Rios Guaíba e Jacuí/RS; • Rio Camaquã/RS; • Rio Piratini/RS.	Crítica
	Afluentes do rio Guaíba: • Rios Vacacaí e Rio dos Sinos.	Muito crítica
Uruguai	• Rio do Peixe/RS; • Rio Piratini/RS.	Preocupante
	• Rio Uruguai, entre os municípios de Uruguaina e Barra do Quaraí.	Crítica

Fonte: Matos et al. (2007)

Quadro 2.3 – Continuação - Principais rios com trechos onde a relação entre demanda e disponibilidade é preocupante, crítica e muito crítica.

Região hidrográfica	Principais bacias	Classificação
Uruguai	• Rio Icamaquã/RS; • Rio Ibicuí/RS; • Rio Santa Maria/RS • Rio Quaraí/RS.	Muito crítica
Paraná	• Rio Corumbá/GO; • Rio Turvo e rio dos Bois/GO; Afluentes do rio Grande: • Rios Sapucaí, Turvo, SP; • Rio Pardo (afluente do rio Mogi-Guaçu) /SP. • Rui Igapé ou Feio/SP; • Rio Anhanduí, entre os municípios de Campo Grande e Nova Andradina/MS; • Rio Pardo (afluente do rio Paranapanema), SP; • Rio Ivaí/PR; • Rio Jordão, próximo ao município de Guarapuava/PR.	Preocupante
	• Rio Meia Ponte/GO; • Rio Moji-Guaçu/SP.	Crítica
	• Rio São Bartolomeu, DF e GO; • Rios Tietê e Piracicaba, SP e MG; • Rio Iguaçu, entre Curitiba e União da Vitória.	Muito crítica

Fonte: Matos et al. (2007)

2.2 IMPORTÂNCIA DO APROVEITAMENTO DE ÁGUA

A preocupação com os aspectos quantitativos ou de disponibilidade hídrica vem desde o início de sociedade, onde, nômades e as primeiras comunidades procuravam viver próximos aos rios para suprir suas necessidades vitais, como a dessedentação de animais, alimentação e higiene. Inicialmente, acreditava-se que a água era um recurso inesgotável e, portanto, não haveria necessidade de um uso racional. Essa crença provinha de um cenário de utilização restrito das pequenas comunidades no início de nossa civilização e do pouco conhecimento sobre os recursos hídricos (BRANCO, 2006).

Entre os recursos naturais que o homem dispõe, a água aparece como um dos mais importantes, sendo indispensável para a nossa sobrevivência e desenvolvimento de todos os seres vivos e de inúmeras atividades comerciais, industriais, agrícolas e culturais. A utilização cada vez maior dos recursos hídricos tem resultado em problemas e até conflitos, não só de carência da água, como também de degradação de sua qualidade (MAY, 2004; GOMEZ e TEIXEIRA, 2017).

A segunda metade do século XX trouxe mudanças significativas à população mundial, que passou por um aumento expressivo de habitantes, mudança no modo de vida e aumento de suas necessidades de água, resultado de um processo de urbanização cada vez mais intenso e acelerado, o que deu início à preocupação a possível falta de água e acarretaram ações com vistas ao uso racional dos recursos hídricos (MAY, 2004; BRANCO, 2006).

As cidades estão enfrentando um aumento do estresse hídrico com um desequilíbrio entre os recursos hídricos disponíveis e as demandas projetadas de água urbana. Globalmente, projeta-se que as cidades enfrentarão um aumento do estresse hídrico nas próximas décadas, com populações maiores, desenvolvimento econômico e incidentes climáticos extremos, incluindo secas (CROSSON et al., 2021). Assim, a gestão dos recursos hídricos constitui-se como um fator primordial no planejamento, desenvolvimento e sustentabilidade das áreas urbanas, uma vez que, as atividades urbanas dependem da presença de fontes confiáveis de água, além de estratégias econômicas para o tratamento de descarga de águas pluvias e esgoto geradas na matriz de infraestrutura da cidade (ROSTAD *et al.*, 2016)

No Brasil, problemas como a escassez hídrica, com consequente racionamento de água para a população, decorre do crescimento exagerado das demandas localizadas por água, junto com a distribuição geográfica heterogênea, a disponibilidade limitada dos recursos hídricos e da degradação da qualidade das águas, que são consequências aceleradas pelo processo de urbanização, industrialização e expansão agrícola (PRADO, 2020; SILVA, SOARES, SOARES, 2012).

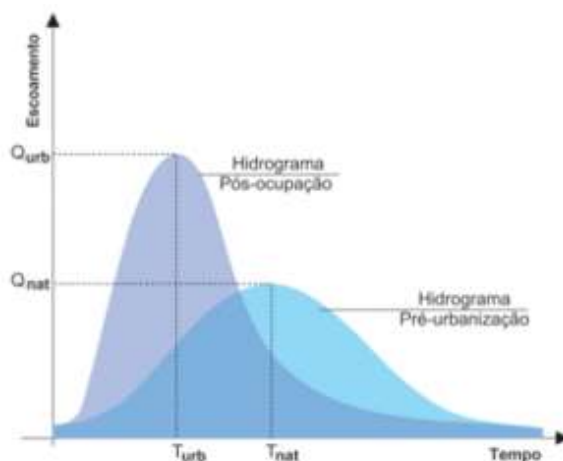
Além de problemas de escassez hídrica, o aumento expressivo de habitantes e o processo de urbanização geraram interferências na natureza que trouxeram diversas consequências, pois as cidades passaram a enfrentar diversas alterações no microclima urbano, como a elevação de temperatura, formação de ilhas de calor, diminuição das taxas de evapotranspiração, desumidificação, bem como alterações nos processos hidrológicos (SANTOS et al, 2016; SILVA et al., 2014).

Isto porque, o processo de urbanização das cidades eleva o índice de impermeabilização do solo, ou seja, as águas das chuvas não penetram no solo devido ao asfalto e ao concreto, comuns nos centros urbanos (SANTOS et al, 2016). Segundo Mendes (2001) planejar e implantar nas cidades infraestrutura para evitar problemas relacionados às chuvas é uma tarefa difícil, e pode ser notado pelo frequente fenômeno de inundações nos grandes centros urbanos, sendo a principal causa relacionada ao elevado índice de impermeabilização do solo urbano, resultado da expansão dos espaços contruídos e da pavimentação maciça que impede a infiltração da água precipitada para o lençol freático, gerando aumento do escoamento superficial e consequentemente, o alagamento de ruas e casas nos locais de maior fluxo de água.

A perda da infiltração e diminuição da recarga de águas subterrâneas dos aquíferos e lençóis freáticos causada pelo processo de impermeabilização do solo, associado ao rebaixamento dos níveis de água, faz com que os mananciais de abastecimento público deixem de ser alimentados em período de seca e, em contrapartida, nos períodos chuvosos onde o escoamento superficial seria atenuado pela capacidade da paisagem em absorver a água da chuva como um recurso associados ao sistema de drenagem urbana não ocorre, resultam em enchentes e alagamentos (BERTONI et al., 2017).

Reis, Ilha e Teixeira (2013), apresentam um perfil de escoamento superficial pré e pós urbanização que relaciona a vazão de escoamento e o tempo de concentração, onde revela um grande aumento no escoamento devido à pouca taxa de infiltração fruto de um solo impermeabilizado, conforme apresentado na Figura 2.4.

Figura 2.4 – Hidrograma de escoamento superficial antes e após urbanização.



Fonte: Reis, Ilha e Teixeira (2013)

A urbanização em crescimento rápido, desencadeia uma série de intercorrências relacionados com a degradação do meio ambiente. A preocupação com o processo de degradação ambiental estimulou a criação do conceito desenvolvimento sustentável em 1987, no relatório Brundtland (SIEVERS E PINHEIRO, 2013).

Segundo Villiers (2002), à medida que cresce a população, o uso sustentável da água depende fundamentalmente da adaptação dessa população ao ciclo de água, devendo-se desenvolver procedimentos e instituições que administrem o uso da água de forma integrada e abrangente, a fim de manter a quantidade e qualidade do suprimento.

Tucci (2002) afirma que no último século a demanda por água aumentou seis vezes, enquanto que a população cresceu apenas três, como consequência grave pode ser observada a redução e o controle do fornecimento de água para consumo.

Na tentativa de diminuir o problema de fornecimento de água para consumo e de escoamento superficial excessivo, o manejo e o aproveitamento da água de chuva para diversos usos ganharam ênfase em várias partes do mundo, sendo considerado um meio de atenuação simples e eficaz, e uma das estratégias mais eficientes de gestão de água urbana (MAY, 2004; OLIVEIRA, 2007; RIBEIRO e GHISI, 2023; ROSTAD *et al.*, 2016; DAIGGER, 2009; BASINGER *et al.*, 2010; PIZÓN *et al.*, 2012; ABDULLA E AL-SHAREEF, 2009; RADHAKRISHNA, 2003; GOMEZ e TEIXEIRA, 2017).

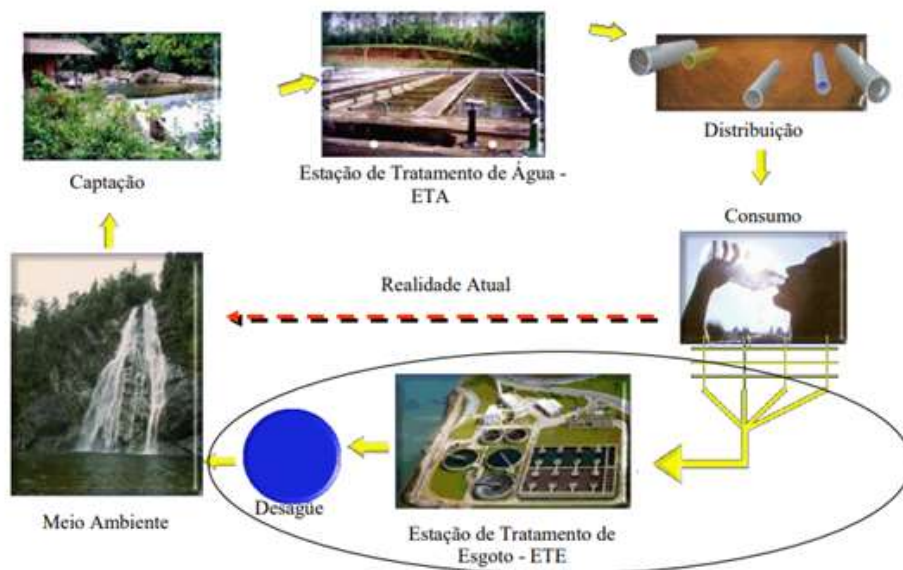
Os estímulos mais relevantes para a implantação de um sistema de aproveitamento pluvial geralmente estão relacionados a preocupação de sustentabilidade, que incluem questões de

escassez de água (devido por exemplo a mudanças climáticas, crescimento populacional, poluição, etc.) (SILVA et al., 2014). Na drenagem de águas pluviais, a sua implantação em grande escala tem como efeito a redução da vazão de pico durante chuvas intensas, o que pode ajudar a aumentar a vida útil da infraestrutura de drenagem urbana (CAMPISANO et al., 2017).

O aproveitamento de água pluvial aumenta a recarga do aquífero (DILLON, 2005), modifica positivamente os microclimas aumentando o teor de umidade e a evapotranspiração (HAMEL et al., 2012), atenua a ilha de calor (COUTTS et al., 2013), e diminui o uso de energia do sistema de água. Dessa forma, as alterações do ciclo hidrológico após a urbanização são minimizadas e o ciclo da água nas cidades se mantém com abastecimento em qualidade e quantidade eficientes à demanda da população.

Para entender o ciclo hidrológico nas cidades deve-se ter conhecimento das etapas do ciclo da água nas mesmas. O ciclo da água nas cidades, tal como o ciclo hidrológico natural é fechado. Tem início com a captação da água, que em seguida passa por uma estação de tratamento (ETA), supre o sistema de reservação e é distribuída aos sistemas prediais e industriais por meio da rede de distribuição, e após o uso da água pelos usuários, os efluentes gerados são conduzidos a uma estação de tratamento de esgotos (ETE) e, finalmente, lançados em rios ou mares para que a água seja novamente captada à jusante para atender a outra população, conforme figura 2.5.

Figura 2.5 – O ciclo da água na cidade.



Fonte: Oliveira et al. (2007)

Nos edifícios, deseja-se para os sistemas de águas pluviais além da compensação das alterações introduzidas no balanço hídrico natural decorrentes da implantação de áreas impermeáveis, um sistema que seja viável e adequado ao local.

As técnicas de manejo descentralizadas, como as Técnicas Compensatórias, surgem como uma promissora alternativa ao utilizar técnicas de drenagem que emulam processos hidrológicos

naturais e reduzem a quantidade de escoamento superficial através da gestão das águas no local onde são geradas, devendo ser considerada por qualquer cidade que adote uma abordagem de controle na fonte para infraestrutura de água urbana (SANTOS et al., 2016). Tais práticas contribuem para mitigar os impactos negativos do desenvolvimento urbano sobre os recursos hídricos (ELLIOTT e TROWSDALE, 2007; PALLA *et al.*, 2011).

Segundo Aladenola e Adeboye (2009), o aproveitamento efetivo de água da chuva pode reduzir a pressão nos sistemas públicos de abastecimento de água que, na maioria das vezes, não são eficientes devido à logística e infraestrutura inadequadas. As práticas de aproveitamento pluvial devem fazer parte de quaisquer esforços destinados a promover um desenvolvimento urbano sustentável.

Observa-se a necessidade de se avaliar a oferta de água disponível, visando a manutenção ou sustentabilidade das atividades de uma determinada região. Assim, apareceram os primeiros estudos de seleção de local para implantação de sistemas de abastecimento de água, público e privado, levando em conta a demanda atual e futura necessária: estudos da disponibilidade hídrica dos diversos mananciais adjacentes ao local da demanda planejada (núcleos urbanos, indústrias ou agricultura) (REBOUÇAS et al., 1999; BRANCO, 2006).

O aproveitamento de água pluvial, é uma alternativa que deve ser avaliada após análise técnica e econômica (MAY, 2004; SILVA et al., 2014). O redirecionamento de subsídios como incentivos para instalação de sistemas de aproveitamento de águas pluviais, poderia aumentar o número de usuários desses sistemas e incentivar a participação do usuário do sistema no projeto, aumentando sua consciência ambiental (ROEBUCK et al., 2011; GUEDES et al., 2014).

Em alguns países da Europa, o aproveitamento de água da chuva é bastante intensificado. Países desenvolvidos, tais como Inglaterra, Estados Unidos, Alemanha, Austrália e Japão, o uso das técnicas compensatórias e aproveitamento de água pluvial tem sido uma prática bastante comum (REZENDE E TECEDOR, 2017; MAY, 2004) e existe implementação de políticas de captação de chuva, em diferentes níveis governamentais, que incluem incentivos econômicos (PARTZSCH, 2009; DOMENECH E SAURÍ, 2011; GOLD et al., 2010). No Brasil, entretanto, apesar de incentivos do Plano Diretor de Manejo de Água Pluviais (BRASIL, 2007), a adoção desses sistemas ainda não se tornou habitual.

Nos países desenvolvidos, tem-se buscado uma estabilização ou redução do uso de água em diversos setores (residencial, industrial, agricultura) devido a implementação de medidas estruturais (como por exemplo, a redução de perdas de água) e medidas não estruturais (por exemplo, campanhas educativas sobre conservação da água) (DWORAK et al., 2007). O aproveitamento de águas pluviais é promovido principalmente para complementar os sistemas convencionais de uso não potável, como para descargas sanitárias, lavagem de roupa, rega de jardim, entre outros (UN HABITAT, 2005; DE GOUVELLO et al., 2005; BRANDES et al., 2006; SCHETS et al., 2010; GOLAY, 2011).

Segundo o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), no 2º Fórum Mundial da Água, organizado pelo Conselho Mundial da Água em 2000, na Holanda, discutiu-se a metodologia utilizada há anos na Europa, principalmente em países como Alemanha, Japão e Estados Unidos. Segundo May (2004) na Holanda, por exemplo, a água é coletada para evitar o transbordamento dos canais que rodeiam o país, situado abaixo do nível do mar. A água coletada é utilizada na irrigação de lavouras e abastecimento de fontes ornamentais. No Reino Unido, 30% do consumo de água potável de uma residência é utilizada para limpeza da bacia sanitária. O incentivo ao uso da água de chuva é intensificado uma vez que a economia é baseada no volume de água potável que é substituído por água da chuva.

A forma com que as construções vêm sendo implantadas no espaço urbanizado passa a ter então, um olhar na redução dos danos e impactos, reversíveis ou não, ao meio ambiente. Sendo assim, a gestão adequada das águas pluviais torna-se de extrema importância para garantir a eficácia das medidas tomadas com o intuito de garantir uma construção sustentável (CARVALHO e FURUKAWA, 2011; ROSTAD et al., 2016).

Como forma de implementar uma construção sustentável foram criados sistemas de certificação sustentáveis, podendo destacar o LEED (criado nos Estados Unidos da América) e o BREEAM (surgiu em 1990 no Reino Unido). Ambas as certificações destacam categorias que devem ser observadas como, por exemplo, eficiência energética, materiais e recursos, inovação e gestão da água. Os principais pontos observados na gestão da água no ambiente construído são o monitoramento e redução do consumo de água e retenção ou detenção do escoamento superficial, ou seja, aplicação de técnicas compensatórias (AHIALAME et al., 2012).

A questão do uso sustentável dos recursos hídricos implicou na elaboração de diversas leis e regulamentações, principalmente no âmbito municipal, que incentivam ou exigem o aproveitamento da chuva para empreendimentos na construção civil, comércio, indústrias e outros estabelecimentos (DA COSTA *et al.*, 2017). Os fundamentos dessas leis consideram o uso múltiplo dos recursos hídricos, a água como recurso finito, vulnerável, e de valor econômico. A necessidade, formulação e aplicação dessas leis fundamentam-se em critérios e parâmetros estabelecidos pela hidrologia, em especial a avaliação e controle da disponibilidade hídrica de cada região ou bacia hidrográfica (BRANCO, 2006).

Como exemplo, temos o Plano Nacional de Recursos Hídricos – PNRH (2022), de responsabilidade do Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR), por meio da Secretaria Nacional de Segura Hídrica (SNSH). Trata-se de um documento orientador da implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e da atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SNIGREH), que desenvolve instituições nos níveis, federal, dos Estados e do Distrito Federal e das bacias hidrográficas.

O PNRH conta em sua estrutura institucional com o Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) e com a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). O

documento é um instrumento estratégico para coordenar as ações nas três escalas de gestão dos recursos hídricos (nacional, dos estados e DF, das bacias hidrográficas), buscando descentralização das ações e participação social; a bacia hidrográfica como unidade de análise, planejamento e gestão; equidade social, inclusão e abrangência para a diversidade de condições, de modo a estabelecer uma gestão eficiente dos recursos hídricos e garantir a segurança hídrica, educação sobre o tema e sustentabilidade.

Segundo Hespanhol (2002), já em 1958, o Conselho Econômico e Social das Nações Unidas estabeleceu que “a não ser que exista grande disponibilidade, nenhuma água de boa qualidade deve ser utilizada para usos que toleram águas de qualidade inferior”.

A Lei nº 13.501, de 30 de outubro de 2017, alterou o art. 2º da Lei nº 9.433/1997, para incluir o aproveitamento de águas pluviais como um de seus objetivos, e existe em algumas cidades leis que adotam em seus Planos Diretores de Drenagem Urbana a obrigatoriedade do uso de técnicas compensatórias em lote, como no caso de Curitiba – Lei nº 10785 de 18 de setembro de 2003 (FERNANDES, 2018), São Paulo –SP, Porto Alegre –RS, Osasco –SP, Campinas – SP e São Carlos – SP (JUSTINO, 2019).

De acordo com a Resolução nº 54 de 28 de novembro de 2005, do Conselho Nacional de Recursos Hídricos – CNRH, o aproveitamento de água constitui-se na prática de racionalização e de conservação de recursos hídricos, conforme princípios estabelecidos na Agenda 21 (CUNHA, 2010).

Conforme Silva, Soares, Soares (2012), Rostad et al., 2016; Silva et al., 2014 o uso de fontes alternativas à água potável pode reduzir consideravelmente a demanda e problemas de abastecimento local ou regional, criados pela presença da população e de indústrias. As águas pluviais concebem uma opção de água com qualidade razoável para diversos usos, especialmente os usos não potáveis. Seu aproveitamento colabora com a diminuição do volume consumido de água tratada, o que além de contribuir com a diminuição da conta de água do usuário também atenua o volume de escoamento superficial o que justifica a sua análise, principalmente em relação a sua qualidade para usos (PRADO, 2020). As possibilidades e formas potenciais de aproveitamento dependem, evidentemente, de características, condições e fatores como decisão política, esquemas institucionais, disponibilidades técnicas e fatores econômicos, sociais e culturais (HESPANHOL, 2002).

O desenvolvimento da captação e utilização das águas pluviais estimulou a criação da Associação Brasileira de Manejo e Captação da Água de Chuva (ABMAC), uma entidade sem fins lucrativos fundada em 1999 e que tem por objetivo promover ações de aproveitamento racional e eficiente da água pluvial no Brasil, além de estudos e pesquisas relacionadas com a água da chuva.

No semiárido brasileiro a escassez de água para consumo humano, animal e agrícola é um problema historicamente reconhecido, principalmente na região Nordeste. A região semiárida

brasileira distribui-se em uma área de 982.566km², abrangendo o território de 1.135 municípios distribuídos entre os estados de Alagoas, Bahia, Ceará, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte, Sergipe e norte de Minas Gerais, concentrando mais de 23,8 milhões de pessoas que vivem na região, ou seja, cerca de 11,84% da população brasileira. Esse fato, faz do semiárido do Brasil a região semiárida mais populosa do mundo. A precipitação na região ocorre com grande irregularidade, sendo marcada por longos períodos de estiagem e altas temperaturas, elevando consideravelmente os níveis de evaporação da água acumulada nas bacias hídricas (ALENCAR et al., 2018)

No Brasil existe o Programa de Formação e Mobilização Social para a Convivência no Semiárido: Um Milhão de Cisternas Rurais – P1MC e o Programa Uma Terra e Duas Águas - P1+2, programas que atuam diretamente na democratização da água e também da terra. O objetivo do P1MC é proporcionar água de qualidade para o consumo humano da população carante do semiárido por meio da construção de um milhão de cisternas de usos individual familiar, juntamente com a mobilização social e educação ambiental da população.

O P1MC abrange os estados da região Nordeste onde o clima semiárido possui maior intensidade: Bahia, Sergipe, Alagoas, Pernambuco, Rio Grande do Norte, Paraíba, Ceará e Piauí, e mais o Norte de Minas Gerais e o Nordeste do Espírito Santo. As cisternas têm o volume de 16.000 litros e são empregadas quase que exclusivamente para usos domésticos, inclusive para cozinhar e beber. O tratamento quanto a qualidade da água captada é a filtração acompanhada da desinfecção (em geral, com cloro). São sistemas de filtração simples, em filtros de areia ou de carvão ativado. Os filtros podem ser comerciais ou de construção caseira e de instalação diretamente no reservatório. O filtro de barro para uso cotidiano também é recomendado, com limpeza da vela.

O P1+2 tem a finalidade de expandir o estoque de água das famílias e das comunidades rurais do semiárido para atender também as necessidades da produção agrícola e da criação de animais cuja implantação de tecnologias para reserva de água, gera a produção de alimentos de forma a promover a soberania e segurança alimentar das famílias agricultoras e fomenta a geração de emprego e renda para as mesmas (ALENCAR et al., 2018). A produção é direcionada para o consumo da própria família, e quando há excedente, este pode ser comercializado em feiras nas próprias comunidade, no Programa de Aquisição de Alimentos (PAA) ou no Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE).

O nome atribuído ao projeto, Programa uma Terra e Duas Águas, faz referência à estrutura mínima de que uma família necessita para produzir a terra para plantar e/ou criar os animais, e a água para o consumo humano e para manter a vida das plantações e dos animais (ASA, 2016)

Os Programas são concebidos, executados e gerido pela ASA - Articulação no Semiárido Brasileiro, com parcerias do governo, empresas e ONGs. A ASA coopera na implementação de

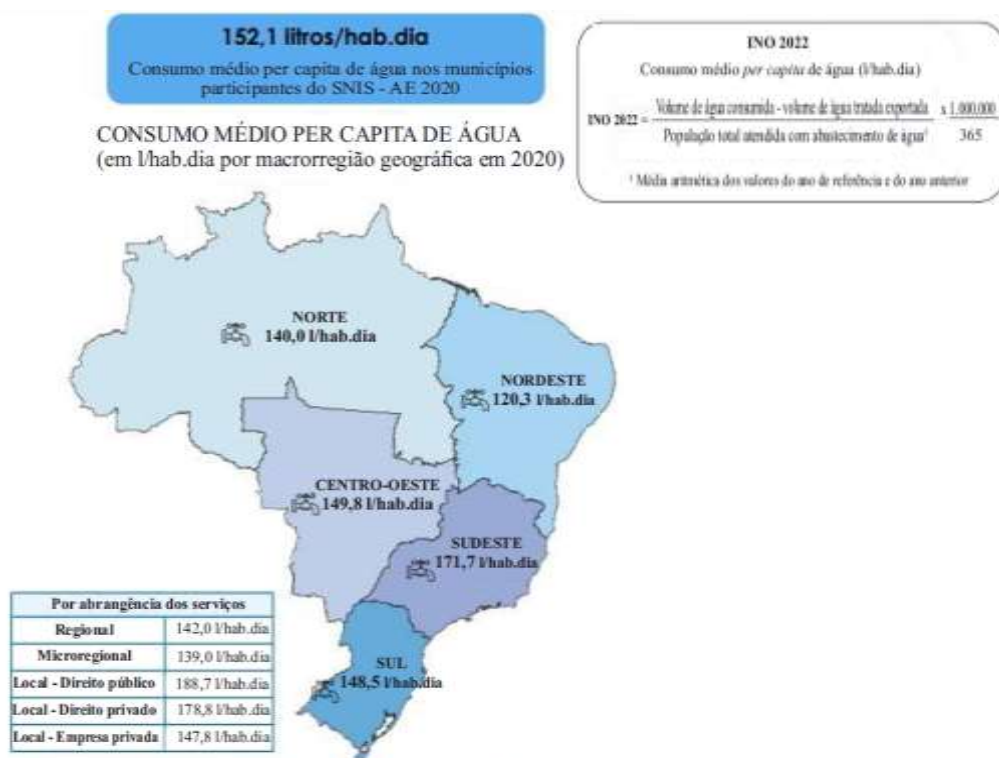
diversas ações que visam proporcionar e fortalecer a autonomia para as populações rurais do semiárido (ASA, 2016).

Sendo assim, as tecnologias de captação e manejo da água da chuva surgem como uma alternativa que consiste basicamente no aproveitamento dessa água para algum tipo de uso. Esse sistema tem o potencial de ser amplamente utilizadas no semiárido, fornecendo as famílias em épocas de estiagem, não só água para beber e suprir suas necessidades básicas, como também para manter um relativo nível de produção agrícola (ALENCAR et al., 2018).

2.3 CONSUMO DE ÁGUA

De acordo com os dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), o consumo médio per capita de água no Brasil (IN022) foi de 152,1 l/hab.dia no ano de 2020. Quanto ao índice do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - Água e Esgoto (SNIS-AE), no ano de 2020 apresentou uma redução de 1,2% em relação aos 153,9 l/hab.dia do ano de 2019. Entre as macrorregiões, apenas a Sudeste registrou consumo acima da média nacional, com 171,7 l/hab.dia. O menor consumo é na região Nordeste, com 120,3 l/hab.dia. Na abrangência do serviço, a média per capita diária varia de 139,0 litros na prestação Microrregional a 188,7 litros na prestação Local de direito público (SNIS, 2020), conforme apresentado na Figura 2.6. Na Figura 2.7 são apresentados os consumos médios *per capita* de água por Estado em litros/habitante/dia.

Figura 2.6 – Consumo médio *per capita* de água.



Fonte: SNIS (2020).

Figura 2.7 – Consumo médio per capita de água por Estado.



Fonte: SNIS (2020).

2.3.1 Consumo de água em edificações

Segundo Marinowski (2010), o consumo de água em edificações é influenciado por vários fatores como o número de habitantes, o clima, o sistema de fornecimento, eficiência dos aparelhos sanitários, padrão econômico, aspectos culturais e cobrança da água.

Sautchuk et al. (2005) afirmam que outro interferente no consumo de água é a tipologia das edificações. Em edificações residenciais, o consumo é voltado para lavagem de alimentos, higiene pessoal, atividades de limpeza, irrigação, piscinas e lavagem de veículos. Em edificações comerciais, que incluem restaurantes, museus, hotéis, escritórios entre outros, apresentam os mesmos consumos relacionados à fins domésticos tanto em ambientes sanitários, como em sistemas de irrigação e resfriamento de ar condicionado. Já em edificações públicas como universidades, escolas e aeroportos, os ambientes sanitários apresentam uma contribuição mais considerável.

O perfil de consumo pode variar dependendo do agente consumidor. Isso não se refere apenas à tipologia da edificação, mas também ao clima, as influências sócio culturais, a região de análise, a classe econômica, o número de usuários, entre outros fatores (ROCHA, 2009; GONÇALVES, 2009). Para se compreender melhor o consumo total de uma edificação é necessário entender qual a contribuição individual de cada aparelho sanitário, aparelhos estes, que podem variar de consumo a depender do tipo e a quantidade em cada edificação, o consumo variando conforme a quantidade de pessoas na edificação, seu tempo e frequência de uso.

Segundo a metodologia adotada por Machado (2019), o levantamento de dados do consumo total de água tratada é necessário para que seja possível realizar uma estimativa do

volume de água que poderá ser economizado com a implantação do sistema para aproveitamento da água pluvial na edificação.

O consumo de água residencial inclui o uso interno e externo da residência. Os usos internos de água distribuem-se em atividade de limpeza e higiene, enquanto os usos externos ocorrem principalmente devido à irrigação, lavagem de veículos, piscinas e jardim, entre outros (MARTINS e MEMELLI, 2011).

Tomaz (1998) realizou um estudo quanto aos parâmetros relativos a usos de água interno e externo de uma residência nos Estados Unidos, apresentado no Quadro 2.4.

Quadro 2.4 – Parâmetros internos e externos de uma residência nos EUA

Uso interno	Uso externo
Uma pessoa utiliza o vaso sanitário de 4 a 6 vezes por dia;	Na manutenção de uma piscina são consumidos de 2,5 litros/dia/m ³ até 5,75 litros dia/m ³ ;
Um vaso sanitário consome cerca de 6 a 15 litros por descarga.	Lava-se o carro uma a duas vezes por semana, sendo gastos cerca de 150 litros em cada lavagem;
Um vaso sanitário consome cerca de 6 a 15 litros por descarga.	No gramado ou na limpeza de calçadas ou cimentados, gastam-se cerca de 2 litros/dia/m ³ .

Fonte: Tomaz (1998)

Segundo Brow (1986); Caldwell (1986) *apud* Tomaz (2000), na estimativa de consumo interno de uma residência o vaso sanitário é o aparelho que consome maior volume de água, ou seja, cerca de 35% do consumo total. O segundo equipamento que consome maior volume é a máquina de lavar roupas que corresponde a 22% do consumo residencial. Essa estimativa é baseada no consumo interno de uma residência nos EUA, conforme apresenta-se na Tabela 2.4.

Tabela 2.4 – Estimativa de consumo interno residencial nos EUA

Consumo interno em uma residência	Porcentagem de consumo em uma residência
Vaso sanitário	35%
Lavagem de roupa	22%
Chuveiros	18%
Torneiras	13%
Banhos	10%
Lavagem de pratos	2%
Total	100%

Fonte: Brow (1986); Caldwell (1986) *apud* Tomaz (2000)

Segundo Vickers (2001), a estimativa de consumo de água para torneira de jardim por tempo de rega é apresentada na Tabela 2.5.

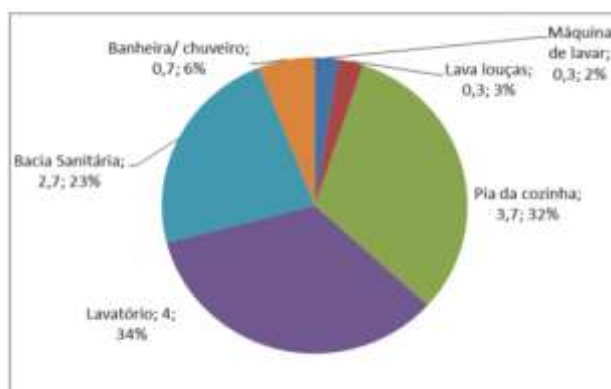
Tabela 2.5 – Estimativa do consumo de água na torneira de jardim por tempo de rega

Diâmetro da mangueira	Volume em litros de acordo com o tempo de escoamento de uma mangueira com 15m de comprimento e pressão de 28 m.c.a.			
	15 min.	30 min.	45 min.	60 min.
1/2"	284	568	852	1134
5/8"	363	726	1089	1452
3/4"	499	998	1497	1996

Fonte: Vickers (2001)

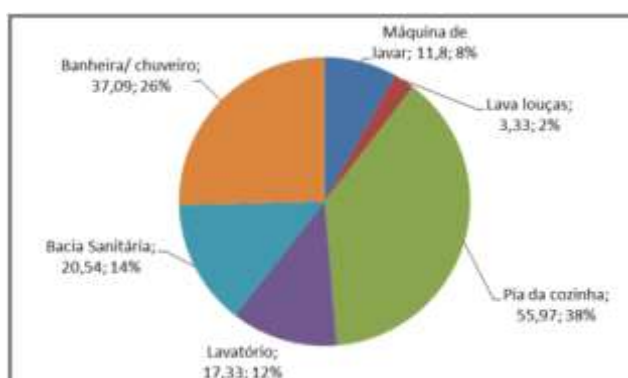
No trabalho de Matos et al. (2013) foi desenvolvido uma pesquisa na região norte de Portugal referente ao perfil de consumo residencial e usos finais da água. Com esse monitoramento, os autores obtiveram informações como o número de usos por morador por dia em cada aparelho sanitário (Figura 2.8), assim como o consumo médio dos aparelhos por morador por dia (Figura 2.9).

Figura 2.8 – Media do uso de cada aparelho doméstico (uso/pessoa.dia e %).



Fonte: Matos et al (2013)

Figura 2.9 – Volume total consumido por aparelho doméstico (L/pessoa.dia e %).



Fonte: Matos et al (2013)

Outro estudo desenvolvido por Ghisi e Ferreira (2007), realizado na cidade de Florianópolis, em um condomínio residencial de três blocos, demonstrou que a maior parte do consumo do condomínio foi na bacia sanitária (33,2%), conforme apresentado na Tabela 2.6.

Tabela 2.6 – Usos finais de água potável para consumo doméstico em residência de baixo padrão em Florianópolis.

Ponto de utilização	Usos finais (%)
Bacia sanitária *	33,2%
Chuveiro	22,6
Lavação de Louça	19,9
Lavadora de roupa*	4,7
Lavatório	16,0
Limpeza*	2,9
Preparo de alimentos	0,8
Total	100,0
Total não potável (*)	40,8
Consumo total diário do morador	151,3

Fonte: Ghisi e Ferreira (2007)

Gomez e Teixeira (2017) apresentam em sua pesquisa alguns estudos sobre a propoção da demanda para usos residenciais não potáveis, conforme Tabela 2.7.

Tabela 2.7 – Proporção da demanda para usos residenciais não potáveis.

Autor	Possíveis usos de água para fins não potáveis	Proporção para fins não potáveis	País
Mayer e outros (1999)	Descarga sanitária (8%) Lavanderia (7%) Usos externos (59%)	8-74%	Estados Unidos
Loh e Coghanl (2003)	Descarga sanitária (21%) Lavanderia (27%) Descarga sanitária (11%)	21-48%	Austrália
Kloss (2008)	Lavanderia (9%) Usos externos (59%) Descarga sanitária (26%)	11-79%	Estados Unidos
Agência Ambiental (2010)	Lavanderia (12%) Limpeza e irrigação (7%)	13-59%	Reino Unido
Gato-Trinidad et al (2011)	Descarga sanitária (13%) Usos externos (29%) Lavanderia (17%)	13-59%	Austrália
Matos <i>et al.</i> (2013)	Descarga sanitária (14%) Lavanderia (8%)	14-22%	Portugal
Marinoski et al (2014)	Descarga sanitária (20%) Lavanderia (18%) Usos externos (5%)	20-43%	Brasil

Fonte: Gomez e Teixeira (2017)

Hafner (2007) apresenta em sua pesquisa um estudo realizado sobre a distribuição padrão do consumo residencial de água no Brasil, no qual a distribuição foi estipulada pela média aritmética dos valores apresentados em trabalhos realizados no país. A bacia sanitária apresenta-se como o segundo maior consumo residencial, conforme mostrado na Tabela 2.8.

Tabela 2.8 – Consumo de água nas residências brasileiras.

Ponto de utilização	Usos finais (%)
Bacia sanitária *	22
Chuveiro	37
Pia de cozinha	18
Máquina de lavar roupa *	9
Lavatório	7
Tanque*	4
Jardim/lavação de carros*	3
Total	100
Total não potável (*)	38

Fonte: Hafner (2007).

Conforme visto, um dos aparelhos que mais consome água é a bacia sanitária, perdendo somente para o chuveiro, variando de 20 a 33% nos estudos apresentados. Já o total de água não potável utilizada, tem uma variação de 32 a 41%.

Estudos realizados no Brasil e no exterior mostram que dentro de uma residência o maior consumo de água concentra-se na descarga dos vasos sanitários, na lavagem de roupas e nos banhos. Em média, 40% do total de água consumida em uma residência são destinados aos usos não potáveis (GONÇALVES, 2009; DALPAZ et al, 2019). Tendo em vista os percentuais descritos, o uso de água pluvial para fins não potáveis, como descarga de vasos sanitários, lavagem de veículos e calçadas, irrigação de jardim, etc., é viável de ser estudado implantação em edificações.

2.4 QUALIDADE DA ÁGUA DA CHUVA

O aproveitamento de água pluvial em edificações representa uma alternativa atraente como fonte de água. No entanto, para possibilitar sua utilização, a água pluvial deve ser tratada para atingir a qualidade necessária para seu uso (DALPAZ et al., 2019). Assim, com relação à qualidade da água pluvial, há a necessidade prévia de caracterização para uso não potável, a fim de averiguar a conformidade com limites definidos em normas, conforme NBR 15527 (ABNT, 2019).

A água potável é aquela própria para beber e preparo de alimentos cujos parâmetros de qualidade atendem à Portaria nº 2914/2011 do Ministério da Saúde. Vale a pena ressaltar que

águas pluviais e águas cinzas, podem passar por processos de tratamento para alcançar níveis de potabilidade para consumo humano. Porém, segundo Hespanhol (2002) a qualidade da água captada estabelecerá os níveis recomendados de tratamento, os critérios de segurança adotados, e os custos de capital, operação e manutenção associados, podendo chegar a custos muito elevados para ser considerada na utilização de águas pluviais como fonte de água potável à nível de edificações isoladas.

Nos casos em que a superfície de captação seja o telhado, normalmente a água pluvial entra em contato com fezes de pássaros e outros animais, bem como folhas, galhos, materiais de revestimento do telhado etc (JAQUES, 2005). Assim, dependendo de seu uso, a água sem tratamento pode trazer problemas de entupimento nas tubulações, contaminação por bactérias, sujeira, incrustações e mau cheiro, tornando-se inadequadas aos usos propostos pela NBR 15527 (SOARES, 2018; CARDOSO 2013).

Para o tratamento da água pluvial, além de verificar a quantidade de micro-organismos, é importante analisar outros poluentes, visto que podem causar problemas técnicos nos aparelhos hidráulicos, comprometer a qualidade da água mesmo para usos não potáveis e gerar barreiras psicológicas pelos consumidores (DALPAZ et al., 2019).

Aspectos estéticos da água, como cor e cheiro, podem afetar a aceitação do usuário para usos não potáveis, principalmente se a fonte de abastecimento não for convencional, entretanto, uma água sem cor e sem cheiro não significa que a água esteja livre de contaminantes, uma vez que pode apresentar substâncias inorgânicas ou microrganismos que poderá gerar riscos à saúde do usuário (SANT'ANA et al., 2017). Portanto, o conhecimento das características, físicas, químicas e biológicas da água de chuva captada é importante para definição do tratamento adequado (SALLA et al., 2013; DALPAZ et al., 2019; ; SALLA et al., 2013; MEERA e AHAMMED, 2006; EVANS et al., 2007; FARRENY et al., 2011).

A análise da qualidade da água após passar pelos principais componentes do sistema de aproveitamento, possibilita verificar o volume desejável de eliminação dos primeiros milímetros de água pluvial e a influência do tempo de retenção na qualidade da água pluvial armazenada.

Do ponto de vista qualitativo, avalia-se as modificações físico-químicas e microbiológicas da água pluvial ao longo do sistema de aproveitamento em relação às normas vigentes.

Para a análise da qualidade da água captada pode ser adotada a NBR 15527(ABNT, 2019) que define os limites dos parâmetros para o uso da água não potável, conforme Tabela 2.9, a mesma será adotada neste trabalho. E a determinação das frequências de amostragem para as análises laboratoriais será de acordo com a NBR 16783 (ABNT, 2019), conforme Tabela 2.10.

Tabela 2.9 - Definição de parâmetros mínimos de qualidade para os usos não potáveis

Parâmetros da Qualidade	Limite
pH	6 a 9
E. Coli	$\leq 200\text{NMP}/100\text{ mL}$
Turbidez	$\leq 5\text{ uT}$

Fonte: NBR 15527 (ABNT, 2019)

Tabela 2.10 - Frequência de amostragem

Parâmetros	Edificação	Edificação
	unifamiliar/individual	multifamiliar/coletiva
pH	Semanal	Diária
Turbidez	Semanal	Semanal
E. Coli	Mensal	Mensal

Fonte: NBR 16783 (ABNT, 2019)

2.4.1 pH

O termo pH representa a concentração de íons hidrogênio em uma solução e indica a acidez, neutralidade ou alcalinidade da solução aquosa. Na água, esse fator é de excepcional importância, principalmente nos processos de tratamento. Na rotina dos laboratórios das estações de tratamento ele é medido e ajustado sempre que necessário para melhorar o processo de coagulação/floculação da água e também o controle da desinfecção. O valor do pH varia de 0 a 14. Abaixo de 7 a água é considerada ácida e acima de 7, alcalina. Água com pH 7 é neutra. (BRASIL, 2013; PRADO, 2020).

O estudo do pH é importante, pois limita o comportamento de enzimas e tem influência sobre inúmeras reações químicas. O pH da água da chuva é levemente ácido, devido à grande presença de gases como CO_2 (dióxido de carbono) e SO_4 (sulfato), que reagem com a água formando ácidos, que reduzem o pH. A presença de SO_2 (dióxido de enxofre), também resultante do processo de combustão, oxida na atmosfera, formando nitrato e sulfato. Isso ocorre com maior frequência em centros urbanos, que tem presença acentuada da queima de combustíveis fósseis (SILVA, SOARES, SOARES, 2012). Para a água de abastecimento o pH é importante, pois interfere no processo de tratamento e também pode favorecer a corrosão das estruturas das instalações do sistema (JAQUES, 2005).

De acordo com o padrão de potabilidade definido pela Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde, a água deverá ser mantida com pH entre 6 e 9,5 no sistema de distribuição. A NBR 15527 (ABNT, 2019) recomenda que o pH seja de 6,0 a 9,0. Existem no mercado vários aparelhos para determinação do pH. São denominados de potenciômetros ou colorímetros.

2.4.2 Turbidez

A turbidez corresponde as partículas sólidas (de tamanhos variados) em suspensão, que reduzem a sua transparência. Pode ser provocada também pela presença de algas, plâncton, matéria orgânica e outras substâncias presentes na água como zinco, ferro, manganês e areia. A presença dessas partículas provoca a dispersão e absorção de luz, o que pode provocar a diminuição da eficiência da cloração e transportar partículas orgânicas, podendo gerar odor e sabor na água (JAQUES, 2005; BRASIL, 2013).

A turbidez é um indicador sanitário e padrão organoléptico da água de consumo humano. De acordo com a Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde, em seu anexo I, referente aos padrões organolépticos de potabilidade, o valor da turbidez deverá ser inferior a 5 UT (Unidade de turbidez). A NBR 15527 (ABNT, 2019) também recomenda, para uso não potável, turbidez menor que 5,0 uT (SILVA, SOARES, SOARES, 2012; BRASIL, 2013).

2.4.3 Análise Microbiológica - Coliformes

Os coliformes são bactérias que normalmente habitam os intestinos dos animais e seres humanos. O número de coliformes é expresso pelo número mais provável (NMP); representa a quantidade mais provável de coliformes existentes em 100 ml de água da amostra (AZEVEDO e RICHTER, 1991).

O principal representante desse grupo de bactérias chama-se *Escherichia coli* que são bactérias que vivem nos intestinos de homens e de animais de sangue quente, como aves, ratos, gatos, inclusive dos seres humanos e sua presença na água constituem indicação de contaminação por fezes e também avalia as condições higiênico sanitárias deficientes (JAQUES, 2005). A razão da escolha desse grupo de bactérias como indicador de contaminação da água deve-se aos fato de serem facilmente detectáveis e quantificáveis por técnicas simples e economicamente viáveis, em qualquer tipo de água; sua concentração na água contaminada possui uma relação direta com o grau de contaminação fecal desta; tem maior tempo de sobrevivência na água que as bactérias patogênicas intestinais, por serem menos exigentes em termos nutricionais, além de serem incapazes de se multiplicarem no ambiente aquático ou se multiplicarem menos que as bactérias entéricas e são mais resistentes aos agentes tensoativos e agentes desinfetantes do que bactérias patogênicas (BRASIL, 2013).

Os parâmetros biológicos devem identificar os organismos presentes na água. O objetivo do exame microbiológico da água é fornecer subsídio a respeito da sua potabilidade, isto é, ausência de risco de ingestão de micro-organismos prejudiciais à saúde. Os micro-organismos patogênicos incluem vírus, bactérias, protozoários e helmintos. Alguns desses organismos podem causar doenças ou mesmo epidemias. Organismos como algas são responsáveis pela presença de sabor e odor na água (AZEVEDO e RICHTER, 1991; BRASIL, 2013).

A Portaria 2.914/2011 do Ministério da Saúde expressa sobre os coliformes em seu anexo I, na tabela de padrão microbiológico, mostrando que a presença de *Escherichia Coli* indica contaminação fecal, e sua presença logo após o tratamento indica uma água fora dos padrões de potabilidade. Os coliformes totais são usados como indicador de eficiência do tratamento e de integridade do sistema de distribuição e a norma também recomenda sua ausência. A NBR 15527 (ABNT, 2019) limita a presença de coliformes *Escherichia Coli* para usos não potáveis a menos que 200NMP/100ml.

Existem diversos métodos para avaliação da presença ou ausência de coliformes, como os métodos de Tubos Múltiplos (TM) e Membrana Filtrante (MF) que são largamente utilizados. Outro método utilizado para avaliar a presença ou ausência de coliformes é o de Substrato Cronogênico, esse tem suas vantagens, visto que é de fácil manuseio, tem relativo custo/benefício e tem curto tempo de resposta, já que a determinação simultânea de coliformes (totais) e *E. coli* é efetuada após a incubação das amostras a 35 °C por 24 horas, não havendo necessidade de ensaios confirmativos (BRASIL, 2013).

O método do Substrato Cronogênico é baseado nas atividades enzimáticas específicas dos coliformes (galactosidade) e *E. coli* (glucoronidase). Os meios de cultura contêm nutrientes indicadores (substrato cromogênico) que, hidrolisados pelas enzimas específicas dos coliformes e/ou *E.coli*, provocam uma mudança de cor no meio e permitem analisar a presença ou ausência dos coliformes.

O uso ao qual a água se destina deve determinar sua qualidade, portanto a escolha do tratamento deverá considerar a qualidade de origem e de destino e além disso, devem ser levados em consideração os custos dos processos de tratamento adotados. A forma de coleta da água da chuva também tem grande influência sobre a qualidade da água, sendo que os primeiros milímetros (first flush) de precipitação contêm acentuada concentração de poluentes e deve-se adequar sua qualidade para garantir que tal poluição não prejudique o seu uso (SILVA, SOARES, SOARES, 2012).

Devem ser realizadas a inspeção e manutenção periódica de todos os componentes do sistema de aproveitamento de água de chuva de acordo com recomendações do Quadro 2.5.

Quadro 2.5 - Frequência de Manutenção

Componente	Frequência de manutenção
Dispositivo de descarte de detritos	Inspeção mensal Limpeza trimestral
Dispositivo de descarte do escoamento inicial, se existir	Inspeção mensal Limpeza trimestral
Área de captação, condutores verticais e horizontais	Inspeção semestral Limpeza quando necessário
Dispositivo de desinfecção	Inspeção mensal
Bombas	Inspeção mensal

Fonte: 15527 (ABNT, 2019)

Quadro 2.5 – Continuação - Frequência de Manutenção

Componente	Frequência de manutenção
Reservatório	Inspeção anual Limpeza quando necessário
^a Além da limpeza, deve ser realizada verificação da existência de formação de áreas de acúmulo de água e eliminação quando necessário, para evitar a proliferação de vetores, em especial mosquitos.	

Fonte: 15527 (ABNT, 2019)

2.4.4 Qualidade da água de chuva de Catalão

A pesquisa sobre as análises físico-químicas da água da chuva da cidade de Catalão (GO) teve seu desenvolvimento com a proposta de Monteiro (1976) para compreensão do excesso de acidez na chuva podendo provocar acidificação urbana, principalmente em cidades que contam com forte presença de atividades de mineração e sítios industriais. O trabalho de Prado (2020) deu continuidade ao estudo, versando sobre a qualidade da água pluvial em Catalão (GO), através de análises do pH da água da chuva e análises físico-químicas que foram estruturadas através de uma rede pluviométrica instalada no espaço urbano da cidade, compreendendo os meses de janeiro de 2018 a dezembro de 2019. As leituras e amostras de água pluvial foram coletadas de oito pontos da cidade (que foram escolhidos levando em consideração questões relevantes para não adulteração dos resultados), sendo os bairros: Leblon, Evelina Nour, Setor Aeroporto, Jardim Paraíso, Santa Teresinha, Distrito Mineiro Industrial de Catalão, Jardim Catalão e Pontal Norte. Os pluviômetros foram instalados em local aberto, sem nenhum tipo de vegetação.

A edificação do estudo, localizada no loteamento Copacabana II, se situa mais próximo ao bairro: Setor Aeroporto, o que torna interessante a análise da qualidade da água da chuva nessa região para entendimento da dinâmica dos processos que podem influenciar as características físico-químicas da água pluvial a ser coletada no prédio.

A precipitação pluvial é medida com um instrumento denominado pluviômetro, normalmente, expressa em milímetros. É a variável meteorológica que influencia diretamente no balanço hídrico de uma região, podendo-se por meio dela determinar o excesso ou escassez de chuvas de uma área específica, sendo essencial na constituição do clima de uma determinada extensão territorial, agindo sobre o balanço de água no solo, na temperatura e umidade do ar (PRADO, 2020).

O Quadro 2.6 traz uma média do pH das amostras coletadas do período de 2018 e 2019.

Quadro 2.6 - Média dos pH das amostras no período de 2018 a 2019.

Média do pH da água da chuva em Catalão (GO)								
Bairros	Leblon	Jardim Paraíso	Evelina Nour	Santa Teresinha	Setor Aeroporto	Jardim Catalão	Pontal Norte	Distrito Mineiro Industrial
2018	6,9	6,7	6,7	6,9	6,7	6,5	6,1	6,5
2019	6,8	7,0	6,8	6,7	6,7	6,2	6,0	6,5

Fonte: Adaptado PRADO (2020)

Os valores da média do pH da água da chuva no ano de 2018 e 2019 em Catalão coletado nos oito bairros da cidade através de pluviômetros e analisados no pHmetros não apresentaram dados abaixo da legislação em vigor para água de consumo humano, atendendo a portaria 2914/2011 e também a NBR 15527 (ABNT, 2019) quanto ao uso de água não potável, para faixa de valores de 6,0 a 9,0. O estudo de Prado (2020) salienta, no entanto, que tiveram análises que apresentaram em alguns dias os dados de pH da água pluvial classificados em levemente ácido e ácido. O bairro Pontal Norte traz uma média do pH das amostras coletadas no período de 2019, com o menor valor da média de pH da água da chuva em relação aos outros bairros, sendo assim teve destaque uma leve acidez da água, devendo, portanto, ser feita análises frequentes dos índices físico-químicos da água coletada. Traz-se no Quadro 2.7 a média das análises físico-químicas de turbidez, nitrato, nitrito e dureza.

Quadro 2.7 - Média das análises Físico-Químicas, (NTU), (NO₃-), (NO₂-) e (CaCO₃).

Média das análises Físico-Químicas								
Bairros	Leblon	Jardim Paraíso	Evelina Nour	Santa Teresinha	Setor Aeroporto	Jardim Catalão	Pontal Norte	Distrito Mineiro Industrial
Turbidez (NTU)	1,3	1,4	0,6	1,6	0,6	3,7	5,1	1,9
Nitrato (NO₃-)	1,2	0,6	1,6	2,8	3,1	11	13,1	5,5
Nitrito (NO₂-)	0	0	0,1	0	0,6	1,6	2,6	0,7
Dureza (CaCO₃)	0,3	0,1	0,1	0,1	0	2,9	5,0	1,8

Fonte: Adaptado PRADO (2020)

Os valores observados na média de turbidez, nitrato, nitrito e dureza das análises físico-químicas da água da chuva em Catalão, dos seus oito locais de coleta dois bairros (Pontal Norte e Jardim Catalão) apresentaram os valores acima do valor máximo permitido como estabelece a portaria do Ministério da Saúde nº 2914/2011, que são o de turbidez de 5,0 uT, de nitrato 10mg/L, o de nitrito valor de 1mg/L, e o de dureza o valor máximo permitido de 500mg/L. Já os demais

seis pontos os valores estão abaixo do valor máximo permitido portanto a média das análises de turbidez, nitrato, nitrito e dureza da água da chuva no ano de 2019 coletados nesses bairros da cidade através de pluviômetros e analisados não apresentaram dados acima da legislação em vigor.

A pesquisa de Prado (2020) revelou que Catalão apresenta dois bairros (Pontal Norte e Jardim Catalão) que mostraram dados que geram uma certa preocupação das análises físico-químicas de turbidez, nitrato e nitrito, mas em relação as chuvas não apresentaram dados que comprovem a alta acidez. Vale ressaltar e alertar sobre os efeitos da chuva ácida, esta pode prejudicar e deteriorar as edificações, construções, meio ambiente, água e solo. Nota-se também que a cidade de Catalão está em expansão urbana, industrial e desenvolvimento de grandes empresas de mineração, com o aumento de veículos e atividades industriais, a poluição do ar tende a aumentar, essa poluição pode contribuir nas emissões dos elementos acidificantes.

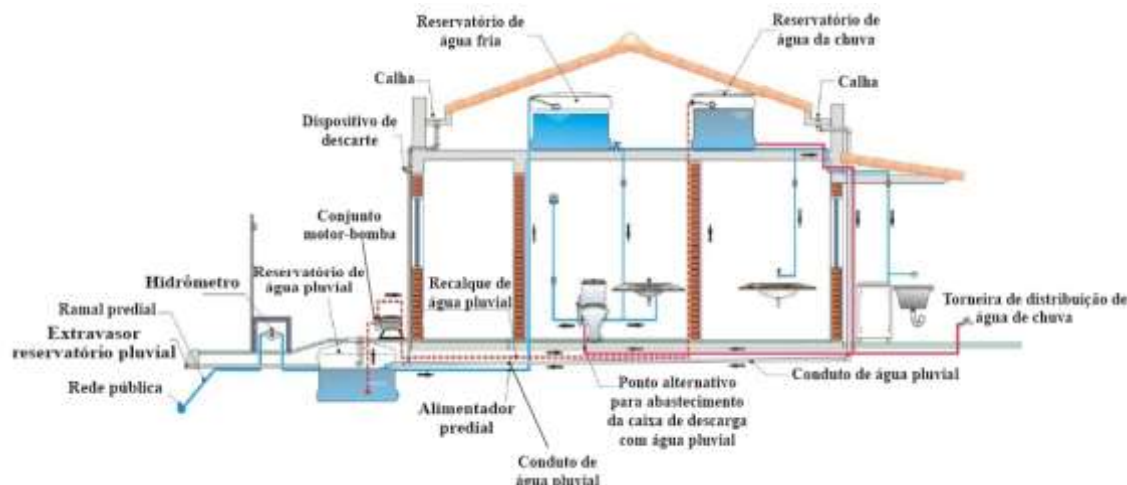
Levando em conta os resultados encontrados das análises físico-químicas e de pH da água da chuva, Prado (2020) concluiu que é possível utilizar a água da chuva da região para fins não potáveis, porque observa-se na comparação dos resultados com a legislação em vigor da água para consumo humano (a portaria do Ministério da Saúde nº 2914/2011) e NBR 15527 (ABNT, 2019) para fins não potáveis, que os bairros da pesquisa mostraram valores dentro do permitido para o uso potável e não potável da água da chuva, excetuando-se os bairros Pontal Norte e Jardim Catalão que a água das amostras possuem valores acima da legislação, sendo assim, imprópria para se fazer o consumo (sem tratamento) potável dessa água.

As análises da qualidade da água, mesmo para uso não potável, devem ser frequentes de modo que qualquer alteração que possa prejudicar o seu consumo deve ser sanada, uma vez que, a necessidade de tratamentos complexos dependerá da análise das características de qualidade da água.

2.5 COMPONENTES DO SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL

Os sistemas de aproveitamento de água pluvial em edificações consistem na captação, armazenamento e posterior utilização para fins não potáveis (FERNANDES, 2018). São formados basicamente pela captação, geralmente coberturas e telhados; os componentes de transporte (calhas e condutores verticais); filtros e o reservatórios (REZENDE, TECEDOR, 2017; MAY, 2004), conforme Figura 2.10.

Figura 2.10 – Sistema de aproveitamento de água pluvial em edifício residencial unifamiliar



Fonte: Oliveira et al. (2007)

A NBR 5626 (ABNT, 2020), que trata de requisitos para instalação predial de água fria e água quente, estabelece restrições para separação do sistema de aproveitamento de água pluvial do sistema de água potável, e ressalta a importância da sinalização adequada dos pontos de distribuição de água coletada para que se evite a utilização inadequada do sistema e a contaminação do sistema público de distribuição de água. Para prevenir contaminações, as águas da chuva não podem estar misturadas à água potável no mesmo sistema de distribuição, sendo imprescindível possuir dois sistemas separados (LAGE, 2010). Apresenta-se a seguir os componentes de um sistema de aproveitamento de água pluvial.

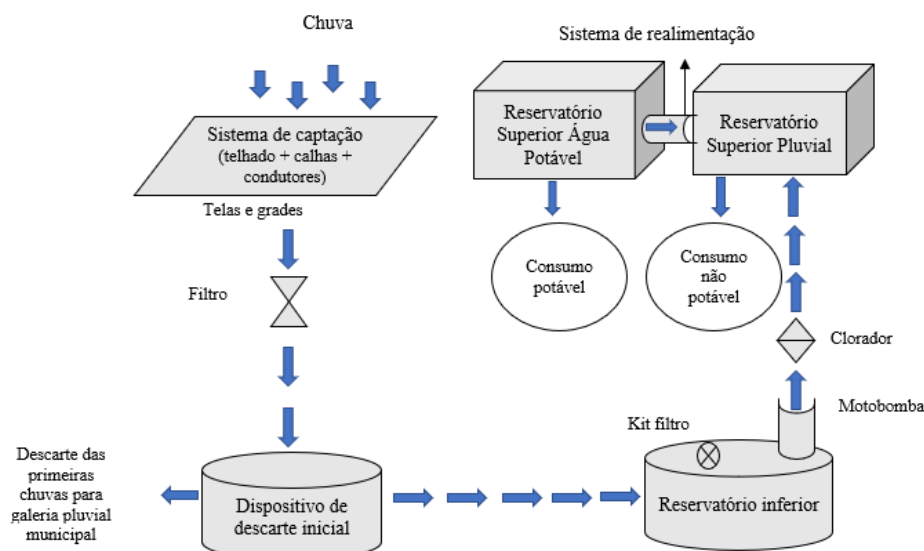
Nas análises dos componentes de captação de água pluvial existentes na edificação considerando as normativas NBR 10844 (ABNT, 1989), NBR 5626 (ABNT, 2020) e NBR 15527 (ABNT, 2019), são considerados os seguintes materiais, desde os pontos de captação de águas pluviais, passando pelos sistemas de armazenamento, até os pontos de consumos:

- Calhas e Condutores para captação e transporte;
- Bomba para recalque da água do reservatório de retenção para o reservatório de distribuição;
- Grelha para retenção de sólidos grosseiros como filtro inicial de sólidos grosseiros;
- Separador de primeiras águas – reservatório de descarte;
- Instalação hidrossanitária para o sistema predial de água não potável, uma vez que, o sistema predial de água não potável deve ser totalmente separado e independente das instalações de água potável, evitando uma possível conexão cruzada e proteção contra refluxo impedindo a contaminação na rede de água potável, conforme NBR 5626 (ABNT, 2020);
- Equipamentos acessórios (kit filtro), como freio de água e sifão-ladrão e conjunto flutuante de sucção;

- Sistema de realimentação com água potável nos pontos de consumo de água não potável em caso de escassez e estiagem prolongada.

As águas provenientes da precipitação deverão ser captadas e armazenadas em um reservatório inferior, para serem recalçadas para um reservatório superior por meio de uma bomba, e distribuídas nos pontos de utilização dos vasos sanitários e torneiras de jardim. Apresenta-se na Figura 2.11 o fluxo do sistema de aproveitamento de água pluvial.

Figura 2.11 - Fluxo do sistema de aproveitamento de água pluvial.



Fonte: Adaptado de RAINMAP (2017)

2.5.1 Superfície de captação

A quantidade de água de chuva que pode ser armazenada depende da área de coleta da superfície da captação, do material dessa superfície (coeficiente de *Runoff*) e da precipitação atmosférica do local onde será instalado o sistema de aproveitamento de água pluvial. A área utilizada para coleta de água de chuva normalmente é o telhado, laje da edificação ou piso pavimentado que pode ser de diversos materiais, como: cerâmica, fibrocimento, zinco, concreto armado, plástico, vidro acrílico, manta asfáltica, etc (MAY, 2004).

A área de captação é um dos principais componentes do sistema de aproveitamento de águas pluviais, visto que a depender de suas dimensões e composição é possível determinar a quantidade de chuva captada e aproveitada na edificação, sendo o primeiro elemento de contato da precipitação, vulnerável a poluição de diversas origens (poluentes atmosféricos, excremento de animais, poeira etc.) (SILVA, SOARES, SOARES, 2012).

Em grandes centros urbanos e/ou industriais os telhados podem estar sujeitos à deposição de contaminantes derivados do tráfego de veículos, atividades industriais etc., sendo que a qualidade do ar da região pode determinar o uso da água recolhida pelo telhada para fins apenas

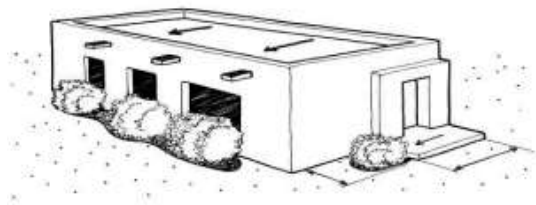
não potáveis. As Figuras 2.12, 2.13 e 2.14 extraídas de Waterfall (2006), ilustram as áreas de coleta através do telhado, laje impermeabilizada e piso pavimentado.

Figura 2.12 – Área de coleta: telhado inclinado



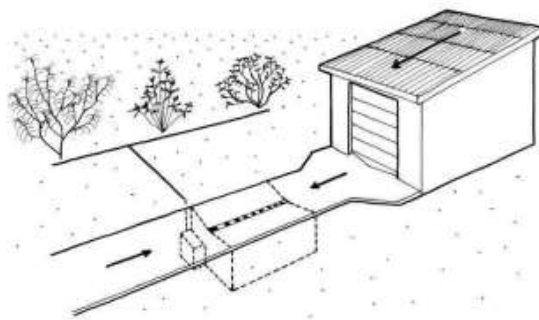
Fonte: Fonte: Waterfall (2006)

Figura 2.13 – Área de coleta: laje impermeabilizada



Fonte: Fonte: Waterfall (2006)

Figura 2.14 – Área de coleta: piso pavimentado



Fonte: Fonte: Waterfall (2006)

Conforme Annechini (2005) o sistema de coleta através da superfície do solo é normalmente empregado em locais com grande área superficial, sendo necessário que essas áreas possuam inclinação capaz de direcionar a água pluvial para dentro do reservatório. A coleta de água em superfícies onde existe tráfego de veículos não é aconselhável, pois esta água pode estar contaminada por óleos combustíveis e resíduos de pneus.

Nem todo o volume de água de chuva precipitada é aproveitado, devido às perdas por absorção, evaporação e vazamentos nas tubulações, sendo assim, para que essas perdas sejam consideradas nos cálculos de dimensionamento do reservatório, utiliza-se um valor obtido a partir

da relação entre o volume de água aproveitável e o total de água precipitada, denominado coeficiente de escoamento ou coeficiente de *Runnoff* representado pela letra C (TOMAZ, 2003). Esse coeficiente relaciona o tipo de revestimento utilizado na área de captação da precipitação ao volume de água aproveitado pelo sistema, de modo a dar preferência para aqueles que possuem menor absorção de água a fim de minimizar as perdas.

Apresenta-se na Tabela 2.11 uma relação dos coeficientes de escoamento superficial de diversos tipos de revestimentos utilizados em superfícies de captação de águas pluviais.

Tabela 2.11 – Coeficientes de escoamento superficial das áreas coletadas

Áreas de coleta de águas pluviais	Coeficiente de escoamento superficial (C)
Telhas cerâmicas	0,80 a 0,90
Telhas, lajotas e ladrilhos vitrificados	0,90 a 0,95
Telhas de cimento amianto	0,70 a 0,85
Telhas metálicas corrugadas	0,80 a 0,95
Lajotas e blocos de concreto	0,70 a 0,80
Lajotas e blocos de granito	0,90 a 0,95
Pavimentos de concreto	0,80 a 0,95
Pavimento de asfalto	0,70 a 0,90

Fonte: Fendrich (2002)

2.5.2 Calhas e Condutores

As calhas e condutores (tubulações) são elementos fundamentais para o funcionamento do sistema, pois transportam a água desde o ponto de coleta até o local de armazenamento (LOPES, 2012). Diversos tipos de calhas podem ser instalados para atender um sistema de aproveitamento de águas pluviais, desde que sejam dimensionadas segundo a NBR 10844 (ABNT, 1989) de modo a evitar perdas do volume de água precipitado.

As calhas podem ser constituídas por diversos materiais como chapas galvanizadas, ligas de alumínio, PVC ou outros materiais lisos, leves, rígidos, duráveis, resistentes à corrosão e a mudanças de temperatura (TOMAZ, 2003), e devem ser instaladas de modo a ter inclinação contínua e suficiente em direção aos tubos de queda de modo a prevenir o acúmulo de água, sendo recomendado uma declividade de no mínimo 0,5% conforme recomendação da NBR 10844 (ABNT, 1989).

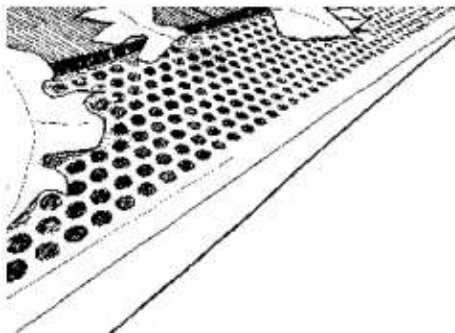
2.5.3 Telas e Grades de Proteção

Conforme recomendação da NBR 15527 (ABNT, 2019) a água da chuva captada deve passar por um pré-tratamento antes da reservação. Para prevenção de risco de deterioração da qualidade da água no reservatório de armazenamento de água de chuva, é recomendado a

instalação de dispositivos, como grades e telas, para remoção de sólidos indesejáveis (detritos, folhas, insetos etc.) que devem ser retidos e/ou desviados.

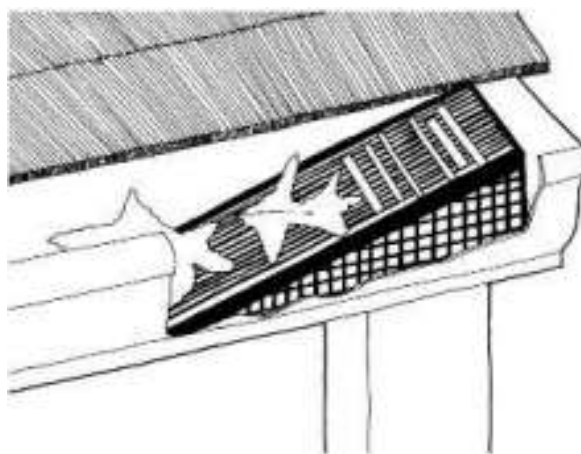
As telas e grades são utilizadas para a retenção de folhas, sujeira e areia que ficam nas calhas, mantendo a água mais limpa e não obstruindo a passagem de água nos condutores. Os produtos de filtragem devem ser de materiais que não enferrujam. É possível também a instalação de grelha ou tela à saída da tubulação antes de chegar no reservatório (CARDOSO, 2013; RAINMAP, 2017) conforme ilustrado nas Figuras 2.15 e 2.16.

Figura 2.15 – Tela de plástico ou metal sobre a calha



Fonte: Waterfall (2006)

Figura 2.16 – Sistema de peneiras sobre a calha



Fonte: Waterfall (2006)

2.5.4 Filtro

Os filtros têm a função de remover as partículas menores, sendo, portanto, um dispositivo que separa a água dos detritos sólidos advindos da superfície de coleta da água pluvial (CARDOSO, 2013; MACHADO, 2019; TEPNICK, 2004). O princípio de funcionamento segue uma filtragem contínua, onde as partículas são retidas em um meio filtrante.

Conforme recomendação do RainMap (2017) a manutenção do filtro deve ser feita por meio de limpeza, a partir da retirada do núcleo filtrante, lavagem e limpeza completa, e reposição do núcleo filtrante na estrutura do filtro.

Os filtros da marca 3P Technick contemplam soluções para o setor doméstico (VF1) e industrial. O princípio de funcionamento dos filtros são os mesmos, porém a malha que faz a filtragem tem dimensões diferentes, proporcionando capacidades diferentes. O Quadro 2.8 apresenta um resumo das características principais dos filtros industriais.

Quadro 2.8 - Especificações dos filtros industriais

Característica	Modelo do Filtro		
	VF2	VF6	VF12
Área máxima de captação	Até 750 m ²	Até 1.500m ²	Até 3.000 m ²
Capacidade máxima do miolo filtrante (volume filtrado por tempo)	3 L/s (10,8m ³ /h)	9 L/s (32,4 m ³ /h)	18 L/s (64,8 m ³ /h)
Manutenção por ano	2 a 4	2 a 4	1 a 2

Fonte: RAINMAP (2017).

2.5.4.1 Filtros VORTEX WFF

Produzida pela empresa Wisy, atendem a telhados com áreas máximas de 200 m² (WFF 100), de 500 m² (WFF 150) e de 3.000 m² (WFF 300) e diferentes vazões, podendo ser instalados no ponto de união da tubulação que drena a água da chuva de diversos condutores verticais (RAINMAP, 2017). De acordo com Aquastock (2022) possuem um grau de eficiência de cerca de 90% e filtram partículas de até 0,28mm.

2.5.4.2 Filtros de decida FS e STFS

Os filtros de descida são instalados diretamente na tubulação de descida dos telhados. Filtra área de telhado de até 150 m², capta cerca de 90% da água e filtra partículas de até 0,28mm. Produzidos pela Wisy (RAINMAP, 2017).

2.5.4.3 Filtros de decida 4P Rainus

O filtro atende a telhados com áreas máximas de 60 m² e vazões máximas de miolo filtrante de aproximadamente 0,6 l/s. Deve ser instalado na tubulação de descida do telhado. Serve a sistemas de aproveitamento de água da chuva e como separador de folhas, lama, areia, evitando o entupimento da tubulação vertical (RAINMAP, 2017).

2.5.4.4 Filtros de sucção

Os filtros de sucção são utilizados na tomada de água da bomba que faz a captação da água do reservatório para alimentar os pontos de consumo. Filtram impurezas que porventura ainda estejam no reservatório, filtrando partículas de até 0,3mm. A água a ser retirada do reservatório não pode ser retirada do fundo, mas sim próxima à superfície. A NBR 15527(ABNT, 2019) recomenda que a retirada de água do reservatório seja feita em torno de 15cm abaixo da

superfície. Para tanto, se usa boia de plástico, onde está afixado tubo de $\frac{3}{4}$ de polegada com o filtro de entrada para a sucção (AQUASTOCK, 2022).

2.5.5 Freio d'água

A utilização do freio d'água é necessária para que a velocidade da água que chega ao reservatório seja diminuída, evitando que as impurezas contidas no telhado sedimentadas no fundo do reservatório sejam movimentadas e, conseqüentemente, elevadas até a parte superior do reservatório (CARDOSO, 2013; TEPNICK, 2004), Figura 2.17. Além disso, o freio de água também atua na oxigenação da água que se encontra na parte inferior do reservatório (Figura 2.18), evitando que ocorra decomposição anaeróbia do lodo depositado no fundo, o que poderia causar liberação de gases como metano (CH_4) causando mal cheiro.

Figura 2.17 – Freio de água



Fonte: 3P Technick, 2011.

Figura 2.18 – Princípio do funcionamento do freio de água



Fonte: 3P Technick, 2011.

2.5.6 Sifão Ladrão

Para o esgotamento do excesso de água, arrastamento de impurezas, bloqueio de odores da galeria pluvial e impedimento da entrada de animais dentro da cisterna é utilizado o sifão ladrão. O tipo de sifão ladrão pode variar de acordo com o uso do sistema e é indicada a sua

instalação a 5 cm de desnível da entrada de água do reservatório, estando conectado ao tubo de saída para a rede pluvial (CARDOSO, 2013; TEPNICK, 2004), conforme ilustrado na Figura 2.19.

Figura 2.19 – Esquema de instalação do sifão ladrão



Fonte: 3P Technick (2011)

Este dispositivo pode funcionar como sifão, aspirando impurezas da superfície da água armazenada; e como ladrão caso o nível de água do reservatório exceda sua capacidade máxima.

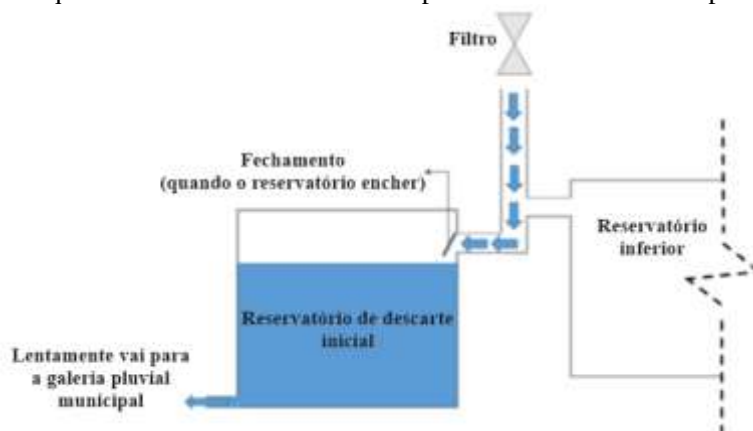
2.5.7 Dispositivo de descarte inicial

Nos primeiros minutos de chuva, conhecido como “first flush”, são carregados alguns detritos e contaminantes presentes na superfície de captação. A água da chuva nos primeiros minutos se encontra com um alto nível de contaminação causada por fezes de animais, poeiras, folhas de árvores, poluição atmosférica da região entre outros. Isso favorece o desenvolvimento de parasitas, bactérias e microrganismos no interior do reservatório, sendo prejudiciais à saúde (CARDOSO, 2013). Para melhoria da qualidade da água e diminuição dos sólidos suspensos e dissolvidos é recomendado instalar no sistema um dispositivo para o descarte de água de escoamentos inicial com recomendação de descarte de 2 mm da precipitação inicial, conforme NBR 15527 (ABNT, 2019) uma vez que é possível minimizar o custo em tratamento rejeitando as primeiras águas, que carregarão a maior parte dos poluentes da superfície de coleta e da atmosfera, coletando-se menos água, porém, com maior qualidade (SILVA, SOARES, SOARES, 2012).

O dispositivo de descarte inicial é o dispositivo que promove o descarte das primeiras águas escoadas na área de captação, ou seja, aquelas que promovem a limpeza da cobertura, permitindo que seja direcionada ao reservatório uma água pluvial com menor concentração de sólidos dissolvidos e de organismos patogênicos. O dispositivo de descarte das primeiras águas deve ser instalado após o de remoção de detritos e o volume das primeiras águas a ser descartado deve ser referente a uma precipitação inicial de 2 mm (ABNT, 2019). A parcela de água descartada deve ser direcionada ao sistema público de drenagem pluvial ou infiltrado no solo da

área da edificação. Apresenta-se na Figura 2.20 um esquema de funcionamento mecânico do dispositivo de descarte das primeiras chuvas.

Figura 2.20 - Esquema de funcionamento do dispositivo de descarte das primeiras chuvas



Fonte: RAINMAP (2017)

2.5.8 Reservatório de água pluvial

Após a filtragem e o descarte das primeiras águas, o excesso de água coletado é direcionado ao reservatório de água pluvial, onde permanecerá armazenado até ser destinado aos pontos de consumo.

Para Tomaz (2003), os reservatórios podem ser elevados, apoiados no nível do terreno ou enterrados e de materiais como concreto armado, alvenaria de tijolos comuns, fibra de vidro, plásticos, entre outros. Apresenta-se no Quadro 2.9 uma avaliação das vantagens e desvantagens ao optar pela implantação do reservatório de água pluvial apoiado ou enterrado.

Quadro 2.9 – Vantagens e desvantagens existentes no modo de implantação do reservatório

Modo de implantação	Vantagens	Desvantagens
Reservatório apoiado no solo	- Permite verificar facilmente o surgimento de rachaduras e vazamentos; - A extração da água é por gravidade; - Pode ser elevado acima do solo para aumentar a pressão da água.	- Ocupa maior espaço de área construtiva; - É geralmente mais caro; - Mais facilmente danificado por acidentes; - Mais vulneráveis à ação do clima; - Mais perigoso em caso de falhas.
Reservatório enterrado	- O solo circundante permite que as paredes possuam menor espessura, reduzindo os custos;	- A extração de água é mais complexa exigindo bombeamento; - Vazamentos ou rachaduras são mais difíceis de detectar;

Fonte: Thomas e Martinson (2007)

Quadro 2.9 – Continuação - Vantagens e desvantagens existentes no modo de implantação do reservatório

Modo de implantação	Vantagens	Desvantagens
Reservatório enterrado	- Requer pouco ou nenhum espaço acima do solo; Permite que a água adquira uma temperatura mais fresca.	- Maior risco de poluição a partir de águas subterrâneas ou enchentes; - A estrutura pode ser danificada por raízes de árvores ou ascensão de águas subterrâneas; - Maior risco de danos, caso o reservatório se encontre abaixo do trânsito de veículos pesados; - A água não é facilmente drenada em caso de limpeza; - A construção é imprópria para solos arenosos.

Fonte: Thomas e Martinson (2007)

Quando o reservatório estiver em nível mais baixo, existe a necessidade de fazer o bombeamento da água até o reservatório superior. Salienta-se que os reservatórios devem ser construídos como se fossem para armazenamento de água potável, devendo tomar todos os devidos cuidados para não contaminar a água da chuva coletada (TOMAZ, 2003).

Quando o reservatório for elevado ou apoiado no solo, a tubulação de saída para consumo deve estar aproximadamente a 10 cm acima da base do reservatório. Quando enterrado, é aconselhável que seja utilizada uma bomba de sucção flutuante, visto que a água de superfície possui maior qualidade. O reservatório também deve possuir uma abertura um pouco abaixo da borda, que funcionará como um extravasor caso o volume de água captada seja maior que o volume do reservatório. Entretanto, a água descartada deve ser desviada para longe das fundações do reservatório e de construções vizinhas, evitando seu acúmulo tanto em propriedades próximas quanto em áreas públicas (THOMAS e MARTINSON, 2007).

Conforme Lopes (2012) a recomendação quanto ao local de implantação é de que fique o mais próximo possível de calhas e pontos de consumo, e o mais distante de locais onde existem riscos de poluição da água (como tanques sépticos, por exemplo).

Nos períodos de estiagem o sistema de captação de águas pluviais não será suficiente para abastecer a edificação, sendo necessário projetar um dispositivo que permita a entrada de água potável nos pontos de utilização de água pluvial. Ao projetar e construir esse sistema complementar deve-se utilizar dispositivos que evitem o contato entre água potável e não potável,

visando assegurar que apenas água potável possa entrar no reservatório de água não potável e que o inverso não ocorra (ANNECCHINI, 2005; SILVA, SOARES, SOARES, 2012).

O correto dimensionamento do reservatório de armazenamento de água pluvial é necessário para evitar gastos desnecessários quando o reservatório é superdimensionado, ou ainda, para não apresentar baixa eficiência quando é subdimensionado (CASTRO et al., 2021).

A durabilidade, a segurança e o baixo custo são critérios normalmente utilizados para escolher o tipo de reservatório a ser implantando no SAAP (Sistema de Aproveitamento de Água Pluvial). Contudo, existem outros critérios que deverão ser considerados como, por exemplo, a segurança do modelo, a preferência dos usuários e sustentabilidade.

Segundo May (2004), na avaliação do potencial hídrico para dimensionamento do reservatório de acumulação é analisada a adequação e a eficiência da coleta de água de chuva. Assim, são considerados os seguintes aspectos:

- Disponibilidade atual da oferta de água e perspectiva de aumentá-la no tempo e no espaço;
- Demanda atual de água e gestão adequada para possibilitar uma maior eficiência no uso da água;
- Perspectiva de aumento da produtividade da água, considerando o uso de técnicas e de gestão de recursos hídricos mais adequados;
- Preservação da qualidade e do meio ambiente.

A capacidade do reservatório para armazenamento de água pluvial é um dos pontos críticos na implantação do sistema, visto que geralmente é um dos itens mais caros de implantação, impactando significativamente o tempo de retorno do investimento e desempenha um papel importante quanto ao atendimento suficiente à demanda de água não potável pela edificação (RUPP et al., 2011). O dimensionamento do reservatório é, portanto, vital para garantir a viabilidade técnica e econômica de um sistema de aproveitamento de água de chuva, buscando-se determinar a capacidade volumétrica capaz de atender a maior demanda possível como o menor custo (REZENDE e TECEDOR, 2017).

2.5.9 Sistema de Bombeamento

Em grande parte dos sistemas de aproveitamento de águas pluviais, o volume total de água é geralmente dividido entre o reservatório inferior de armazenamento e o reservatório superior de distribuição. A água armazenada no reservatório inferior deve ser direcionada para o reservatório superior de água não potável, por meio de uma motobomba de recalque, e a partir daí, distribuída por gravidade até os pontos de utilização (LOPES, 2012).

Os sistemas elevatórios, geralmente, utilizam bombas centrífugas radiais ou axiais submersíveis. A escolha do motobomba será determinada com base em catálogos de fabricantes

e potência requerida do sistema e de acordo com a norma NBR 12214 (ABNT, 2020), que trata do sistema de bombeamento para abastecimento público.

2.5.10 Conjunto mangueira boia

Proporciona a captação da água do ponto do reservatório em que está mais limpa, evitando a captação de resíduos decantados no fundo do reservatório ou em suspensão na superfície da água. Possui uma em sua extremidade garantindo assim que nenhum resíduo existente possa ser sugado e enviado para a rede alimentada com água da chuva (TEPNICK, 2004).

2.5.11 Tratamentos complementares da água

O processo de tratamento é composto por duas etapas: o descarte da precipitação inicial (ABNT NBR 15527, 2019) para evitar o acúmulo de sedimentos ao longo do sistema, pois a água inicialmente coletada apresenta maiores concentrações de partículas sólidas e contaminantes por atuar na limpeza da área coletada e do próprio sistema de captação, e passagem por filtro (operação física usada para separar sólidos de fluidos através da inserção de um meio filtrante onde apenas o fluido pode passar). Alguns filtros contam com dispositivos que promovem a desinfecção microbiológica da água por meio da adição de agentes desinfetantes ou pela alteração do material do próprio meio filtrante (DALPAZ et al., 2019).

As exigências do tratamento da água pluvial dependem do destino de utilização e da qualidade inicial da água. Essas informações estão apresentadas nas Tabelas 2.8 e 2.9: Definição dos parâmetros mínimos de qualidade para uso não potável e Frequência de amostragem, respectivamente.

Silva, Soares, Soares (2012) propõe a rejeição dos primeiros milímetros da precipitação para uso não potável da água e sugere a desinfecção, pois ela está intimamente ligada à segurança sanitária, diretamente ligada a eliminação dos agentes capazes de provocar doenças de veiculação hídrica.

A desinfecção é necessária quando se recebe água de um sistema sem tratamento, como é o caso da água proveniente de chuva. Desinfetar uma água, significa eliminar os organismos patogênicos presentes na mesma. Tecnicamente aplica-se a simples desinfecção como meio de tratamento para águas que apresentam boas características físicas e químicas a fim de garantir o aspecto bacteriológico.

De acordo com Azevedo Netto (1991), o cloro é o mais amplamente empregado, tendo em vista certas vantagens, como ser de baixo custo, facilmente disperso com solubilidade de 7 g/l e deixando um residual de solução de fácil determinação que não é perigoso para o homem e é capaz de destruir a maioria dos micro-organismos patogênicos, além de que seu forte poder oxidante viabiliza também o controle do odor e do sabor e a remoção de cor, por exemplo.

2.5.12 Critérios de utilização do sistema

Segundo Cardoso (2013) os componentes de um sistema de aproveitamento de água pluvial, a qualidade da água, o espaço para instalações existentes e os recursos financeiros disponíveis, variam de acordo com a utilização que se pretende fazer. May (2004) cita alguns cuidados especiais que devem ser tomados com relação à instalação e manutenção do sistema de captação, sendo eles:

- Evitar a entrada de luz solar no reservatório para diminuir a proliferação de microrganismos;
- Manter a tampa de inspeção fechada;
- Deverá haver no fundo do reservatório uma pequena declividade para facilitar sua limpeza;
- A saída do extravasor deverá conter grade para evitar a entrada de pequenos animais;
- Aconselhável que o reservatório inferior seja instalado próximo do conduto vertical;
- Em uma estiagem prolongada, deverá ser previsto o reabastecimento do reservatório com água potável, numa quantidade que garanta o consumo diário da edificação;
- A entrada da água potável deverá estar acima da entrada de água pluvial para não haver o retorno desta água para o reservatório de água potável;
- A tubulação de água pluvial deverá ser de outra cor para realçar o uso não potável (ABNT, 2019);
- No fundo do reservatório deverá existir um dispositivo que evite a turbulência na água para que o material sedimentado no fundo do reservatório de água de chuva não seja agitado;
- Deverá ser feita a verificação da necessidade de filtração e cloração da água da chuva armazenada;
- Em casos em que essa água entra em contato diretamente com o usuário, como por exemplo, em respingos que podem ocorrer durante o uso de vasos sanitários, se torna necessária a desinfecção desta água. A água coletada pode conter a presença de bactérias, isso indica que a água deve ser tratada antes de ser utilizada. A desinfecção da água de chuva pode ser realizada através de métodos simples como a cloração, uma vez que, além da desinfecção, o método possibilita a existência de um residual de cloro na água, assegurando a manutenção da qualidade microbiológica, e sua oxidação acaba por clarear a água, evitando manchas nas louças (RAINMAP, 2017).

2.6 METODOLOGIAS DE DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS

De acordo com Oliveira (2005), para se desenvolver o dimensionamento de um sistema de águas pluviais em uma residência, é indispensável à obtenção de dados do local onde será instalado o sistema como: dados do consumo diário, número de habitante na residência, qual uso será dado ao aproveitamento de águas pluviais e a precipitação diária.

O dimensionamento do reservatório sempre parte da hipótese de que não será possível armazenar toda a água da chuva da precipitação, seja por questões físicas ou financeiras, e que nem sempre haverá água suficiente para atender ao consumo. Os métodos de dimensionamento de reservatórios devem conciliar demanda com produção e determinar o percentual de consumo possível de ser atendido em cada sistema, fazendo com que se tenha um menor gasto e seja mais eficiente (PROSAB, 2006).

O custo da instalação do sistema de aproveitamento de água pluvial está relacionado com a capacidade de armazenamento de água e com o nível de confiabilidade do sistema. O reservatório de água é a parte mais onerosa do sistema de aproveitamento, por essa razão há a necessidade de fazer um dimensionamento criterioso, pois o correto dimensionamento do reservatório é importante para evitar gastos desnecessários quando o reservatório é superdimensionado, ou baixa eficiência, quando o reservatório é subdimensionado (RUPP et al., 2011).

Existem diferentes métodos de dimensionamento de reservatórios de armazenamento, os principais métodos foram prescritos no Anexo A da ABNT 2007 (versão antiga da norma ABNT 15527 (NBR, 2019)) sendo que, a versão atualizada da norma não traz em seu texto nenhum método de dimensionamento, deixando a escolha do método a cargo do projetista. A opção por um método ou outro deve se dar com base nos interesses do projeto de captação de água pluvial como, por exemplo, espaço disponível para instalação do reservatório eficiência pretendida para o sistema, de acordo com a região de implantação dele. Apresenta-se no Quadro 2.10 os métodos de cálculos de dimensionamentos de reservatórios encontrados na ABNT 15527 (NBR, 2007).

É importante destacar que cada método tem volumes de cisternas muito diferentes uns dos outros. O método de Rippl é o mais conhecido e resulta em maiores volumes de armazenamento (FEAM, 2015).

Quadro 2.10 – Métodos de cálculos de dimensionamento de reservatórios

Método	Fórmula	Descrição	Observação
Método de Rippl	$S(t) = D(t) - Q(t)$ $Q(t) = C \times P \times A$	S (t): Volume de água pluvial no reservatório no tempo t (L);	Método mais elaborado.

Fonte: Adaptado de ABNT 15527 (NBR, 2007), FEAM (2015) e RUUP et al. (2011).

Quadro 2.10 – Continuação - Métodos de cálculos de dimensionamento de reservatórios

Método	Fórmula	Descrição	Observação
Método de Rippl	$S(t) = D(t) - Q(t)$ $Q(t) = C \times P \times A$	D (t): Demanda ou consumo de água pluvial no tempo t (L); Q (t): Volume de água pluvial no tempo t (L); C: Coeficiente de escoamento superficial; P: precipitação média no tempo t (mm); A: área de captação em projeção no terreno (m²).	Volume do reservatório determinado por análise gráfica. Não leva em consideração a demanda por água da chuva.
Método de Simulação	$Q(t) = C \times P \times A$ $S(t) = Q(t) + S(t-1) - D(t)$	Q (t): Volume de água pluvial no tempo t (L); C: Coeficiente de escoamento superficial; P: precipitação média no tempo t (mm); A: área de captação em projeção no terreno (m²). S (t): Volume de água pluvial no reservatório no tempo t (L); S (t-1): Volume de água pluvial no reservatório no tempo t-1 (L); D (t): Consumo ou demanda de água pluvial no tempo t (L).	Método mais elaborado. Consiste na realização de um balanço de massa.
Método de Azevedo Neto	$V = 0,042 \times P \times A \times T$	V: Volume de água no reservatório de água pluvial (L); P: Precipitação média anual (mm); A: área de captação em projeção no terreno (m²); T: número de meses de pouca chuva ou seca.	Método simples. Dificuldade para determinar mês com pouca chuva.
Método Prático Alemão	$V_{\text{adotado}} = \text{mín}(V; D) \times 0,06$	V: Volume de água pluvial anual (L); D: demanda anual de água não potável (L); V _{adotado} : Volume do reservatório (L).	Método simples. Pode resultar em reservatórios subdimensionados.

Fonte: Adaptado de ABNT 15527 (NBR, 2007), FEAM (2015) e RUUP et al. (2011).

Quadro 2.10 – Continuação - Métodos de cálculos de dimensionamento de reservatórios

Método	Fórmula	Descrição	Observação
Método Prático Inglês	$V = 0,05 \times P \times A$	V: Volume do reservatório de água pluvial (L); P: Precipitação média anual (mm); A: área de captação em projeção no terreno (m²).	Método simples. Pode resultar no superdimensionamento do reservatório.
Método Prático Australiano	$Q = A \times C \times (P - I)$ $V_t = V_{t-1} + Q_t - D_t$	Q: Volume mensal de água pluvial (L); A: área de coleta (m²); C: coeficiente de escoamento superficial; P: precipitação média mensal (mm); I: Interceptação da água que molha as superfícies e as perdas por evaporação, geralmente 2mm; Q _t : Volume mensal produzido pela chuva no mês t (m³); V _t : Volume de água que está no tanque no fim do mês t (m³); V _{t-1} : Volume de água que está no tanque no início do mês t (m³); D _t : Demanda mensal (m³).	Método mais trabalhoso. O volume do reservatório é determinado por tentativa e erro, em função do nível de confiança do sistema.

Fonte: Adaptado de ABNT 15527 (NBR, 2007), FEAM (2015) e RUUP et al. (2011).

O Método de Rippl considera o maior volume de reservatório necessário para que a oferta de água não seja interrompida. É um método simples e muito utilizado no dimensionamento de sistemas de aproveitamento de água pluvial (ABNT, 2007). Entretanto, por considerar o maior volume necessário para o reservatório, sem levar em consideração a análise econômica, muitas vezes é necessário analisar volumes de reservatórios inferiores para obter um tempo de retorno menor. O Método de Azevedo Neto relacionada a capacidade de armazenamento do reservatório com a quantidade de meses com seca ou pouca chuva (ABNT, 2007)

O Método Prático Alemão considera o Volume Adotado como o mínimo de (volume anual de consumo e volume anual precipitado aproveitável) x 0,06 (6 %). Os métodos práticos (Alemão, Inglês e Australiano) são considerados por muitos autores como inadequados, porque generalizam uma série de grandezas de elevada variabilidade, como a precipitação pluviométrica e as demandas de água potável e pluvial (Rocha, 2009). Porém, Amorim e Pereira (2008) apontam em suas pesquisas que a aplicação dos métodos práticos para o dimensionamento de reservatórios,

por serem menos complicados e de simples aplicação, são mais recomendados para residências unifamiliares ou estabelecimentos pequenos. Os métodos mais complexos, como o Método de Rippl, ou o Método de Análise de Simulação, são mais indicados para projetos maiores, como indústrias, por exemplo. Os autores ainda ressaltam que não existe nada que impeça a aplicação desses métodos em diferentes tipologias de edificações.

Em locais com grandes índices pluviométricos, devem ser adotados métodos mais conservadores. Já em locais com baixos índices deve-se adotar métodos que superdimensionam o reservatório, para que a água armazenada em períodos de chuva venha suprir a demanda nos períodos de escassez.

Outro método utilizado para desenvolver o dimensionamento dos referidos reservatórios é através do *Software* Netuno. Trata-se de um programa computacional que modela os dados de entrada fornecidos, calculando um volume de reservatório assim como a economia de água potável por meio do uso da água da chuva. Sua metodologia baseia-se em modelos comportamentais que utiliza um conjunto de variáveis conhecidas, fazendo isso para diferentes cenários (GHISI e CORDOVA, 2014).

O Netuno tem sido utilizado em diversos estudos para determinar o potencial econômico e de economia de água gerado pela implementação de sistemas de aproveitamento de água da chuva em diversos tipos de edificações (SALLA et al., 2013; GHISI e SCHONDERMARK, 2013; FASOLA e MARINOSKI, 2011).

O programa foi validado e comparado com outros métodos de dimensionamento estabelecidos pela NBR 15527 (ABNT, 2007) em diferentes regimes pluviométricos no Brasil, obtendo resultados satisfatórios em relação aos outros métodos (ROCHA, 2009; RUPP *et al.*, 2011; GOMEZ e TEIXEIRA, 2017). O método de simulação baseado em modelo comportamental, considera uma relação mais verossímil, uma vez que trabalha com a relação entre demanda e disponibilidade hídrica, otimizando o volume do reservatório ideal.

O estudo de viabilidade deve considerar a diminuição do volume de água coletado em períodos de estiagem, dado que o aspecto negativo da coleta de água pluvial é sua instabilidade, uma vez que depende das condições meteorológicas e do clima, além das variações sazonais. Regiões com longos períodos secos são desfavoráveis ao armazenamento de chuva, já locais cujas precipitações apresentam maior consistência ao longo do ano permitem melhores resultados hidráulicos e econômicos (REZENDE E TECEDOR, 2017). Estudos econômicos também devem ser realizados para analisar a viabilidade de implantação desse sistema em comparativo com o tempo necessário para amortização do investimento financeiro, caso o retorno financeiro seja possível (SALLA et al., 2013).

Se de um lado, a prática do aproveitamento de água pluvial é impulsionada por questões relativas à baixa disponibilidade hídrica e pelo constante aumento na demanda por água, de outro, seus custos de investimento podem gerar uma barreira para sua implementação, o que demanda

estudo quanto a sua viabilidade de aplicação de modo a tornar essa medida técnica e economicamente atraente ao usuário (SILVA et al., 2014; SANT'ANA e MEDEIROS, 2017; CROSSON et al., 2021).

A tomada de decisão em projetos de sistemas de aproveitamento de água de chuva deve considerar, além do potencial de economia, os custos envolvidos com a implantação, manutenção e a operação do sistema, a fim de se chegar a uma concepção ideal, com a melhor relação custo-benefício (RAINMAP, 2017).

A viabilidade econômica de implantação desse sistema está diretamente relacionada aos custos envolvidos na construção do reservatório de acumulação. A importância na definição do volume otimizado para suprir determinada demanda por água pluvial, para determinada região com intensidade e frequência pluviométricas específicas, fez com que fossem desenvolvidos diversos métodos de dimensionamento. A maioria dos métodos existentes tem como parâmetros de entrada a intensidade pluviométrica, a área de captação e a demanda de água potável e não potável, os quais possuem influências variadas no volume final do reservatório, dependendo do local de estudo (GHISI, 2010). No território nacional são muitos os estudos realizados (SALLA et al, 2013).

A água pluvial de sistemas de aproveitamento utilizada em unidades habitacionais e comerciais provém de sistema independente da rede pública de abastecimento de água potável e não é medida diretamente por hidrômetros. Sendo assim, o volume de esgoto gerado por essa fonte de suprimento alternativo não é contabilizado (MORUZZI, 2016). A não contabilização das frações de água pluvial lançadas na rede de esgoto sanitário é uma limitação que pode causar resistência ao seu aproveitamento pelas companhias de saneamento e também deve ser considerada na análise de viabilidade de implantação do sistema, uma vez que, a economia financeira gerada pelo aproveitamento pluvial pode influenciar o aumento do consumo de água na edificação por parte do usuário (SANTOS et al., 2016).

Assim como há diferentes métodos para dimensionamento do reservatório, também existe uma diversidade de métodos para realizar a análise econômica de um determinado investimento.

2.7 FERRAMENTAS DE ANÁLISE DE INVESTIMENTO

Segundo pesquisa de Oliveira (2016) a análise econômica de um sistema de aproveitamento de água de chuva geralmente é realizada pela recuperação do investimento, ou seja, o tempo necessário para recuperar o investimento do projeto, sendo uma possibilidade o cálculo pela determinação do *payback* atualizado (SILVA et al., 2014). Quanto menor o período de retorno, mais interessante se torna o investimento. É um método simples de ser compreendido e determinado, conseguindo demonstrar quando irá se obter o retorno financeiro do investimento inicial.

Esse método de análise leva em consideração o dinheiro no tempo, com aplicação de taxa de juros e inflação. O que o torna mais real e efetivo que o *payback* simples, uma análise que apenas divide o investimento inicial pelo retorno financeiro no período analisado (OLIVEIRA, 2016; ASSUNÇÃO 2022).

O período de retorno do investimento, considerando o *payback* atualizado, é calculado pela Equação 2.1.

$$P_r = \text{Tempo quando } \Sigma \text{Receitas} = \text{Investimento inicial} \quad \text{Equação (2.1)}$$

Onde:

P_r : Período de retorno (anos, meses).

O período o tempo que é levado, em anos ou meses, no qual o somatório das receitas/lucro é igual ao investimento inicial (custo para implantação do projeto). O período de retorno é determinado comparando as despesas com as economias.

As receitas devem ser trazidas para os valores presente a uma taxa definida, a juros compostos, como apresentado na Equação 2.2.

$$R_p = R_f * (1 + i)^n \quad \text{Equação (2.2)}$$

Onde:

R_p : Receitas no valor presente (moeda);

R_f : Receitas no valor futuro (moeda);

i : Taxa de juros anual ou mensal, dependendo da análise (percentual);

n : Tempo (anos, meses).

Outras formas de avaliação econômica para análise de viabilidade de projetos é o Valor Presente Líquido (VPL) e a Taxa Interna de Retorno (TIR). O VPL é um método simples, capaz de determinar o valor presente de pagamentos futuros de um projeto descontados de uma taxa de juros apropriada, menos o valor do investimento inicial, usando como taxa de desconto a Taxa Mínima de Atratividade (TMA) do projeto, que representa o mínimo de retorno que o investimento deve ter. A Equação 2.3 é utilizada para calcular o VPL para fluxos de caixa uniforme.

$$VPL = \sum_{t=1}^n \frac{FCt}{(1+i)^t} \quad \text{Equação (2.3)}$$

Onde:

FCt : Fluxo de caixa no período t (moeda);

t : Enésimo período no tempo em que o dinheiro será investido (anos, meses);

i : Taxa de juros anual ou mensal, dependendo da análise (percentual);

n : Tempo (anos, meses).

A TIR é a taxa de retorno de um investimento, que quando aplicado a um fluxo de caixa, faz com que os valores das despesas, trazidos ao valor presente, seja igual aos valores de retorno dos investimentos, também trazidos para o valor presente. Calculada a partir da Equação 2.4.

$$VPL = 0 = \text{Investimento inicial} + \sum_{t=1}^n \frac{Ft}{(1+TIR)^t} \quad \text{Equação (2.4)}$$

Onde:

Ft: Fluxo de caixa no período t (moeda);

t: Enésimo período no tempo em que o dinheiro será investido (anos, meses);

n: Tempo (anos, meses).

Segundo Gomez e Teixeira (2017) e Pizón et al. (2015) o sistema de aproveitamento de água da chuva tem períodos de retorno mais rápidos quando construídos em escalas distritais maiores, quando são oferecidos subsídios do governo para sua implantação e quando os preços locais de água são mais altos.

Os atuais modelos de retorno de investimento dos sistemas de aproveitamento de água da chuva têm se concentrado nos custos de capital, operacionais e de água e muitas vezes não consideram, em suas avaliações, os co-benefícios sociais, econômicos e ambientais mais amplos que a implantação desse sistema pode trazer (Domenech e Sauri, 2011; Gomez e Teixeira, 2017 ; Pinzon et al., 2015; D. Zhang et al., 2009) onde os métodos de avaliação de forma holística para as contribuições do sistema para o ambiente urbano, ainda são prematuros (Campisano et al., 2017).

2.8 ESTUDOS DE CASO SAAP

A avaliação do desempenho de sistemas de aproveitamento de água pluvial tem sido foco de vários estudos, cujo objetivo é minimizar o uso de água potável na edificação (ABDULLA E AL-SHAREEF, 2009; BASINGER et al., 2010; BURNS et al., 2015; CAMPISANO et al., 2013; ZHANG et al., 2009).

Abdulla e Al-Shareef (2009) investigaram o potencial de economia e dimensionamento de tanques, realizando uma análise de custo-benefício do sistema e constataram que o potencial estimado de economia de água potável em residências de 12 províncias da Jordânia varia de 0,27% a 19,7%. Concluíram que o SAAP não é economicamente viável pelo baixo preço da água, o que não necessariamente inviabiliza a adoção do sistema pois pode gerar benefícios de longo prazo, como a redução do impacto nos recursos hídricos locais.

Eroksuz e Rahman (2010) investigaram o potencial de economia de água em 3 cidades australianas (Sydney, Newcastle e Wollongong) e concluíram que a economia de água nos anos mais secos seria de 37% a 42%.

O estudo de Domenech e Saurí (2010) é sobre aproveitamento de água da chuva em edificações unifamiliares e multifamiliares na região de Barcelona. Foi averiguada as práticas dos usuários, economia de água potável e custos do sistema, concluindo-se uma economia média de água potável em edifícios residenciais de 18%.

Zhang et al. (2018) realizou o estudo em três cidades da China afim de explorar os impactos da variação da precipitação na eficiência e confiabilidade dos sistemas de captação de água da chuva.

Para utilizar um Sistema de Aproveitamento de Água Pluvial (SAAP) é necessário o adequado dimensionamento dos componentes do sistema, devendo-se analisar alguns parâmetros específicos. De modo a embasar o trabalho e justificar a escolha de alguns desses parâmetros foi realizado um levantamento com destaque em edifícios residenciais. Apresenta-se na Tabela 2.12 alguns dos estudos gerais sobre avaliação da captação de águas pluviais e na Tabela 2.13 estudos específicos de avaliação da captação de águas pluviais.

Tabela 2.12 – Estudos gerais de avaliação da captação de águas pluviais

Referência	Localização	Escopo	Potencial de economia de água (%)
Herman e Schimida (199)	Alemanha	Uso de potáveis e não potáveis	30-60
Coombes et al. (1999)	Austrália (Newcastle)	Uso de potáveis e não potáveis	45-60
Fengtai e Xiachao (2012)	China (noroeste)	Uso de potáveis e não potáveis	40
Cheng (2002,2003)	Taiwan	Uso de potáveis e não potáveis	15-100
Handia et al. (2003)	Zâmbia	Uso de potáveis e não potáveis	-
Ghisi (2006)	Brasil	Uso de potáveis e não potáveis	48-100
Cheng e Liao (2009)	Taiwan	Uso de potáveis e não potáveis	7,77-18,4
Abdulla e Al-Shareef (2009)	Jordânia	Uso de potáveis e não potáveis	0,27-19,7
Imteaza et al. (2011)	Austrália (Melbourne)	Uso de potáveis e não potáveis	Até 48
Imteaza et al. (2012)	Nigéria (sudeste)	Uso de potáveis e não potáveis	Até 100
Mehrabadia et al. (2013)	Irã	Estimativa de uso de água não potável	-
Steffen et al (2013)	Estados Unidos (23 cidades)	Uso potável, não potável e irrigação	20-100

Fonte: Adaptado de Silva et al. (2014)

Tabela 2.13 – Estudos específicos de avaliação da captação de águas pluviais

Referência	Localização	Escopo	Tamanho do reservatório pluvial (m³)	Potencial de economia de água (%)
Fewkes (1999)	Reino Unido	Descarga da bacia sanitária		57,0
Ghisi e Ferreira (2007)	Brasil (Florianópolis)	Uso não potável	10	39,2-42,7
Ghisi e Oliveira (2007)	Brasil (Palhoça)	Lavagem e lavanderia	3 5	33,6 35,5
Ghisi e Schondermark (2013)	Brasil (Chapecó, Criciúma, Florianópolis, Joinvile e Lages)	Estimativa de uso não potável	Variável 0 -20	Variável 0 -50
Aladenola e Adeboye (2010)	Nigéria (Abeokuta)	Descarga bacia sanitária e lavanderia	5,0	90 (descarga) 50 (descarga + lavanderia)
Villarreal e Dixon (2005)	Suécia (Norrköping)	Descarga da bacia sanitária e irrigação	20-40 20-120	45-73 (descarga) 8-75 (irrigação)
Palla et al. (2011)	Itália (Genova, Florença, Catânia)	Uso não potável	2,5-400	40-100
Palla et al. (2012)	Europa (46 cidades)	Uso não potável	0,4-150	20-100
Mun e Han (2012)	Coreia do Sul (Seul)	Descarga da bacia sanitária	200	58
Steffen et al. (2013)	Estados Unidos (23 cidades)	Usos potáveis, não potáveis e irrigação	0,19-15,14	20-100

Fonte: Adaptado de Silva et al. (2014)

3 MATERIAL E MÉTODOS

Os passos desenvolvidos para verificar a viabilidade técnica e o potencial de economia, a partir da instalação do sistema de aproveitamento de águas pluviais na Moradia Universitária do Cerrado da Universidade Federal de Catalão – MUC/UFCAT, consistiu em: caracterizar o objeto de estudo, fazer o levantamento dos usos finais de água, estimar o volume do reservatório de águas pluviais para dois cenários diferentes – o primeiro, com abastecimento das bacias sanitárias e torneiras de jardim (utilizada para rega de jardim e limpeza das áreas comuns e de circulação da edificação) e o segundo, abastecendo somente as torneiras de jardim – e assim, verificar os potenciais de economia e análises financeiras de ambos os atendimentos.

Iniciou-se o trabalho com a caracterização da área de estudo considerando informações geográficas, dados pluviométricos e características física e construtiva da edificação em estudo. Na sequência, foi definido os usos finais de água na edificação, considerando os usos não potáveis de acordo com o que é apresentado na literatura. Os dados coletados foram utilizados no *software* Netuno 4.0 para encontrar a capacidade ideal do reservatório de água da chuva e assim obter o potencial de economia de água potável.

A análise de viabilidade econômica foi feita considerando o orçamento para implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial e o tempo de retorno financeiro de acordo com a economia obtida com o abastecimento de água. A viabilidade financeira do sistema foi calculada utilizando o Netuno através dos custos de construção e manutenção, e das economias de água do sistema, onde foi possível criar um fluxo de caixa. Com o fluxo de caixa, o Netuno estima o valor presente líquido, o tempo de retorno do investimento e a taxa interna de retorno, dados que serão considerados na nossa análise. A sequência metodológica adotada está detalhada nos itens a seguir.

3.1 ÁREA DE ESTUDO

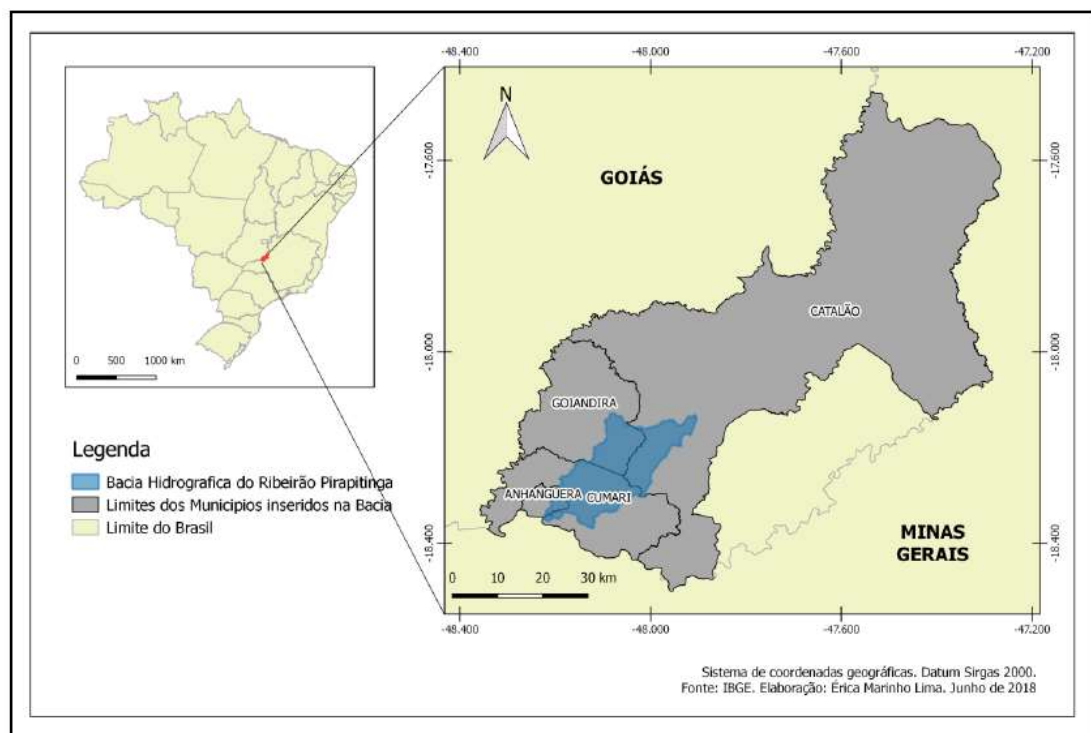
A cidade de Catalão está situada nas coordenadas geográficas: latitude 18°9'57" /S, longitude 47°56'47" /O e altitude de 835 metros; faz parte do Sudeste Goiano e sua população segundo estimativas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2023) é de 114.427 habitantes.

O clima do município é o tropical de altitude, com duas estações bem definidas, uma seca, que normalmente vai de maio a setembro, e uma chuvosa, que vai de outubro a abril. O ápice de seus níveis de precipitação se dá nos meses de dezembro e janeiro e os menores índices situam-se em junho e julho. No inverno existe menos pluviosidade que no verão. Apresenta temperatura média anual em torno de 22,6°C e pluviosidade média anual é de aproximadamente de 1500 mm. O mês mais seco (agosto) tem uma diferença de precipitação de 268mm em relação ao mês mais chuvoso (dezembro). As temperaturas médias, durante o ano, variam 4,8 °C (INMET, 2022).

Catalão está inserida na Bacia Hidrográfica do Paraná. A região Hidrográfica do Paraná é considerada aquela com maior densidade urbana do Brasil, pois estão inseridas nela as maiores cidades brasileiras, compreendendo a região Sudeste, a região Sul e, no Centro-Oeste, o Estado de Goiás, apresentando uma grande extensão de área e pela sua abrangência é subdividida em Paranaíba 1, 2 e 3. Catalão está inserido na subdivisão Paranaíba 1, tendo como principais rios o Paranaíba, São Marcos e Veríssimo. Dentro do perímetro urbano destacam-se o Ribeirão Pirapitinga, o Ribeirão Ouvidor, o Córrego das Madres, o Córrego Caçador e o Ribeirão Samambaia (BORGES, 2020).

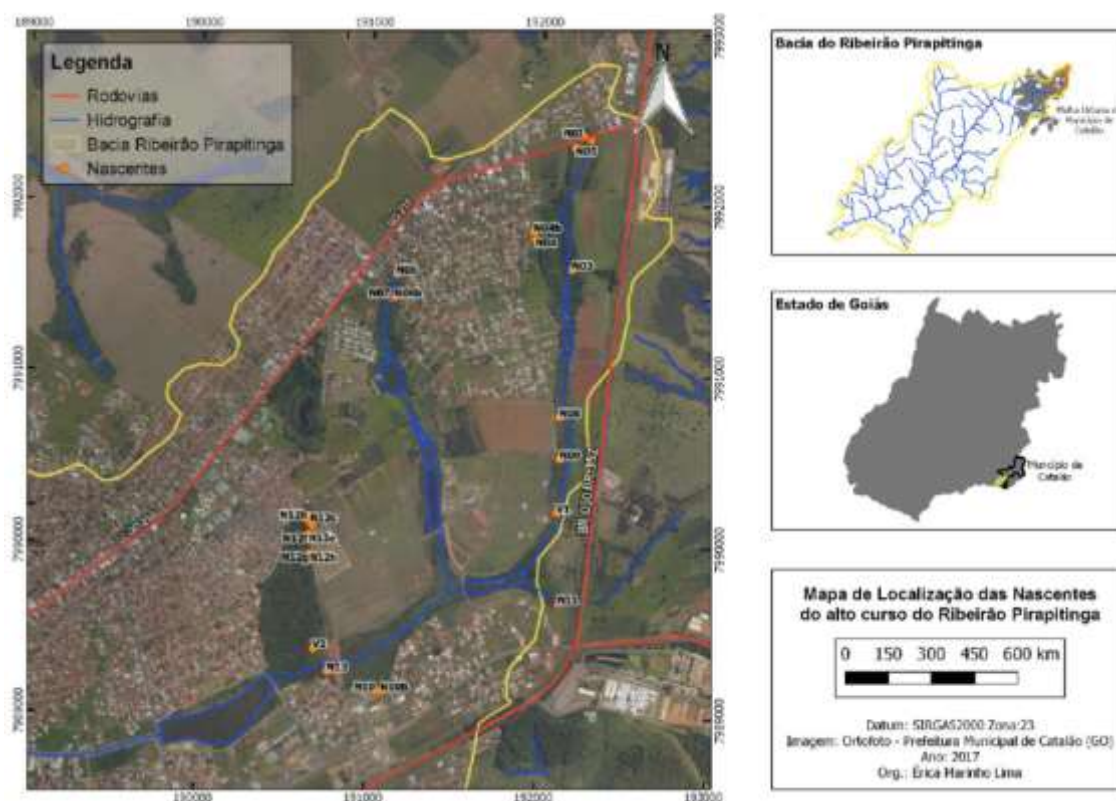
Dentro da Bacia do Ribeirão Pirapitinga há quatro centros urbanos: as cidades de Catalão, Goiandira, Cumari e Anhanguera. Grande parte da área urbana de Catalão localiza-se no alto curso do Ribeirão Pirapitinga que nasce no limite urbano atravessando a cidade no sentido Leste-Oeste e com nascentes (N01 e N02) localizadas próxima da MUC/UFCAT, conforme mostrado nas Figuras 3.1 e 3.2.

Figura 3.1 – Mapa de localização da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pirapitinga



Fonte: Rodrigues (2019)

Figura 3.2 – Mapa de localização das treze nascentes.



Fonte: Rodrigues (2019)

O objeto de estudo deste trabalho foi a MUC/UFCAT, edifício de concreto armado construído para atendimento dos discentes de graduação e pós-graduação da UFCAT, situado nas coordenadas geográficas: 18°08'0,5"S 47°54'57"W, em um terreno de área de 6.058,94m², ou seja, de dimensões 191,86 m x 31,58m, com área construída de 2.553,64 m², Figura 3.3.

Figura 3.3 - Moradia universitária do cerrado da Universidade Federal de Catalão



Fonte: Própria Autora (2022)

O Empreendimento é localizado no Loteamento Copacabana II, onde existem 19 quadras, e em algumas delas são previstos usos públicos, equipamentos comunitários e áreas verdes.

A MUC/UFCAT conta com a capacidade de fornecer moradia para até 128 estudantes e vagas para 26 automóveis no estacionamento e inclui ambientes adaptados para pessoas com deficiência PCD.

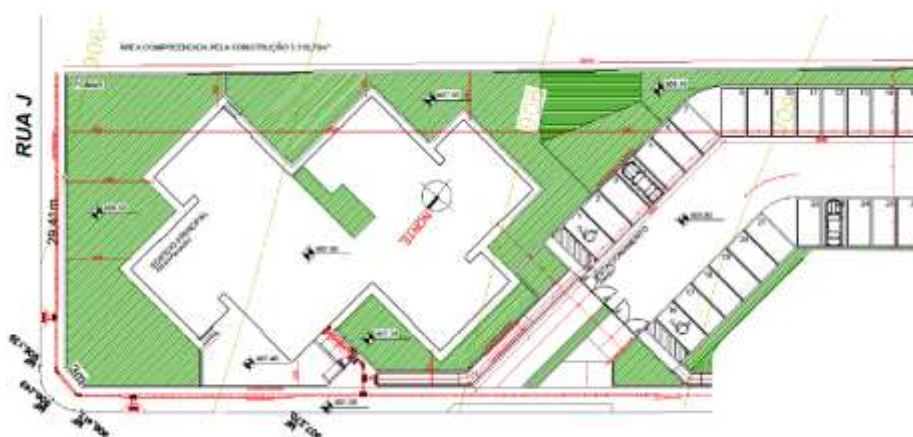
Em termo de área construída, a previsão é que a MUC/UFCAT será composta por dois edifícios de apartamentos de 4 pavimentos cada, dois estacionamentos para 26 carros cada, um campo de grama para prática de esportes, um quiosque para socialização, e uma área aberta com funcionalidade urbana ainda a definir em projetos urbanísticos futuros. Na primeira etapa do projeto era previsto a construção de um dos edifícios, o quiosque, um dos estacionamentos e a quadra de esportes, conforme parte em destaque apresentada na Figura 3.4. Entretanto, até o momento, não foram edificadas o quiosque e a quadra. Apresenta-se na Figura 3.5 a atual fase de ocupação do terreno, que contempla um dos edifícios de apartamentos e o estacionamento.

Figura 3.4 - Mapa de Implantação



Fonte: Projeto implantação (CEGEF 2017)

Figura 3.5 – Elementos contemplados pela atual obra



Fonte: CEGEF (2017)

O edifício da MUC/UFCAT possui os seguintes ambientes:

1. Pavimento Térreo - Destinado à residência para pessoas com deficiência - PCD, Figura 3.6 e parte comum da edificação, possui área total de 612,87m², distribuída em cinco unidades habitacionais, cada uma com área de 77,21 m², que possuem hall de estudos, cozinha/copa, sala de estar, 2 banheiros adaptados, 2 quartos com capacidade para duas pessoas e uma varanda, conforme apresentado na Figura 3.7, e a parte comum da edificação que possui área de circulação, área técnica, escada, elevador, zeladoria, depósito, elevador e shaft, jardim e uma sala para o síndico e reuniões.
2. Pavimentos Tipo - Comuns aos 1º, 2º e 3º pavimentos, destinado para residências e parte comum da edificação (Figura 3.8). Possui área total de 612,87m², distribuída em seis unidades habitacionais, cada uma com área de 76,79 m², que possui hall de estudos, cozinha/copa, sala de estar, 1 banheiro com dois boxes sendo um para bacias sanitárias e outro para chuveiro, 3 quartos com capacidade para 2 pessoas e uma varanda, conforme apresentado na Figura 3.9, e a parte comum da edificação que contempla circulação, escada, shafts hidráulicos e elétrico, rack de rede lógica e elevador.

Figura 3.6 - Layout do apartamento térreo s/esc



Fonte: CEGEF (2017)

Figura 3.7 - Layout apartamento térreo s/esc.



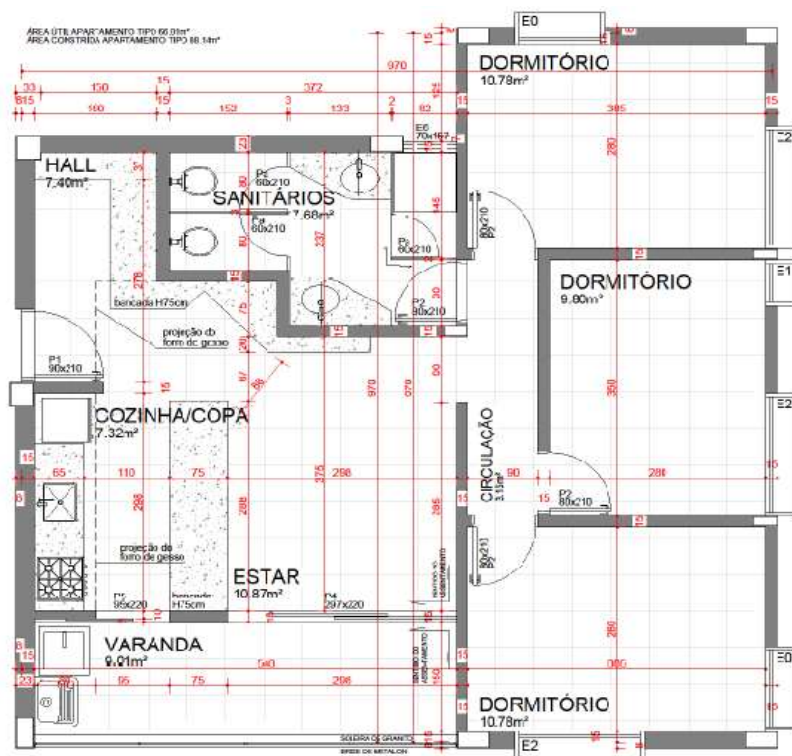
Fonte: CEGEF (2017)

Figura 3.8 - Layout pavimento 1, 2 e 3 – s/esc.



Fonte: CEGEF (2017)

Figura 3.9 - Layout do apartamento do pavimento tipo – s/esc.



Fonte: CEGEF (2017)

As características e quantitativos dos equipamentos hidrossanitários da área construída da MUC/UFCAT que podem ser abastecidos por água não potável encontram-se na Quadro 3.1.

Quadro 3.1 - Equipamentos hidrossanitários da área construída da MUC/UFCAT que podem ser abastecidos com água não potável

Equipamento hidrossanitário	Tipo	Quantidade
Bacia sanitária	Descarga embutida	46
Torneira de jardim	25mm x ¾"	4

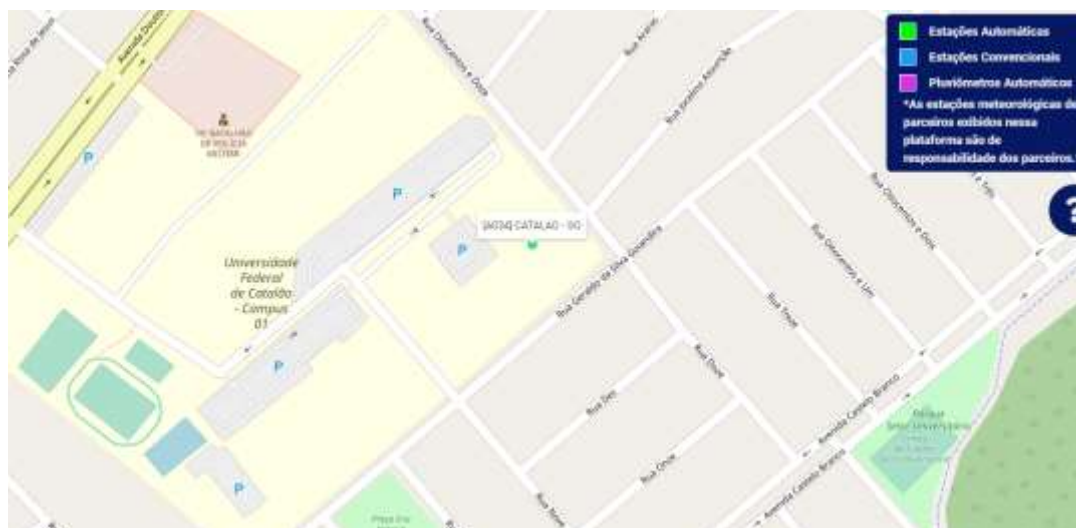
Fonte: Adaptado CEGEF (2020)

3.2 DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO DE ÁGUA PLUVIAL

3.2.1 Dados pluviométricos

Os dados pluviométricos foram obtidos da Estação Pluviométrica Automática do município de Catalão-GO, código: A034 (Figura 3.10) definido pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), localizada nas coordenadas 18,154779° de latitude, 47,927614° de longitude e altitude de 900,72 m, que teve início de funcionamento em 2008 e o período de coleta dos dados de precipitação é do dia 30/01/2008 até 31/12/2022. A escolha dessa estação se deve a sua proximidade com a MUC/UFCAT, que é de aproximadamente 3,20 km.

Figura 3.10 – Localização da estação pluviométrica automática A034.



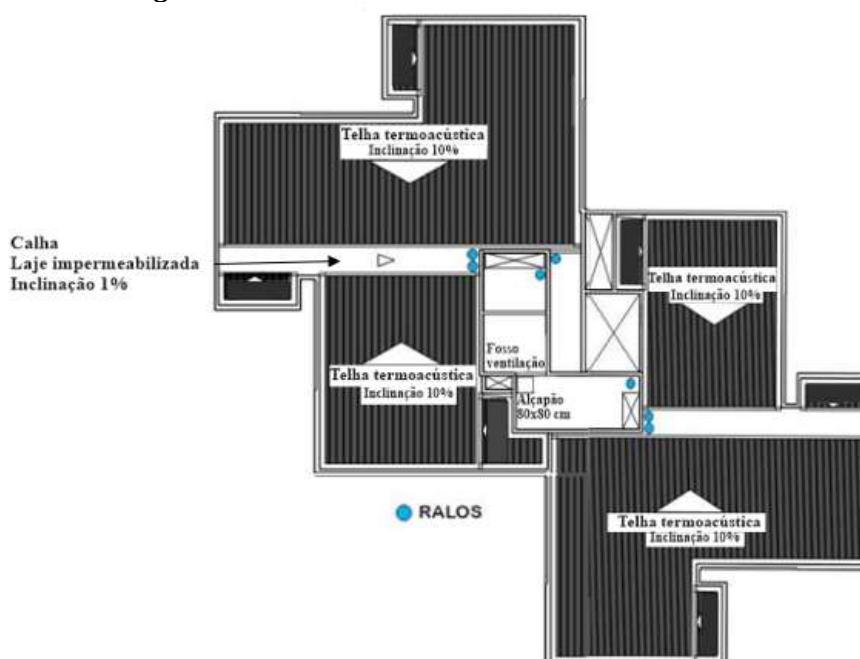
Fonte: INMET (2023).

3.2.2 Área de captação

A determinação da área de captação é necessária para estimar o volume que poderá ser captado de água da chuva, por tanto, realizou-se um estudo da tipologia construtiva para conhecer as áreas do telhado do edifício residencial da MUC/UFCAT que possibilitasse a coleta de água de chuva, considerando-se aspectos como disposição, tipo e inclinação dos telhados, bem como, a existência de calhas e condutores.

A medição da área foi realizada utilizando o *Software* AutoCAD (2022) com base nas plantas do projeto arquitetônico da edificação. Apresenta-se na Figura 3.12 a área de cobertura da do edifício residencial da MUC/UFCAT.

Figura 3.12 - Planta de Cobertura com ralos - s/esc.



Fonte: Adaptado de CEGEF (2017)

A cobertura do edifício residencial da MUC/UFCAT é composta por telhas trapezoidais termo acústicas com inclinação de 10%, rufos em chapas galvanizadas e calhas em concreto regularizado. As quedas das calhas são direcionadas para um ponto denominado ralo, que são direcionados para os shafts hidráulicos, conforme apresentado na Figura 3.13

Figura 3.13 – Cobertura do edifício residencial da MUC/UFCAT



Fonte: Própria Autora (2023)

A área da telha trapezoidal termo acústica é igual a 543,04 m² (82% da área total do telhado considerado) e a área de concreto regularizado é igual a 119,22 m² (18% da área total do telhado considerado), resultando em uma área de cobertura de 662,26 m². Para cada área de ocupação do telhado, foi adotado um coeficiente de escoamento superficial de 0,90, considerando o intervalo de valores de escoamento superficial para superfície de captação composta por telha metálica corrugada e por calhas de concreto, apresentados na Tabela 2.11.

3.2.3 Descarte de escoamento inicial

Quando a água de chuva cai no telhado ou em qualquer superfície que venha a ser utilizada para a captação, ocorre a lavagem dessa superfície, carreando poluentes existentes podendo gerar alto risco de contaminação. Os primeiros milímetros de chuva que precipitam sobre os telhados são os mais poluídos e, ao longo do evento chuvoso ocorre melhoria na qualidade dessa água precipitada (RIBEIRO e MARINOSKI, 2020). Dessa forma, é aconselhável que se faça o descarte do escoamento inicial dessas águas advindas da superfície de captação que serão encaminhadas para o sistema de aproveitamento de águas pluviais.

O volume do primeiro fluxo de água da chuva a ser descartado varia conforme a quantidade de poeira acumulada na superfície do telhado, que é função do número de dias secos, da quantidade e tipo de resíduos, e da estação do ano. Outras variáveis que devem também ser consideradas são a inclinação e o tipo de material da área de captação e a intensidade das chuvas. Não há em normas ou literatura, nenhum cálculo exato para definir o volume inicial de água pluvial que necessita ser descartado, devido às muitas variáveis que determinam a eficácia da lavagem nas áreas de captação (RIBEIRO e MARINOSKI, 2020).

Conforme Dalsasso, Sens e Guedes (2017) o sistema de descarte da água de chuva de escoamento inicial é feito, em geral, manualmente, o que preocupa, pois requer atenção do usuário do sistema, sob o risco de enviar para a cisterna água de qualidade inferior, cujo uso é mais restrito e sua deterioração é mais rápida. O tempo para esvaziamento do reservatório de descarte é um ponto importante para a qualidade da água que irá para o reservatório de aproveitamento de águas pluviais, uma vez que, tempo muito pequeno pode implicar em perdas significativas de água captada (a depender do regime de chuvas) e, por outro lado, tempo muito longo pode representar o não descarte de águas mais sujas.

O reservatório de descarte de escoamento inicial considerado neste trabalho, com o volume de descarga medido pelo critério de um litro por m² de área de captação, foi de 1 mm de lâmina d'água, conforme também adotado no estudo de Menezes (2016). O descarte de 2 mm, segundo recomendação da NBR 15527 (ABNT, 2019), gera um volume de água pluvial descartada superior ao volume de água pluvial que poderá ser armazenada para o aproveitamento na edificação, sendo assim, adota-se 1mm (aumentando o volume de água armazenada em comparação ao volume de água que será descartada) e faz-se o tratamento dessa água (filtração e desinfecção). A falta de descarte da precipitação inicial acarreta em tratamentos mais complexos e maiores custos, havendo o descarte inicial tem-se a coleta de menos água, porém, com melhor qualidade para o reservatório de água pluvial.

3.2.4 Consumo *per capita* de água

Para estimar o consumo de água, utilizaram-se dados do SNIS (2020), que apresentam, para o Estado de Goiás, média de 135,1 litros *per capita* por dia. A residência multifamiliar será composta por 128 moradores, tendo um consumo estimado de 17.292,8 litros por dia, sendo abastecida pela Superintendência Municipal de Água e Esgoto (SAE) do município.

Nesta pesquisa não se pretende modificar as instalações hidráulica de água fria do edifício, portanto não serão instalados aparelhos de medida de consumo nos pontos que podem ser abastecidos com água não potável, sendo assim, o consumo de água será determinado através de levantamento bibliográfico, verificando o consumo médio para esse tipo de residência multifamiliar.

Com base no trabalhos de Hafner (2007) sobre o consumo de água nas residências brasileiras (Tabela 2.8), verificou-se por meio da soma dos percentuais de usos finais da água nos pontos de utilização, os seguintes pontos: bacia sanitária (22%) e torneira de jardim/lavagem de carros (3%), por tanto, o valor de consumo para o primeiro cenário é de 25% de água potável que poderá ser substituída por água pluvial (bacias sanitárias mais torneiras de jardim) e de 3% de água potável que poderá ser substituída por água pluvial para o segundo cenário (somente torneiras de jardim).

3.2.5 Dimensionamento do reservatório de águas pluviais

Sobre o ponto de vista quantitativo, dimensiona-se o reservatório de armazenamento verificando se a quantidade de água pluvial coletada irá suprir satisfatoriamente a demanda por água não potável do sistema.

A determinação do potencial de aproveitamento de águas pluviais se dará utilizando o programa computacional, Netuno 4.0, desenvolvido pelo Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (LabEEE) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). O programa gera gráficos que possibilitam analisar comparativamente o potencial de economia de água potável para diferentes volumes de reservatórios, facultando ao usuário escolher o volume do reservatório de acumulação da água pluvial mais adequado a suas necessidades e o potencial de economia de água potável obtida pelo uso de água pluvial (GHISI e CORDOVA, 2014).

O método para o dimensionamento do reservatório é, portanto, o da simulação computacional baseada em modelo comportamental, uma vez que possibilita a realização de uma análise mais completa. Este método resulta em volumes de reservatório otimizados, pois considera um equilíbrio entre dados de demanda e dados de disponibilidade hídrica, onde abrange-se diversas variáveis ponderando-se os critérios para escolha do volume ideal do reservatório, ou seja, possibilitará maior precisão para análise de implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial na MUC/UFCAT.

A metodologia do programa baseia-se no histórico comportamental com variáveis já conhecidas, com isso, os dados de precipitação devem ser fornecidos em uma base diária e as simulações para os volumes ideais dos reservatórios são calculadas conforme esses dados.

O Netuno permite apresentar de forma gráfica e intuitiva o volume de água de chuva aproveitada em função do volume de reserva total do sistema. Conforme apresentado na Figura 3.14, para utilização do programa os dados de entrada são:

- a) Precipitação pluviométrica diária;
- b) Área de captação;
- c) Coeficiente de escoamento superficial (*runoff*);
- d) Demanda diária de água per capita;
- e) Número de usuários da edificação;

f) Percentual da demanda total a ser suprida por água pluvial.

As áreas de captação e os coeficientes de escoamento superficial utilizados são os definidos no item 3.4.2, a precipitação pluviométrica é definida no item 4.1, a demanda diária de água *per capita* é de 135,1 litros, conforme definido no item 3.4.4. São apresentados no Quadro 3.2, os valores de cada variável de entrada.

Para determinação do volume ideal do reservatório, serão analisados os intervalos de valores onde são considerados o volume máximo e o intervalo entre volumes e a demanda atendida. Assim, são simuladas variações de volume do reservatório inferior, em intervalos, até se obter o volume ideal e a cada variação o Netuno calcula um novo potencial de economia.

Figura 3.14 – Interface do Software Netuno.

Fonte: Própria autora (2023).

Quadro 3.2 – Dados de entrada do Netuno

Número de Referência	Dados de Entrada	Obtenção dos Dados
1	Precipitação	INMET
2	Descarte inicial	Adotado como 1mm/m ² (MENEZES, 2016)
3	Área de captação	Soma das áreas de contribuição
4	Demanda total de água potável	Estimativa de consumo com base nos dados SNIS (2020)
5	Número de moradores	Adotado 128 moradores

Fonte: Adaptado de Marciano (2019)

Quadro 3.2 – Continuação - Dados de entrada do Netuno

Número de Referência	Dados de Entrada	Obtenção dos Dados
6	Percentual da demanda total de água pluvial	Cenário 1 - adotado como 25% da demanda total de água potável; Cenário 2 - adotado como 3% da demanda total de água potável (HAFNER, 2007)
7	Coeficiente de escoamento superficial	Conforme Tabela 2.11 (0,90)

Fonte: Adaptado de Marciano (2019)

O reservatório de armazenamento de águas pluviais será alocado próximo a quadra de esporte, no espaço ao lado da casa de máquinas que possui reservatório inferior de água potável de 36.000 litros para abastecer os dois prédios, tanto a edificação existente, quanto à futura edificação planejada. A escolha do local para a locação do reservatório de águas pluviais se deu pela área disponível e não interferência em outras tubulações já existentes na moradia (Figura 3.16).

Figura 3.16 – Localização do reservatório inferior



Fonte: adaptado de CEGEF (2017)

A edificação existente possui dois reservatórios superiores, cada um com 10.360 litros de água potável para atender a demanda do prédio. A laje de cobertura não comporta a instalação de outro reservatório, por não possuir espaço suficiente para sua instalação e também, por necessitar de um projeto de reforço da laje diante da sobrecarga de mais um reservatório. Conforme Abdulla e Al-Shareef (2009) os sistemas de captação de água da chuva projetados como um componente integrado de um novo projeto de construção são geralmente mais eficazes do que a adaptação de um sistema a um edifício existente, diante do exposto, a solução que se propõe é a implantação do SAAP no segundo edifício da MUC/UFCAT, quando da sua construção, de forma a adaptar no projeto a existência do reservatório superior destinado a água pluvial.

Em relação à topografia, há a indicação das curvas de nível do terreno da edificação, onde pode-se conferir o sentido e a magnitude das declividades, que vence 6 metros de desnível ao longo de sua extensão de 191,86m de comprimento, tendo assim, uma inclinação de 3,16%. Portanto, a condição do reservatório de água pluvial acima do solo foi escolhida, uma vez que, atende as torneiras de jardim com pressão suficiente (que hoje elas são abastecidas diretamente da rede pública), e a solução evita os custos de escavação e proteção de concreto, além de facilitar a instalação e limpeza. O reservatório superior é projetado para receber a água tratada bombeada do reservatório de água pluvial e com altura suficiente para abastecer os pontos hidráulicos, de uso não potável, por gravidade. O reservatório superior foi dimensionado para atender a demanda diária total de uso não potável, sendo adotado esse critério para evitar o acionamento do sistema de bombeamento mais de uma vez ao dia e, com isso, os custos excessivos na tarifa elétrica associados aos pulsos de partida do equipamento. Ambos os reservatórios (superior e inferior) de polietileno.

3.2.1 Dimensionamento do sistema elevatório

Conforme a NBR 5626 (ABNT, 2020), uma instalação elevatória consiste no bombeamento de água de um reservatório inferior para um reservatório superior. A norma ainda recomenda que a estação elevatória deve possuir no mínimo duas unidades de elevação de pressão, caso uma venha a falhar. Para o sistema de aproveitamento de água pluvial para a MUC/UFCAT, definiu-se a modalidade de bomba aspirante, sendo utilizadas duas motobombas, para caso uma dessas venha a apresentar defeito.

O diâmetro da tubulação foi dimensionado com base na vazão diária utilizada para o consumo não potável, o qual se adotará um período de funcionamento conforme a vazão e o consumo diário estipulados. Para auxiliar no controle do nível do reservatório adotou-se uma chave boia, o qual ligará e desligará a motobomba do sistema, quando a água estiver sendo recalçada para o reservatório. O levantamento topográfico e comprimento da tubulação foram obtidos com o uso do *software* AutoCad (2022). Por fim, o rendimento da bomba (η) foi obtido através do catálogo da curva da bomba, o qual foi utilizado para o cálculo da potência da motobomba. As equações que foram utilizadas estão dispostas na Quadro 3.3.

Quadro 3.3 – Equações utilizadas no dimensionamento do sistema de recalque

Descrição	Equação
Vazão (Q)	$Q = \frac{\text{Velocidade}}{\text{Tempo}}$
Perda de Carga na Tubulação (PC); Comprimento da Tubulação ($L_{\text{tubulação}}$).	$PC = L_{\text{tubulação}} \times f_{\text{atord}} \times \text{diâmetro}$

Fonte: Schneider (2006).

Quadro 3.3 – Continuação - Equações utilizadas no dimensionamento do sistema de recalque

Descrição	Equação
Altura Manométrica Total (H_{man}); Altura de sucção ($H_{sucção}$); Altura de recalque ($H_{recalque}$); Perda de carga na sucção ($PC_{sucção}$); Perda de carga no recalque ($PC_{recalque}$).	$H_{man} = H_{sucção} + H_{recalque} + PC_{sucção} + PC_{recalque}$
Potência da Bomba (P); Vazão (Q); Altura Manométrica (H_{man}); Rendimento da bomba (η).	$P = \frac{Q \times H_{man} \times 0,37}{\eta}$

Fonte: Schneider (2006).

3.2.1 Sistema de filtragem e desinfecção

Conforme elucidado no item 2.4.3 os filtros são mecanismos usados para retenção de materiais de suspensão, facilitando a higienização da água em um sistema de aproveitamento de águas pluviais. A manutenção do filtro deve ser realizada periodicamente a fim de evitar o acúmulo de materiais grosseiros. Dessa forma, no presente estudo, buscou-se um filtro no mercado que atendesse a área de contribuição da edificação, sendo especificado o filtro ciclo 500, com as características apresentadas no item 4.5.

Para o sistema de desinfecção, conforme item 2.4.11 que informa sobre tratamentos complementares da água, adotou-se um dispositivo de cloro em pastilhas, que atua como agente oxidante inativando diversos microrganismos nos sistemas de água, garantindo assim uma água segura para o consumo humano. O cloro não é nocivo, desde que atenda a dosagem permitida na legislação, que segundo a Portaria do Gabinete do Ministério da Saúde nº 888/2021, recomenda o teor mínimo de 0,5 mg/L e o máximo de 2 mg/L de cloro residual, valores acima desses passam a ser percebidos pelo consumidor. Para o presente trabalho foram selecionados dosadores de cloro por pastilhas. A especificação do modelo baseou-se na vazão por hora de funcionamento do dispositivo.

3.3 ANÁLISE DE QUALIDADE DA ÁGUA PLUVIAL

Para realização dos ensaios de análise dos parâmetros de qualidade da água para uso não potável, considerando a água de chuva após o contanto com a superfície de captação, foram coletadas amostras de água do telhado da edificação da MUC/UFCAT. As coletas foram realizadas nos dias que houve precipitação suficiente para análise, seguindo procedimentos de higienização tanto do recipiente onde a água estava armazenada, quanto dos frascos de coleta (higienizando-os com álcool 70% e utilizando luvas para que não houvesse contaminação) e levadas para os Laboratórios de Biologia Integrativa e Conservação (LABIC) e Laboratório de

Ensino de Química (LEQ) da Universidade Federal de Catalão, onde foram feitos os procedimentos para análise do pH e Turbidez da água coletada, com acompanhamento dos responsáveis técnicos dos respectivos laboratórios da instituição.

Para análise do pH foi utilizado o pHmetro de bancada e para análise de turbidez foi utilizado o turbidímetro. Todos os equipamentos foram devidamente calibrados antes do uso, e os resultados dos ensaios constam no item 4.2.

Quanto as análises de coliformes (microbiológicas), não foi possível realizar os ensaios dentro do período de chuva do município devido à indisponibilidade de recursos, em termos de equipamentos do laboratório, disponibilidade de horários e equipe de apoio. Portanto, não temos resultados quanto a essa característica da água pluvial coletada.

3.4 CÁLCULO DO POTENCIAL DE ECONOMIA E ANÁLISE ECONÔMICA

Para a análise econômica da instalação do sistema, também será utilizado o programa Netuno 4.0, com o fornecimento de dados como taxa de inflação mensal, faixa de tarifas de água e esgoto, custo unitário de energia elétrica, além dos valores orçados para os materiais e manutenção. A taxa mensal de inflação utilizada foi o Índice de Preços ao Consumidor Amplo, medido pelo IBGE em março de 2023 e é considerado como a taxa de inflação oficial do país, sendo de 0,71% ao mês.

O custo da energia elétrica é necessário para quantificar o custo de operação da motobomba instalada próxima aos reservatórios inferiores para recalcar a água para o reservatório superior. O número médio de recalques diários para preencher o reservatório superior e o tempo de operação da motobomba são parâmetros necessários para determinar o custo de energia elétrica em cada mês. O período de reajuste das tarifas de energia elétrica e de fornecimento de água foi considerado de 12 meses. Esse período é comumente praticado pelas operadoras de água e energia. A taxa mínima de atratividade (TMA) utilizada nesse estudo foi de 1% ao mês e é a mesma utilizada em fundos de renda fixa do Banco do Brasil e da Caixa Econômica Federal.

A discriminação e o orçamento dos materiais utilizados serão apresentados no capítulo que expõe os resultados. Os custos operacionais englobam os custos relativos à energia elétrica consumida para a operação da motobomba, custos de manutenção e tratamento de água.

Após o fornecimento de todos os dados necessários, o Netuno 4.0 faz uma estimativa das economias de água, valor presente líquido, o tempo de retorno do investimento e a taxa interna de retorno que permitem avaliar se o investimento é viável ou não. Essa análise será apresentada nos resultados.

3.4.1 Custo de implantação e manutenção

Segundo Lage (2010), um aspecto importante que deve ser analisado na implantação de um sistema de águas pluviais são os custos com relação ao levantamento de projetos construtivos, de fundações, de materiais hidráulicos e de mão de obra para a instalação do sistema de captação.

Os custos levados em consideração para a análise econômica foram: a mão de obra para a instalação e manutenção do sistema, custo dos reservatórios, motobomba de recalque para potência calculada, custos da tarifa de água e energia, dosador de cloro, dispositivo para descarte da primeira água, filtro e os materiais necessários para a instalação hidráulica (tubos, adaptadores, conexões, etc).

Para a obtenção do custo de implantação e manutenção do sistema de aproveitamento de águas pluviais, realizou-se o levantamento de mercado de maneira a encontrar os seus valores usuais além de dados do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI), o qual é disponibilizado pelo site da Caixa Econômica Federal.

3.4.2 Custo de água potável

Com base nos dados disponibilizados no SNIS, considerou-se para o presente estudo um consumo per capita de 135,1 L/dia. A partir desse valor, realizou-se uma estimativa do consumo de água da residência pública, conforme Equação 3.2. Na Tabela 3.1, são apresentados os valores cobrados pela SAE por m³.

$$C_{\text{água}} = C_m \times V \quad \text{Equação 3.2}$$

Onde:

$C_{\text{água}}$ é o custo de água potável (R\$/mês)

C_m é o consumo mensal da edificação (m³/mês)

V é o valor cobrado pela SAE (R\$/m³)

Tabela 3.1 – Tarifa de água cobrada pela SAE pelo consumo de água de edifício público

Faixas (m ³)	Valores (R\$)	Esgoto (%)
0 – 2	8,05	80
3 – 10	8,31	80
Maior 10	9,16	80

Fonte: SAE (2022)

3.4.3 Economia de água potável

Para se verificar a economia de água potável após a implantação do sistema de águas pluviais, utilizou-se a Equação 3.3.

$$E_{\text{água}} = C_{\text{mensal}} \times (P/100) \times V \quad \text{Equação 3.3}$$

Onde:

$E_{\text{água}}$ será a economia de água potável após a implantação do sistema de águas pluviais (R\$/mês);

C_{mensal} é o consumo mensal de água na edificação ($\text{m}^3/\text{mês}$);

P é a porcentagem de água potável que será substituída por águas pluviais (%);

V é o valor que é cobrado pela SAE pela água potável (R\$/ m^3).

3.4.4 Custo de energia elétrica

Para determinar o consumo de energia elétrica, primeiramente buscou-se em catálogos de fabricantes de motobombas (tempo de funcionamento, potência e rendimento), qual seria o modelo ideal de motobomba para o sistema de recalque da edificação. Definidos esses passos, observaram-se os valores cobrados pela Equatorial energia na tarifa de energia elétrica, verificando qual seria o custo para efetuar o enchimento do reservatório superior da edificação, conforme Equação. As tarifas correspondentes na Tabela 3.2 são da referentes ao mês de maio de 2023.

$$\text{Custo} = C_{\text{energia}} \times T \times V \quad \text{Equação 3.4}$$

Onde:

Custo é o valor gasto com o consumo da motobomba (R\$)

C_{energia} é a energia elétrica consumida pela motobomba (kWh)

T é o tempo mensal de funcionamento da motobomba (h/mês)

V é o valor coletado pela Enel pela energia elétrica (R\$/kWh)

Tabela 3.2 – Valor cobrado pela Equatorial pelo consumo de energia elétrica.

Classificação	Energia R\$/kWh
Poder Público - Federal	
Consumo FP	0,179417
Consumo HR	0,179417
Consumo P	1,897780
Parcela TE HR	0,351313
Parcela TE HR	0,351313
Parcela TE P	0,562743

Fonte: Equatorial energia (2023)

A análise de custo do sistema de captação de água também foi realizada pelo Netuno, visto que é uma possibilidade deste (GHISI; CORDOVA, 2014). Para a análise, é necessário que sejam inseridos no *Software* o índice de inflação; tempo em que serão reajustadas as tarifas de energia elétrica; período de análise do projeto; mês de instalação do projeto; a taxa mínima de atratividade, conforme apresentado na Figura 3.17, a tarifa de água; a modificação do volume do reservatório inferior; os custos iniciais (construção do reservatório, motobombas, tubulações, mão

de obra etc.) e os custos operacionais (gasto de energia elétrica pelas motobombas, limpeza, desinfecção da água armazenada), como demonstrado na Figura 3.18.

Figura 3.17 – Interface para análise econômica utilizando o Netuno

Análise Econômica

Volume do reservatório inferior: 7000 litros Modificar volume

Definir tarifas de água e esgoto

Inflação (% ao mês)

Reajuste das tarifas de água e energia elétrica (meses)

Período de análise (anos) Taxa mínima de atratividade (% ao mês)

Mês de instalação do sistema de captação de águas pluviais
Jan ▼

✓ **Custos iniciais**
Reservatórios / Tubulações / Mão de obra

✓ **Custos operacionais**
Motobomba
Manutenção / Tratamento de água / Outros

Calcular

Fonte: Própria autora (2023)

Figura 3.18 – Telas de entrada de dados do software Netuno.

Análise Econômica

Volume do reservatório inferior: Modificar volume

Definir tarifas de água e esgoto

Inflação (% ao mês)

Reajuste das tarifas de água e energia elétrica (meses)

Período de análise (anos) Taxa mínima de atratividade (% ao mês)

Mês de instalação do sistema de captação de águas pluviais
Jan ▼

✓ **Custos iniciais**
Reservatórios / Tubulações / Mão de obra

✓ **Custos operacionais**
Motobomba
Manutenção / Tratamento de água / Outros

Calcular

Tarifas de água e esgoto

Volume (m³)
Abaixo de ☒ Custo fixo

Custo (R\$) Adicionar

Tarifa de esgoto
☐ Fixa
☐ Variável

Custo (R\$)

Imposto fixo (R\$)

Imposto variável (%)

Limpar dados
Concluir

Reservatório inferior

Digite o volume para o reservatório inferior que será utilizado na análise econômica

litros

Concluir

Fonte: Própria autora (2023)

Figura 3.18 – Continuação - Telas de entrada de dados do software Netuno.

The figure shows three separate input windows for the Netuno software. The first window, 'Custos iniciais', contains fields for initial costs: Reservatório inferior, Reservatório superior, Mão de obra, Tubulações, and Acessórios, each with a 'Custo (R\$)' label and an input box. The second window, 'Motobomba', contains fields for pump specifications: Potência unitária (with a CV dropdown), Rendimento (%), Vazão (litros/hora), Tempo de partida (segundos), Custo Unitário (R\$), Tarifa de energia elétrica (R\$/kWh), Imposto fixo (R\$), Imposto variável (%), and a checkbox for 'Considerar motobomba de reserva'. The third window, 'Outros custos operacionais', contains fields for operational costs: Nome do custo operacional, Periodicidade (meses), Tipo de custo (Fixed or Variable), Coeficiente linear (R\$), and Coeficiente angular (R\$/m³). Each window has a 'Concluir' button at the bottom.

Fonte: Própria autora (2023)

Ao inserir os dados e iniciar o programa, obtém-se o valor presente líquido (R\$), tempo de retorno de investimento (*Payback*) (meses) e taxa interna de retorno (% ao mês) decorrentes da implantação do sistema de captação de águas pluviais. Além disso, o *software* gera uma janela de custos e economias com dados simplificados (com custos totais mensais) e com dados detalhados (custos e economias são apresentados separadamente), conforme apresentado na Figura 3.19.

Figura 3.19 – Janela com custos e economias.

The figure shows two screenshots of the 'Custos e Economias' window. The left screenshot shows the 'Simplificados' view, which displays a table of monthly data. The right screenshot shows the 'Detalhados' view, which displays a detailed breakdown of costs and savings for each month.

Mês	Economia (R\$)	Custos (R\$)
0 (Janeiro)	0,00	2310,00
1 (Fevereiro)	56,45	18,41
2 (Março)	62,50	19,63
3 (Abril)	60,48	19,23
4 (Maio)	62,08	19,49
5 (Junho)	57,73	18,68
6 (Julho)	56,58	18,39
7 (Agosto)	54,91	18,12
8 (Setembro)	56,93	18,66
9 (Outubro)	62,50	19,63
10 (Novembro)	60,48	19,23
11 (Dezembro)	62,50	19,63
12 (Janeiro)	64,01	20,01
13 (Fevereiro)	57,82	18,81
14 (Março)	64,01	20,06
15 (Abril)	61,95	19,64
16 (Maio)	63,59	19,91
17 (Junho)	59,13	19,08
18 (Julho)	57,96	18,79

The 'Detalhados' view shows the following data for the first three months:

Mês	Economia (R\$)	Custo (R\$)
Mês 0 (Janeiro)		
Economia de água potável	0,00	
Custos		
Reservatório inferior		1200,00
Reservatório superior		300,00
Mão de obra		400,00
Tubulações		100,00
Acessórios		50,00
Custo Motobomba(s)		260,00
Mês 1 (Fevereiro)		
Economia de água potável	56,45	
Custos		
Energia elétrica motobomba(s)		13,41
Cloro		5,00
Mês 2 (Março)		
Economia de água potável	62,50	
Custos		
Energia elétrica motobomba(s)		14,63
Cloro		5,00
Mês 3 (Abril)		
Economia de água potável	60,48	
Custos		
Energia elétrica motobomba(s)		14,23
Cloro		5,00

Fonte: Ghisi; Cordova (2014)

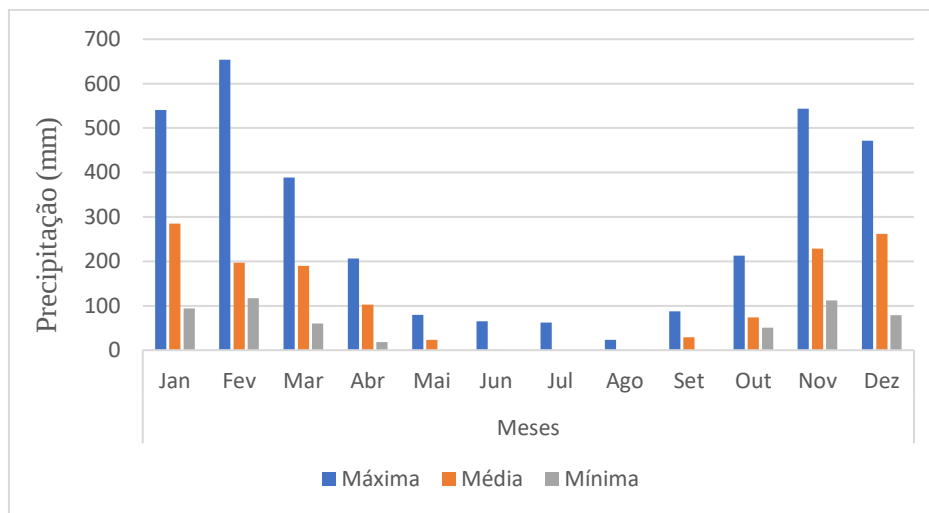
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 DADOS PLUVIOMÉTRICOS

Os dados pluviométricos foram obtidos do portal do INMET, referentes a estação pluviométrica localizada nas coordenadas, 18,154779° latitude e 47,927614° longitude, com periodicidade mensal no intervalo de 2008 a 2022. Os registros estão apresentados no APÊNDICE A deste trabalho.

A estação não apresentou em alguns períodos os valores referentes à precipitação mensal (null), os mesmos foram desconsiderados no cálculo da média e do reservatório de água pluvial. Apresenta-se na Figura 4.1 a precipitação mensal máxima, média e mínima no período de 2008 a 2022.

Figura 4.1 – Precipitação mensal máxima, média e mínima de 2008 a 2022.



Fonte: O autor (2023).

Analisando a Figura 4.1 é possível observar que os meses com menor índice de chuva (considerando a média mensal do período analisado) são julho e agosto, que aparece sem precipitação média. Já os meses de dezembro e janeiro com precipitação de 261,8 mm e 284,1 mm, respectivamente, são os meses mais chuvosos do período analisado.

O índice pluviométrico médio anual fica em torno de 1355 mm/ano, sendo considerado uma média razoável, pois segundo Jaques (2005) as condições favoráveis para garantir a eficiência do projeto de aproveitamento de água de chuva para abastecimento são classificadas de acordo com a média de precipitação anual em: Baixa – Menor que 1000 mm; Razoável – entre 1000 e 1500 mm; e Excelente – acima de 2000 mm. Em Catalão as chuvas mais significativas iniciam-se em setembro de cada ano e estendem-se até abril/maio do ano seguinte como mostra a Figura 4.1.

As informações dos dados diários, mensal e anual de precipitação auxiliam no dimensionamento de projetos de irrigação, construção de barragens, na melhoria do planejamento

de sistemas de drenagem, assim como no uso eficiente dos recursos hídricos (PRADO, 2020). O conhecimento da sucessão de anos secos e chuvosos, suas irregularidades e seus padrões temporais são relevantes para tomada de decisão quanto ao uso do espaço geográfico, pois assim se torna possível compreender a qualidade da água pluvial e a dinâmica das chuvas da região.

4.2 ANÁLISE DE QUALIDADE PLUVIAL

A análise do monitoramento das primeiras chuvas foi realizada somente em janeiro devido a indisponibilidade de recursos, não sendo realizado no período mais crítico em relação a sua qualidade, que seria os meses de setembro/outubro que é o início das precipitações após o período de estiagem.

Para análise de qualidade da água do local de estudo, fizeram-se coletadas da água precipitada na cobertura da edificação. Utilizou-se os Laboratórios de Biologia Integrativa e Conservação (LABIC) e o Laboratório de Ensino de Química (LEQ) da Universidade para verificação quanto ao Ph e Turbidez da água da chuva após passar pela superfície de captação e os valores estão presentes na Tabela 4.1.

Tabela 4.1 – Valores de Ph e Turbidez da água de precipitação

Data da coleta	Temperatura °C	Turbidez (NTU)	pH água pluvial	pH água torneira
20/01/23	19	< 0,1	6,0	5,6
23/01/23	21	8,0	6,4	5,8
24/01/23	23	<0,1	7,3	6,6
25/01/23	21	3,9	6,7	5,6
26/01/23	23	10,6	6,5	6,0

Fonte: Autoria própria (2023)

Observando a Tabela 4.1 verificamos que quanto aos valores de pH da água coletada, os mesmos obedecem aos limites estabelecidos na norma NBR 15527 (ABNT, 2019), com pH variando entre 6 e 7,3, apresentando inclusive, qualidade superior ao da água de abastecimento que foi coletada para comparação deste parâmetro. Quanto à Turbidez, as amostras coletas nos dias 23/01/23 e 25/01/23 apresentam um valor de turbidez superior ao limite estabelecido na norma (≤ 5 NTU), havendo necessidade de tratamento dessa água para adequação deste parâmetro.

4.3 DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO DE ÁGUA PLUVIAL PARA ABASTECIMENTO DAS BACIAS SANITÁRIAS E TORNEIRAS DE JARDIM (CENÁRIO 1)

Após o levantamento dos dados pluviométricos e verificação da possível exequibilidade e do uso de sistemas de aproveitamento de água da chuva na MUC/UFCAT, os mesmos foram

organizados e ordenados em valores diários de precipitação, em uma única coluna, conforme recomendação para inserção no programa Netuno 4.0.

Os dados de consumo diário foram definidos através do SNIS (2021), cujo valor de consumo per capita foi de 135,1 litros por dia. O edifício da MUC/UFCAT possui capacidade para 128 pessoas, com um consumo estimado de 17.292,8 litros por dia. Conforme o Quadro 3.3, relativa à literatura de Hafner (2007), 25% do consumo de uma residência pode ser substituído por águas pluviais. Considerando essa premissa foi definido para o presente trabalho um consumo per capita de 33,775 litros por dia de água não potável.

Para definir a capacidade ideal do reservatório inferior para armazenamento de água pluvial, foram feitas simulações para capacidades de zero a 20.000 litros com intervalos de 1.000 litros. Esse procedimento foi feito de forma que para cada capacidade do reservatório, o programa calculasse um novo potencial de economia de água potável. Ghisi e Schondermark (2013) utiliza como critério para seleção do volume ideal o primeiro volume que atinge uma melhora de menos de 2% na economia de consumo da água pluvial e neste trabalho, para a escolha da capacidade ótima para o reservatório inferior, a diferença entre o potencial de economia de água potável para cada capacidade do reservatório foi adotada também como 2%/m³ (dado de entrada no *software* Netuno). Dessa forma, para o dimensionamento do reservatório inferior, utilizaram-se os dados de entrada descritos na Tabela 4.2 e representados na Figura 4.2.

Para o reservatório superior adotou-se um volume de 5.000 litros que é o volume que atende toda a demanda de água diária não potável da moradia, o qual é de 4.323,2 litros.

Tabela 4.2 – Dados de entrada do dimensionamento.

Dados de entrada	
Data inicial dos dados de precipitação	30/01/2008
Período de precipitação pluviométrica diária	2008 a 2022
Área de captação (m ²)	662,26
Descarte escoamento inicial (mm)	1
Demanda total de água (litros <i>per capita</i> /dia)	33,775
Número de moradores	128
Percentual da demanda total de água a ser substituída por água pluvial	100%
Coeficiente de escoamento superficial	0,90
Reservatório superior (litros)	5.000
Capacidade máxima do tanque inferior (litros)	20.000
Intervalo entre as capacidades inferiores do tanque (litros)	1.000
Diferença entre o potencial de economia de água potável para cada capacidade do tanque	2%/m ³

Fonte: Autoria própria (2023)

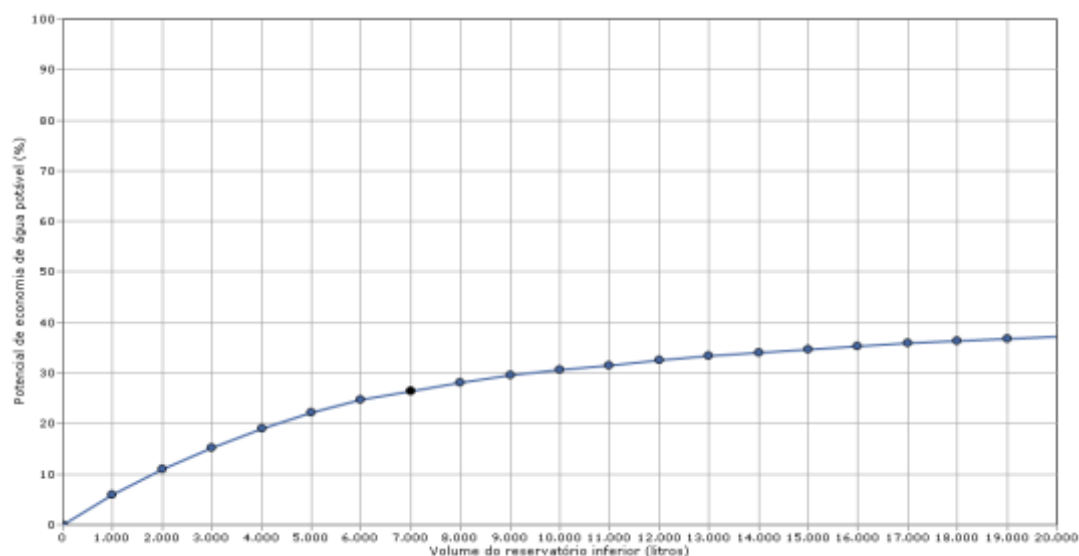
Figura 4.2 – Dados de entrada no Netuno

Fonte: Autoria própria (2023)

Para maior confiabilidade do resultado da simulação, os dados não devem conter descontinuidades, ou seja, dias em que não há dados de precipitação. Caso haja células vazias, o Netuno assumirá que não houve precipitação nesses dias. No geral a confiabilidade com a qual os sistemas de aproveitamento de água pluvial podem atender a edificação, aumenta com o aumento dos volumes dos tanques de armazenamento e com a diminuição dos níveis de demanda (ROSTAD *et al.*, 2016).

Mostra-se na Figura 4.3 o potencial de utilização de água pluvial em função da capacidade do reservatório. A capacidade ideal indicada pelo programa é marcada com a cor preta. Tal capacidade foi definida considerando a diferença entre o potencial de economia de água potável para cada capacidade do reservatório. Para uma determinada capacidade, a curva começa a formar um nível em que a economia aumenta menos que os 2%/m³ devido ao aumento da capacidade/volume do reservatório.

Figura 4.3 – Potencial de utilização de água pluvial.



Fonte: Autoria própria (2023)

A capacidade ideal indicada pelo programa foi de 7.000 litros, resultando em um potencial de economia de água potável equivalente a 26,52% e consumo médio de água pluvial de 1.146,50 litros/dia, conforme Tabela 4.3.

Tabela 4.3 – Volume ideal para o reservatório de água pluvial.

Volume (litros)	Potencial de economia de água potável (%)	Volume consumido de água pluvial (litros/dia)	Demanda de água pluvial que é atendida completamente (%)	Demanda de água pluvial que é atendida parcialmente (%)	Demanda de água pluvial que não é atendida (%)	Diferença entre potenciais de atendimento pluvial (%/m³)
0	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00
1000	5,97	258,08	0,00	26,52	73,48	5,97
2000	10,99	475,17	0,00	26,52	73,48	5,02
3000	15,25	659,33	0,00	26,52	73,48	4,26
4000	19,03	822,41	0,00	26,52	73,48	3,77
5000	22,27	962,56	15,69	16,24	68,07	3,24
6000	24,76	1070,38	17,47	15,46	67,08	2,49
7000	26,52	1146,50	19,18	14,68	66,14	1,76
8000	28,20	1218,98	20,98	13,78	65,24	1,68
9000	29,53	1276,36	23,75	12,76	63,49	1,33
10000	30,63	1323,97	24,82	12,45	62,72	1,10

Fonte: Autoria própria (2023)

Tabela 4.3 – Continuação - Volume ideal para o reservatório de água pluvial.

Volume (litros)	Potencial de economia de água potável (%)	Volume consumido de água pluvial (litros/dia)	Demanda de água pluvial que é atendida completamente (%)	Demanda de água pluvial que é atendida parcialmente (%)	Demanda de água pluvial que não é atendida (%)	Diferença entre potenciais de atendimento pluvial (%/m³)
11000	31,60	1366,10	25,68	12,12	62,20	0,97
12000	32,54	1406,61	26,72	11,59	61,69	0,94
13000	33,35	1441,53	28,22	11,10	60,68	0,81
14000	34,09	1473,51	29,06	10,68	60,27	0,74
15000	34,77	1502,86	29,92	10,32	59,76	0,68
16000	35,36	1528,39	30,48	10,15	59,37	0,59
17000	35,87	1550,48	31,11	9,95	58,94	0,51
18000	36,35	1571,44	31,75	9,78	58,47	0,48
19000	36,78	1590,05	32,42	9,45	58,14	0,43
20000	37,21	1608,32	32,81	9,31	57,88	0,42

Fonte: Autoria própria (2023)

Na Tabela 4.3 pode-se averiguar um potencial de utilização de águas pluviais de diversas capacidades do reservatório. Verifica-se que mesmo com um reservatório inferior de 20.000 litros (superior ao volume do reservatório ideal indicado pelo programa que é de 7.000 litros) não foi possível atender a demanda de 100% (4.323,2 litros), que representa os 25% de água potável que poderá ser substituída por água não potável na edificação. Entretanto, pondera-se que o valor do Potencial de economia de água potável representado pelo reservatório de 7.000 litros é uma média de todos os meses do ano, e que há meses com baixos índices pluviométricos e que esse valor pode variar ao longo do ano. As variáveis

Através do Netuno foi ainda possível estimar o consumo mensal de água potável e pluvial em função dos reservatórios escolhidos, possibilitando analisar a economia gerada. Apresenta-se na Tabela 4.4, o potencial de economia mensal de água potável, onde pode-se verificar que na maior parte dos meses o atendimento da demanda de água pluvial está abaixo de 100% (Potencial de utilização de água pluvial). A média dos meses do ano (janeiro a dezembro) com potencial de utilização de água pluvial é de 26,52%, sendo a demanda de água atendida completamente em 19,18% dos dias, parcialmente em 14,68% dos dias e não atendida em 66,14% dos dias. Os resultados obtidos demonstram que não é possível atender a demanda total de água de uso não potável (bacias sanitárias e rega do jardim) no edifício da MUC/UFCAT.

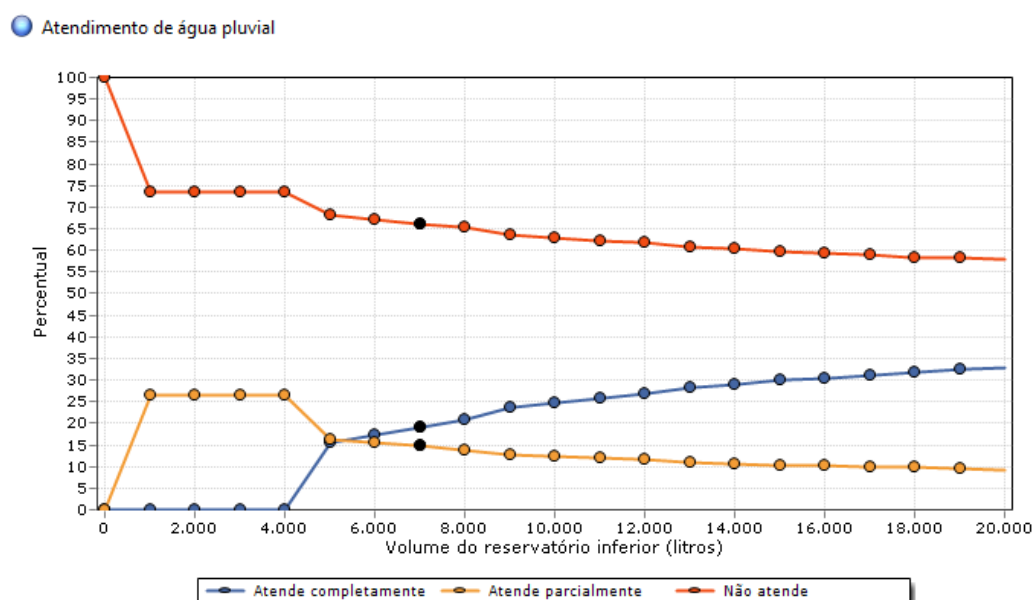
Tabela 4.4 – Demonstrativo detalhado do potencial de economia mensal de água potável.

Mês	Potencial de utilização de água pluvial (%)	Volume consumido de água pluvial (litros)	Volume consumido de água potável (litros)	Atendimento completo (%)	Atendimento parcial (%)	Sem atendimento (%)
Janeiro	38,47	1662,87	2659,65	26,38	22,71	50,92
Fevereiro	34,32	1483,65	2838,94	25,99	15,59	58,42
Março	34,37	1485,60	2836,95	25,58	16,82	57,60
Abril	27,01	1167,73	3154,84	21,19	13,33	65,48
Maio	17,31	748,10	3574,46	11,75	11,98	76,27
Junho	19,01	821,64	3500,92	13,57	11,67	75,76
Julho	13,99	604,91	3717,66	8,53	11,06	80,41
Agosto	18,94	818,84	3503,72	14,52	8,99	76,50
Setembro	25,06	1083,39	3239,18	18,57	12,86	68,57
Outubro	23,45	1013,57	3309,00	17,28	13,13	69,59
Novembro	25,75	1113,08	3209,46	18,10	15,71	66,19
Dezembro	41,05	1774,35	2548,25	29,03	22,12	48,85
Média	26,52	1146,50	3176,06	19,18	14,68	66,14
Total Anual		418473	1,15926E6			

Fonte: Autoria própria (2023)

Apresenta-se na Figura 4.4 a porcentagem de atendimento de água pluvial.

Figura 4.4 – Porcentagem de dias de atendimento de água pluvial (média anual).



Fonte: Adaptado Netuno (2023)

4.4 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA ELEVATÓRIO

Para o dimensionamento do sistema elevatório foram utilizados dados descritos na Tabela 4.5. Para escolha do diâmetro da bomba utilizou-se a tabela de bombas da empresa Schneider apresentada na Tabela 4.6.

Tabela 4.5 – Parâmetros para escolha da motobomba

Descrição	Valor
Vazão (Q)	5 m³/h
Comprimento da tubulação	68 m
Perda de carga da tubulação (PC)	4,9 m
Altura manométrica total (Hman)	19,9 m.c.a
Potência da bomba (P)	3/4 cv

Fonte: Autoria própria (2023)

Tabela 4.6 – Perdas de carga em tubulações plásticas em relação a vazão.

Tabela de perdas de carga em 100 metros de tubos novos de ferro fundido ou aço galvanizado e PVC (%)						
Vazão (m³/h)	PVC 3/4"	F°F°	PVC 1"	F°F°	PVC 1 1/4"	F°F°
0,5	1,5	1,3	0,5	0,4	0,1	0,1
1,0	4,9	4,8	1,6	1,6	0,4	0,4
1,5	10,0	10,1	3,4	3,4	0,9	0,9
2,0	16,5	17,2	5,4	5,8	1,4	1,5
2,5	24,4	26,1	8,0	8,8	2,1	2,3
3,0	33,6	36,5	11,0	12,3	2,9	3,2
3,5	44,0	48,6	14,4	16,4	3,8	4,2
4,0	55,6	62,2	18,2	21,0	4,8	5,4
4,5	68,3	77,3	22,3	26,1	6,0	6,7
5,0	82,2	94,0	26,8	31,7	7,2	8,1

Fonte: Schneider (2006).

A partir dos dados supracitados determinou-se o diâmetro de sucção e recalque através do manual do fabricante da bomba adotados no valor de 1 ¼" de polegadas para ambos. Optou-se pelo modelo BC-92 S/T 1ª, da empresa Schneider (ANEXO A). Sugere-se adotar dois conjuntos motobombas para o sistema de aproveitamento de água pluvial.

4.5 SISTEMA DE DESCARTE DA PRIMEIRA CHUVA, FILTRAÇÃO E DESINFECÇÃO

Para não permitir a entrada de folhas, fezes de pássaros e outros possíveis sólidos, pode-se adotar o filtro ciclo 500, que atende até uma demanda de até 800 m² de área de telhado e filtra até 90% da água captada. O equipamento possui um sistema auto limpante que resulta em pouca

manutenção. Apresenta-se na Figura 4.5 o kit chuva ciclo 500, que é composto por 1 filtro ciclo 500, 01 Freio d'água 150 mm, 01 Sifão ladrão 150 mm e um conjunto flutuante 1”.

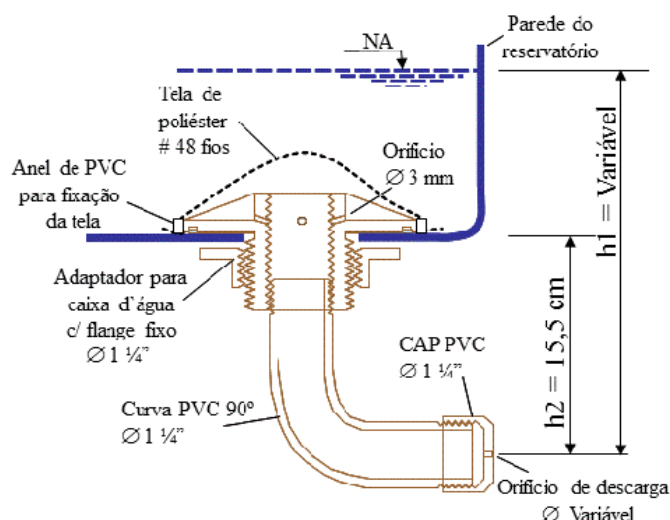
Figura 4.5 – Kit chuva ciclo 500



Fonte: Ecosustentável (2023)

Para o dispositivo de descarte da primeira chuva, considerando a área de cobertura do prédio e o descarte de 1mm da precipitação inicial, adota-se o reservatório de volume comercial de 750 litros munido de dispositivo automático de descarte da água de escoamento inicial, conforme apresentado na Figura 4.6. O reservatório contará também, com dispositivo de descarga manual para realização das necessárias manutenções periódicas.

Figura 4.6 – Detalhes construtivos do dispositivo de esvaziamento automático do reservatório de descarte.



Fonte: Dalsasso, Sens e Guedes (2017)

Para o sistema de desinfecção pode-se adotar um dispositivo de cloro em pastilhas. Segundo a Portaria do Gabinete do Ministério da Saúde nº 888/2021, recomenda-se o teor mínimo de 0,5 mg/L e o máximo de 2 mg/L de cloro residual.

No presente estudo, considera-se a utilização de dosadores de cloro em pastilhas, que cloram até 10 m³/hora, o que atende ao volume calculado pelo programa Netuno 4.0, sendo necessário em torno de uma pastilha de 35 g por mês para atender a demanda. Poderá utilizar o dosador de cloro HD206, o qual é possível regular sua vazão manualmente (Figura 4.7). O equipamento é composto por um kit utilizado para a determinação dos índices ideais de cloro.

Figura 4.7 – Dosador de cloro HD206



Fonte: Hidro shopping (2023)

4.6 ANÁLISE ECONÔMICA

Para realizar a análise econômica, é definido alguns parâmetros, tais como tarifa de água, esgoto e energia elétrica bem como seu período de reajuste; a taxa de inflação adotada para o período; mês de instalação do sistema de captação; o período de análise; taxa mínima de atratividade; custos referentes a implantação e manutenção do sistema de aproveitamento de águas pluviais.

Os parâmetros utilizados na definição das tarifas de água e energia elétrica estão dispostos na Tabela 4.7 e Tabela 4.8 constantes nos itens 3.4.2 e 3.4.4, respectivamente com base em informações obtidas da Superintendência de Água e Esgoto (SAE) e da Equatorial Distribuidora de Energia. O reajuste das tarifas de água e energia elétrica foram adotados para um período de 12 meses.

O índice de inflação foi obtido com base no Índice Nacional de Preços ao Consumidor (INPC), o qual se adotou o valor de 0,23% obtido a partir da última coleta que se deu no mês de maio de 2023.

Para o período de análise, o qual seria a vida útil do sistema, adotou-se o valor de 20 anos, conforme adotado por Assunção (2022). Para o presente estudo selecionou-se o mês de janeiro pra instalação do SAAP.

Outro parâmetro que deve ser considerado na análise econômica é a taxa mínima de atratividade, a qual se adotou o valor de 1% ao mês, com base nas referências de Morais (2017), Meinheim (2015) e Assunção (2022).

Com relação aos custos com mão de obra realizou-se um levantamento de mercado, levando em consideração quantas horas seriam necessárias para execução do serviço. Por fim, contabilizou-se uma jornada diária de 8 horas, sendo necessário 2 dias de trabalho de um encanador e 1 auxiliar de encanador, e 1 diária de um eletricista para realização da instalação do SAAP. Na Tabela 4.7 são apresentados os custos com a operação e manutenção do sistema de aproveitamento de água da chuva.

Tabela 4.7 – Custos de operação e manutenção do SAAP

Parâmetros	Preço (R\$)	Frequência
Pastilhas de cloro (por m ³) tratado	0,30	Por mês
Manutenção/limpeza do filtro	28,00	6 meses
Limpeza da caixa d'água	50,00	Anual
Substituição da bomba de água	Por projeto	10 anos

Fonte: Gomez e Teixeira (2017)

Por fim, na análise econômica considerou-se os custos de implantação e manutenção do SAAP. Na Tabela 4.8 podem ser verificados os custos relativos à mão de obra para a instalação e manutenção do sistema, custo dos reservatórios, da motobomba de recalque para potência calculada, dosador de cloro, dispositivo de descarte da precipitação inicial e filtro (valores à vista e sem frete).

Tabela 4.8 – Investimentos do sistema de aproveitamento de água pluvial

Quantidade	Descrição do produto	Custo (R\$)	Fonte
1	Caixa d'água de 5000L de polietileno	2.620,00	Casa tubos (2023)
1	Caixa d'água de 7500L de polietileno	4.719,00	Leroy Merlin
1	Caixa d'água de 750L de polietileno	459,00	Casa tubos (2023)
2	Motobomba Schneider BC – 92 S/T 1A ¾ cv	2.547,00	Bomba shopping (2023)
1	Kit chuva filtro ciclo 500	3.239,10	Ecosustentável (2023)
1	Dosador de cloro HD 206	1.048,00	Hidro shopping (2023)
1	Realimentador automático de água potável	405,00	Ecosustentável (2023)

Fonte: Autoria própria (2023)

Tabela 4.8 – Continuação - Investimentos do sistema de aproveitamento de água pluvial

Quantidade	Descrição do produto	Custo (R\$)	Fonte
-	Tubulações e conexões	956,08	Casa tubos (2023)
-	Mão de obra	899,76	SINAPI (2023)
	TOTAL	16.892,94	

Fonte: Autoria própria (2023)

A partir desses dados de entrada foi possível realizar a análise econômica com o uso do Netuno, e com os dados do volume do reservatório encontrado na análise anterior, obteve-se uma estimativa inicial de consumo e economia mensal de água, como demonstrado na Tabela 4.9.

Neste estudo, a economia decorrente da redução do custo com água potável considera a redução do consumo de água no abastecimento público e seu impacto no total das tarifas. Os gastos são associados aos custos de investimento, operação e manutenção do sistema de aproveitamento de águas pluviais.

Tabela 4.9 – Estimativa de consumo e economia do primeiro ano do SAAP

Mês	Consumo total mensal (litros)	Consumo de água pluvial (litros)	Consumo de água potável (litros)	Valor da conta sem utilização de água pluvial (R\$)	Valor da conta com utilização de água pluvial (R\$)	Economia mensal (R\$)
Jan	536076,80	51549,10	484527,70	8822,13	7972,19	849,94
Fev	484198,40	41542,09	442656,31	7966,76	7281,81	684,95
Mar	536076,80	46053,64	490023,16	8822,13	8062,80	759,33
Abr	518783,99	35031,91	483752,09	8537,01	7959,40	577,61
Mai	536076,80	23190,95	512885,85	8822,13	8439,76	382,37
Jun	518783,80	24649,12	494134,88	8537,01	8130,059	406,41
Jul	536076,80	18752,29	517324,51	8822,13	8512,94	309,19
Ago	536076,80	25384,07	510692,73	8822,13	8403,60	418,53
Set	518784	32501,56	486282,44	8537,01	8001,12	535,89
Out	536076,80	31420,72	504656,08	8822,13	8304,07	518,06
Nov	518784	33392,33	485391,67	8537,01	7986,43	550,57
Dez	536076,8	55004,75	481072,05	8822,13	7915,21	906,92

Fonte: Autoria própria (2023)

Pelos resultados obtidos, é possível observar a economia de água no decorrer do primeiro ano da implantação do sistema de aproveitamento de água da chuva. Verifica-se que no período de análise o valor total de despesas com água potável foi de R\$ 103.869,70 com a implantação do sistema o valor da fatura reduziu para R\$ 96.969,39, ou seja, atingiu-se uma economia anual de R\$ 6.899,77.

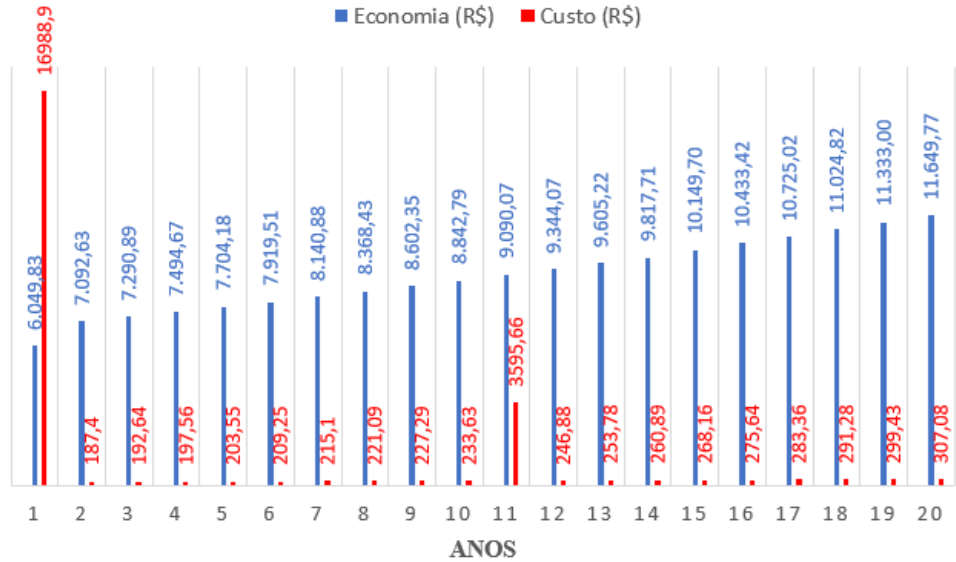
Os gastos com energia elétrica são apresentados na Tabela 4.10. Analisando os dados, verifica-se que os gastos com energia elétrica para o funcionamento do conjunto motobomba variam entre R\$ 3,04 e R\$ 8,83, gerando um custo total no período de R\$ 66,95. Todos os custos e economias referentes a implementação do SAAP estão dispostos na Figura 4.7, em forma de fluxo de caixa.

Tabela 4.10 – Estimativa do custo de energia elétrica pela motobomba

Mês	Custo energia elétrica gasto pela motobomba (R\$)
Janeiro	7,95
Fevereiro	6,73
Março	7,44
Abril	5,62
Maio	3,70
Junho	3,88
Julho	3,04
Agosto	4,16
Setembro	5,21
Outubro	5,08
Novembro	5,31
Dezembro	8,83

Fonte: Autoria própria (2023)

Figura 4.7 – Fluxo de caixa do sistema de aproveitamento de águas pluviais



Fonte: Autoria própria (2023)

Na realização da análise econômica são relevantes indicadores de investimentos: o tempo de retorno do investimento (*Payback*), o valor presente líquido, e a taxa interna de retorno. Os resultados disponibilizados pelo Netuno através dos dados de entrada do presente estudo foram: um *Payback* de 36 meses, um valor presente líquido de R\$ 41.955,72 e uma taxa interna de retorno

de 3,48% ao mês para o período de análise de 20 anos. Com esses resultados pode-se verificar que o investimento é economicamente viável, pois no período de 20 anos obteve-se um valor presente líquido positivo. Outro fator que mostra a viabilidade do investimento é o fato da taxa interna de retorno ter sido maior que a taxa mínima de atratividade.

4.7 ANÁLISE DE RESERVATÓRIO PARA ATENDIMENTO SOMENTE DA REGA DE JARDIM E LIMPEZA DAS ÁREAS COMUNS DA EDIFICAÇÃO

Considerando a aplicação do SAAP somente para atendimento da rega de jardim e limpeza da área comum da edificação, conforme Tabela 2.8, que representa 3% do uso total de água potável do prédio, o consumo é de 518,78 litros de água por dia para essa atividade, ou seja, 4,05 litros *per capita*.

Para definir a capacidade ideal do reservatório para armazenamento de água da chuva, foram feitas simulações para capacidades de zero a 20.000 litros com intervalos de 1.000 litros, mesmos valores adotados para demanda de 25% (cenário 1). Para cada capacidade do reservatório, o Netuno 4.0 calcula um novo potencial de economia. Dessa forma, para o dimensionamento do reservatório, utilizou-se os dados representados na Figura 4.6.

Figura 4.6 – Dados de entrada no Netuno

Fonte: Autoria própria (2023)

A capacidade ideal indicada pelo programa continua sendo de 7.000 litros (sem a utilização do reservatório superior) resultando em um potencial de economia de água potável equivalente a 64,78% e consumo de água pluvial de 336,10 litros dias, conforme Tabela 4.11.

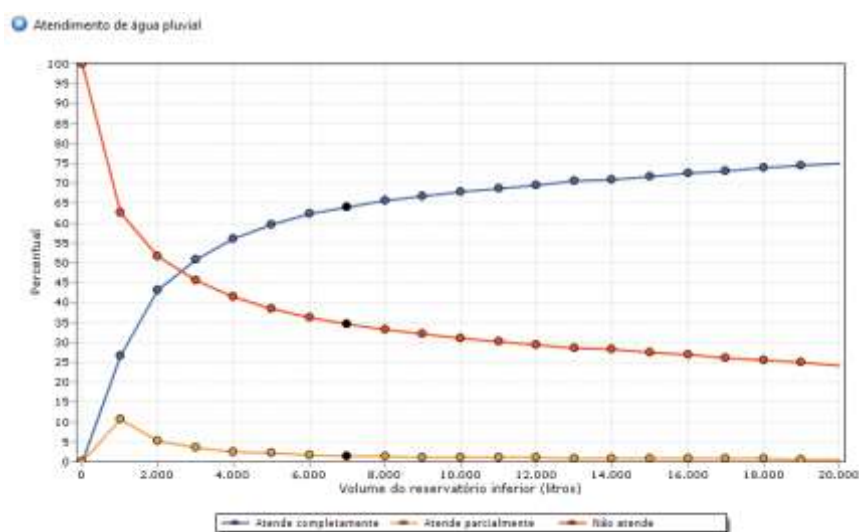
Tabela 4.11 – Escolha do volume ideal para o reservatório de água pluvial

Volume (litros)	Potencial de economia de água potável (%)	Volume consumido de água pluvial (litros/dia)	Demanda de água pluvial que é atendida completamente (%)	Demanda de água pluvial que é atendida parcialmente (%)	Demanda de água pluvial que não é atendida (%)	Diferença entre potenciais de atendimento pluvial (%/m³)
1000	36,18	187,70	26,52	10,81	62,67	36,22
2000	47,24	245,07	43,17	5,29	51,54	11,06
3000	53,28	276,39	50,86	3,47	45,67	6,04
4000	57,59	298,76	55,99	2,56	41,45	4,31
5000	69,76	315,24	59,54	2,07	38,39	3,18
6000	63,12	327,43	62,26	1,56	36,18	2,35
7000	64,78	336,07	64,01	1,42	34,56	1,67
8000	66,21	343,50	65,57	1,27	33,16	1,43
9000	67,36	349,44	66,88	1,05	32,06	1,14
10000	68,27	354,16	67,84	1,01	31,15	0,91
11000	69,13	358,65	68,74	1,00	30,27	0,86
12000	70,0	363,13	69,63	0,98	29,39	0,86
13000	70,80	367,32	70,47	0,92	28,61	0,81
14000	71,52	371,02	70,94	0,88	28,18	0,71
15000	72,22	374,64	71,72	0,80	27,48	0,70
16000	72,89	378,15	72,42	0,76	26,81	0,68
17000	73,53	381,46	73,11	0,74	26,15	0,64
18000	74,17	384,78	73,79	0,72	25,49	0,64
19000	74,81	388,10	74,45	0,68	24,86	0,64
20000	75,45	391,42	75,10	0,66	24,24	0,64

Fonte: Autoria própria (2023)

Na Tabela 4.11, pode-se verificar um potencial de utilização de águas pluviais para diversas capacidades do reservatório. Mesmo com um reservatório de 20.000 litros (superior ao volume do reservatório ideal indicado pelo Netuno que é de 7.000 litros) não foi possível atender a demanda de 100% (518,78 litros/dia), que representa os 3% de água potável que poderá ser substituída por não potável pela edificação, neste segundo cenário. A porcentagem de dias de atendimento de água pluvial é apresentada na Figura 4.7.

Figura 4.7 - Porcentagem de dias em que a demanda de água pluvial é totalmente atendida, parcialmente atendida e não atendida – variável consumo de água (média anual).



Fonte: Autoria própria (2023)

Apresenta-se na Tabela 4.12, o potencial de economia mensal de água potável, onde pode-se verificar que na maior parte dos meses o atendimento da demanda de água pluvial está abaixo de 100% (Potencial de utilização de água pluvial). A média dos meses do ano (janeiro a dezembro) com potencial de utilização de água pluvial é de 64,78%, sendo a demanda de água atendida completamente em 64,1% dos casos/dias, parcialmente em 1,42% e não atendida em 34,56%.

Tabela 4.12 – Demonstrativo detalhado do potencial de economia mensal de água potável

Mês	Potencial de utilização de água pluvial (%)	Volume consumido de água pluvial (litros)	Volume consumido de água potável (litros)	Atendimento completo (%)	Atendimento parcial (%)	Sem atendimento (%)
Jan	80,22	416,18	102,60	80,05	0,23	19,72
Fev	69,03	358,09	160,69	68,32	1,24	30,45
Mar	71,68	371,84	146,94	70,74	1,38	27,88
Abr	65,86	341,66	177,12	65,00	1,67	33,33
Mai	60,31	312,88	205,90	59,45	1,84	38,71
Jun	59,20	307,11	211,67	57,86	2,86	39,29
Jul	46,18	239,57	279,21	44,70	2,53	52,76
Ago	40,08	207,90	310,88	39,86	0,92	59,22
Set	56,90	295,18	223,60	56,43	0,71	42,86
Out	68,48	355,18	163,54	67,51	1,38	31,11
Nov	75,48	391,55	127,23	74,29	1,90	23,81

Fonte: Autoria própria (2023)

Tabela 4.12 – Continuação - Demonstrativo detalhado do potencial de economia mensal de água potável

Mês	Potencial de utilização de água pluvial (%)	Volume consumido de água pluvial (litros)	Volume consumido de água potável (litros)	Atendimento completo (%)	Atendimento parcial (%)	Sem atendimento (%)
Dez	84,33	437,48	81,30	84,10	0,46	15,44
Média	64,78	336,07	182,71	64,01	1,42	34,56
Total ano		122665	66689			

Fonte: Autoria própria (2023)

Os custos de implantação e operação corresponderão aos analisados para o reservatório de água pluvial conforme item 4.6 do presente trabalho, excetuando-se os custos referentes as bombas e reservatório superior, e adequando as tubulações para implantação desse reservatório e mão de obra para execução do serviço. É apresentado na Tabela 4.13 a estimativa de consumo e economia do primeiro ano do SAAP.

Tabela 4.13 – Estimativa de consumo e economia do primeiro ano do SAAP

Mês	Consumo total mensal (litros)	Consumo de água pluvial (litros)	Consumo de água potável (litros)	Valor da conta sem utilização de água pluvial (R\$)	Valor da conta com utilização de água pluvial (R\$)	Economia mensal (R\$)
Jan	16082,18	12901,68	3180,50	219,48	17,19	202,29
Fev	14525,84	10026,48	4499,36	193,82	36,92	156,90
Mar	16082,18	11526,97	4555,21	219,48	37,75	181,73
Abr	15563,4	10249,68	5313,72	210,93	49,10	161,83
Mai	16082,18	9699,34	6382,84	219,48	65,09	154,39
Jun	15563,4	9213,19	6350,21	210,93	64,60	146,32
Jul	16082,18	7426,68	8655,50	219,48	99,08	120,39
Ago	16082,18	6444,99	9637,19	219,48	113,77	105,71
Set	15563,4	8855,34	6708,06	210,93	69,96	140,97
Out	16082,18	11012,40	5069,78	219,48	45,45	174,03
Nov	15563,4	11746,57	3816,83	210,93	26,71	184,22
Dez	16082,18	13561,89	2520,29	219,48	14,49	204,99

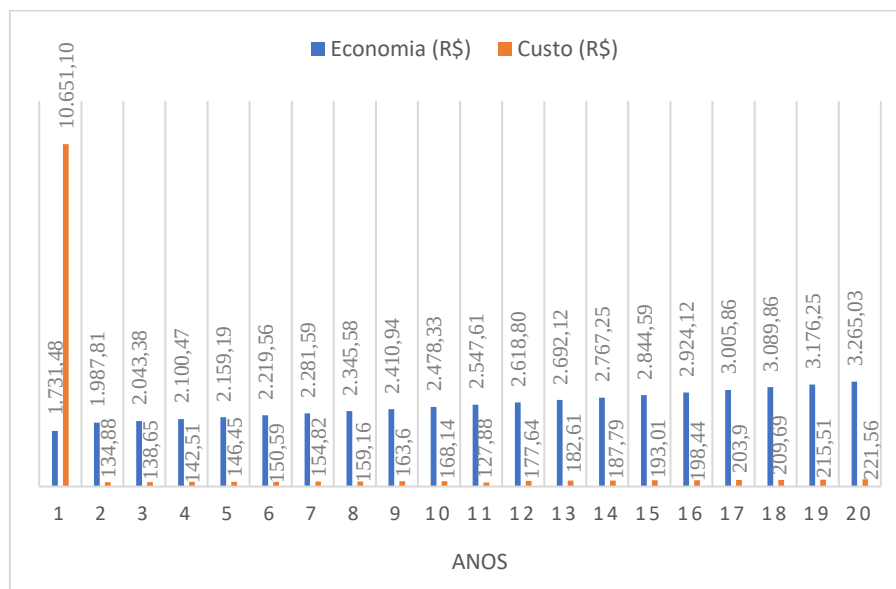
Fonte: Autoria própria (2023)

Pelos resultados obtidos, é possível observar a economia de água no decorrer do primeiro ano da implantação do sistema de aproveitamento de água da chuva. Verifica-se que no período de análise o valor total de despesas com água potável foi de R\$ 2.573,9 com a implantação do

sistema o valor da fatura reduziu para R\$ 640,11, ou seja, atingiu-se uma economia anual de R\$ 1.933,79.

Todos os custos e economias referentes a implementação do SAAP estão dispostos na Figura 4.8, em forma de fluxo de caixa.

Figura 4.8 – Fluxo de caixa do sistema de aproveitamento de águas pluviais em rega de jardim e limpeza das áreas comuns da edificação



Fonte: Autoria própria (2023)

Os resultados disponibilizados pelo Netuno 4.0 através dos dados de entrada do presente estudo, foram: um *Payback* de 105 meses, um valor presente líquido de R\$ 5.547,98 e uma taxa interna de retorno de 1,57% ao mês para o período de análise de 20 anos.

5 CONCLUSÃO

Este estudo avaliou os potenciais de economia de água potável por meio do sistema de captação de água da chuva para fins não potáveis em uma residência multifamiliar, a Moradia Universitária do Cerrado da Universidade Federal de Catalão, localizada na cidade de Catalão. O dimensionamento dos reservatórios de águas pluviais, da análise dos potenciais de economia de água potável e análise econômica para implantação do SAAP foi através do *software* Netuno 4.0.

O levantamento dos dados pluviométricos da região de estudo, permitiu concluir que apesar de haver um período de estiagem (junho a agosto), o volume de água precipitado justifica a possibilidade do estudo da utilização do sistema de água pluviais no município de Catalão, sendo que, os períodos mais chuvosos na região são os que disponibilizam um maior potencial de economia de água potável, contribuindo com redução de custos para a moradia.

Os resultados fornecidos pelo Netuno demonstraram que o volume ideal do reservatório inferior para ambas as demandas (de 25% e de 3%) foi de 7.000 litros, com a adoção de um reservatório superior de 5.000 litros para atender a demanda diária de 4.323,2 litros de água não potável na edificação (referente ao uso de 25%). Isso caracteriza um potencial de economia de água potável de 26,52% e um atendimento total da demanda em 19,18% dos dias.

O atendimento para uso não potável de água somente na atividade de rega de jardim e limpeza das áreas de usos comuns da edificação (cenário 2 analisado), com demanda de 518,78 litros/dia, apresentou um potencial de economia de água potável de 64,78% e um atendimento total da demanda em 64,01% dos dias.

Referente a análise econômica do sistema os resultados do Netuno para uso da água pluvial no cenário de atendimento das bacias sanitárias e rega de jardim (25%), foi um tempo de retorno de 36 meses, valor presente líquido de R\$ 41.955,72 e uma taxa interna de retorno de 3,48% ao mês para um período de análise de 20 anos. Os resultados demonstram a viabilidade econômica do investimento. Quanto ao cenário de atendimento somente das torneiras de jardim (3%), o Netuno apresentou um tempo de retorno de 105 meses, um valor presente líquido de R\$ 5.547,98 e uma taxa interna de retorno de 1,57% ao mês para o mesmo período de análise. Comparando-se os dois cenários, temos uma viabilidade econômica maior considerando o sistema para atendimento de 25% de uso não potável de água na edificação, ou seja, atendimento tanto das torneiras de jardim quanto das bacias sanitárias.

O *software* Netuno 4.0 revelou ser um programa completo e de fácil manipulação, pois, além de realizar o dimensionamento do reservatório possibilitou estimar o potencial de economia, através de metodologias de análise de investimento, da utilização de sistema de aproveitamento de água da chuva.

O presente estudo mostra que a possível implantação de SAAP possibilita a redução no consumo de água potável, o que consequentemente traz benefícios ambientais e econômicos. Ambientalmente, o uso de águas pluviais reduz a demanda por água potável que poderá ser destinada para usos mais nobres. Economicamente, o SAAP é atrativo, uma que reduz os custos com o abastecimento de água potável da edificação, gerando economia futura para o investidor.

5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Em trabalhos futuros, sugere-se:

- Análises físico-químicas e biológicas da água pluvial captada, atendendo a NBR 15527 (ABNT,2019), de todos os meses do ano de forma a verificar a qualidade dessa água nos períodos secos e chuvosos e os melhores tratamentos para seu uso não potável;
- Inserir na análise de viabilidade técnica e econômica do sistema de aproveitamento de águas pluviais, estratégias simplificadas de tratamento de águas pluviais para fins não potáveis, sem descarte de primeira chuva;

- Análise dos usos finais de água da moradia (através de questionário/entrevista aos moradores, identificando o comportamento dos mesmos em relação ao consumo de água para permitir melhor interpretação dos dados, sobretudo índice de consumo per capita; medidores de fluxo nos aparelhos sanitários, monitorando o consumo de água nos pontos de água internos aos apartamentos; ou utilizando outra metodologia que permita uma avaliação do uso direcionada para a própria moradia), considerando uso potável, não potável e perdas, de modo a aprimorar o conhecimento acerca do perfil de consumo de água na edificação para melhor gestão de água no edifício;
- Fazer análise de viabilidade técnica e econômica de implantação de sistema de aproveitamento de águas pluviais em outras edificações da Universidade Federal de Catalão.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 3P TECHNIK, 2004, desenvolvido por 3P Technik do Brasil Ltda, disponível em <http://www.agua-de-chuva.com>, acessado em maio de 2022.
- ABDULLA, F. A.; AL-SHAREEF, A.W. **Roof rainwater harvesting systems for household water supply in Jordan**. Desalination, v. 243, n.1/3, p. 195-207, 2009.
- ABMAC – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DA CHUVA. Disponível em <http://www.abmac.org.br>. Acessado em 21/07/2022.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2019**: informe anual. Brasília: Agência Nacional de Águas - Ana, 2019. Disponível em: conjuntura_informe_anual_2019-versao_web-0212-1.pdf (snirh.gov.br).
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. Sistema de Informações Hidrológicas. **Relatório de Conjuntura dos Recursos Hídricos 2020**. Disponível em <https://www.snirh.gov.br/portal/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos> > Acessado em setembro de 2021.
- AHIABLAME, L. M; ENGEL, B. A.; CHAUBEY, I. 2012. **Effectiveness of low impact development practices: literature review and suggestions for future research**. Water, Air, Soil Pollut. v.7, n. 223, 2012, p. 4253-4273.
- ALADENOLA, O. O.; ADEBOYE, O. B. **Assessing the potential for rainwater harvesting**. Water Resources Management, v.24, n. 10, p. 2.129-2.137, 2009.
- ALENCAR, M. O.; JUSTO, W. R.; ALVES, D. F. **Os efeitos do Programa “Uma terra e duas águas (P1+2)” sobre a qualidade de vida do pequeno produtor rural do semiárido nordestino**. Rev. Econ. NE, Fortaleza, v. 49, n. 1, p. 165-180, 2018.
- ALVES, R. B. R. **Cartografia das classes de solos na área da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Samambaia, Município de Catalão (GO)**. Unidade Acadêmica Especial Instituto de Geografia, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Goiás Regional Catalão, Goiás, Brasil, 2018.
- AMORIM, S.V.; PEREIRA, D. J. A. **Estudo comparativo dos métodos de dimensionamento para reservatórios utilizados em aproveitamento de água pluvial**. Ambiente Construído, v.8, n.2, p. 53-66, Rio Grande do Sul, 2008.
- ANNECHINI, K. P. V. **Aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis na cidade de Vitória (ES)**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2005.
- AQUASTOCK. **Catálogo De Produtos**. Disponível em: <http://www.aquastock.com.br>. Acesso em: 01 maio de 2022.
- ARPKE, A.; HUTZLER, N. **Domestic water use in the United States: a life-cycle approach?** J In Ecol. 2006; 10 (1-2): 169-84, 2006.
- ASA – ARTICULAÇÃO NO SEMI-ÁRIDO BRASILEIRO. Disponível em <http://www.asabrasil.org.br>. Acessado em 21/07/2022.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10844:1989 – Instalações prediais de águas pluviais. Rio de Janeiro: ABNT, 1989.

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12214:1992 – Projeto de sistema de bombeamento de água para abastecimento público. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15527:2019 - Aproveitamento de água de chuva de coberturas para fins não potáveis: requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16783:2019 – Uso de fontes alternativas de água não potável em edificações. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5626:2020 - Instalação predial de água fria. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.
- ASSUNÇÃO, E. E. **Análise da viabilidade econômica do uso de tecnologias de aproveitamento de água pluvial com o uso do Software Netuno**. Estudo de caso: residência unifamiliar no município de Santo Amaro da Imperatriz – SC. Universidade Federal de Santa Catarina, SC, 2022.
- AZEVEDO NETTO, J. M., RICHTER, C. A. Tratamento de água. São Paulo: Edgard Blücher, 1991.
- BAPTISTA, M.B.; NASCIMENTO, N.O.; BARRAUD, S. **Técnicas compensatórias em drenagem urbana**. Porto Alegre. ABRH, 2 ed. 2011.
- BASINGER, M.; LALL, U.; MONTALTO, F. **A rainwater harvesting system reliability model based on nonparametric stochastic rainfall generator**. J. Hydrol, 2010.
- BERTONI, A. S.; ROBALDO, D. L. C.; GRANDE, F.; CARDORE, R. C.; SOUZA, W. C. **Água pluvial e o ambiente construído: Apontamento acerca da gestão da água pluvial no contexto urbano**. VI Seminário Internacional de Construções Sustentáveis, Porto Alegre, 2017.
- BORGES, U. C. S. **Alagamentos e inundações na Bacia do Ribeirão Pirapitinga em Catalão (GO)**. (Dissertação de Mestrado). Unidade Acadêmica Especial Instituto de Geografia, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Goiás Regional Catalão, Goiás, Brasil, 2020.
- BRANCO, O. E. A. **Avaliação da disponibilidade hídrica: Conceitos e aplicabilidade**. 2006.
- BRANDES, O. M.; MAAS, T.; REYNOLDS, E. **Thinking beyond pipes and pumps: top 10 ways communities can save water and money**. Victoria, BC, Canada: The POLIS Project on Ecological Governance, University of Victoria, 2006.
- BRASIL. Lei nº 11.445/2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências, 2007. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2007/lei-11445-5-janeiro-2007-549031-normaatuizada-pl.pdf>. Acessado em: 05 de mar. 2021.
- BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997 que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e define a estrutura jurídico-administrativa do Sistema Nacional de Recursos Hídricos. 1997.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Manual prático de análise de água**. 4º edição. Brasília: Funasa, 2013. 150 p.

- BURNS, M. J.; FLETCHER, T. D.; HATT, B. E.; LADSON, A. R.; WALSH, C. J. **Can allotment-scale rainwater harvesting manage urban flood risk and protect stream health?** In: Proceedings of the Novatech 2010 – 7th International Conference on Sustainable Techniques and Strategies for Urban Water Management; 2010. P. 1-10.
- CAMPISANO, A.; BUTLER, D.; WARD, S.; BRUNS, M. J.; FRIEDLLER, E.; DEBUSK, K.; FISHER, J.L.N.; GHISI, E.; RAHMAN, A.; FURUMAI, H.; HAN, M. Urban rainwater harvesting systems: research, impementation and future perspectives. *Water Res.* 115, p. 195-209, 2017.
- CAMPISANO, A.; NIE, L. M.; LI, P.Y. **Retention Performance of Domestic Rainwater Harvesting Tank under Climate Change Conditions.** *Trans Tech Publ*, 2013, p. 451-458.
- CARDOSO, C. E. N. C. **Aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis.** Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2013.
- CARVALHO, B. B; FURUKAWA, F. M. **Técnicas construtivas e procedimentos sustentáveis – Estudo de caso: Edifício na cidade de São Paulo.** Guaratinguetá-São Paulo. Dissertação (graduação), Universidade Estadual Paulista – UNESP, 2011.
- CASTRO, B. T. P.; SOUZA C. B.; FERREIRA, E. C.; LOUREIRO, G. E. **Potencial de aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis na Universidade do Estado do Pará.** *Research, Society and Development*, v. 10, n. 5, 2021.
- CATALÃO, Prefeitura Municipal de Catalão. Departamento de Obras. Projeto Loteamento Copacabana II. Catalão, 2022.
- CENTRO DE GESTÃO DO ESPAÇO FÍSICO – CEGEF– UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS – UFG – **Projeto Arquitetônico – Edifício da Casa do Estudante Universitário Educacional.** Goiânia, 2017. Projeto cedido pela UFCAT em setembro de 2022.
- COUTTS, A. M.; TAPPER, N. J.; BERINGER, J.; LOUGHNAN, M.; DEMUZERE, M. **Watering our cities: The capacity for water sensitive Urban Desing to support urban cooling and improve human thermal confort in the Australian context.** *Progress in Physical Geography*, p. 2-28, 2013.
- CUNHA, H. Aproveitamento de água de chuva. Tese (Especialização em Construção Civil), Universidade Federal de Minas Gerais, 2010.
- DA COSTA, P. R.; DUMIT, G. Y.; FERREIRA, O. I.; GIRARD, T. L. C. **A view of the legislative scenario for rainwater harvesting in Brazil.** *J. Clean. Prod.* 2017, 290-294.
- DAIGGER, G. T. **Evolving urban water and residuals management paradigms: water reclamation and reuse, decentralization, and resource recovery.** *Water Environ. Res.* 81 (8), 2009, p. 809-822.
- DALPAZ, L.; BORGERT, A.; VENDRAMI, J.; GHISI, E. **Tipos e eficiência de unidades de tratamento para água pluvial: revisão de literatura.** *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v.19, n. 3, p. 207-2031, 2019.
- DALSASSO, R. L.; SENS, M. L.; GUEDES, T. L. **Dispositivo para esvaziamento automático do reservatório de água de chuva.** *Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais (GESTA)*, v. 5, n. 2, p. 93-98, 2017.
- DE GOUVELLO, B.; DERRIEN, F.; KHOUIL, Y. **The french experience in rainwater reuse in commercial buildings.** *Plumb Syst Des* 2005, 12-7.

- DILLON, P. **Future management of aquifer recharge**. Hydrogeol. J. v 1, p. 323-326, 2005.
- DOMENECH, L.; SAURÍ, D. **A comparative appraisal of the use of rainwater harvesting in single and multi-family buildings of the metropolitan area of Barcelona (Spain): social experience, drinking water savings and economic costs**. Journal of Cleaner Production, v. 19, p. 598-608, 2010.
- DWORAK, T.; BERGLUND, M.; LAASER, C.; STROSSER, P.; ROUSSARD, J.; GRANDMOUNGIN B. et al. **Water saving potential (Part 1 – Report)**. ENV. D. 2/ETU/2007/0001r. Berlin, Germany: Ecologic Institute for International and European Environmental Policy, 2007.
- ELLIOT, A. H.; TROWSDALE, S. A. **A review of models for low impact urban stormwater drainage**. Environ. Model. Softw, 2007, 394-405.
- EROKSUZ, E.; RAHMAN, A. Rainwater tanks in multi-unit buildings: A case study for three Australian cities. Resources, Conservation and Recycling 54 (2010) 1449-1452.
- EVANS, C. A.; COOMBES, P. J.; DUSTANT, R. H.; HARRISON, T. **Identifying the major influences on the microbial composition of roof harvested rainwater and the implications for water quality**. Water Sci Technol, p. 245-253, 2007.
- FARRENY, R.; PIZÓN, M. T.; GUIASOLA, A.; TAYA, C.; RIERADEVALL, J.; GABARRELL, X. **Roof selection for rainwater harvesting: quantity and quality assessments in Spain**. Water Res, p. 3245-3254, 2011.
- FASOLA, G. B.; MARINOSKI, A. K. **Potencial de economia de água em duas escolas em Florianópolis, SC**. Ambiente Construído, v. 11, p. 65-78, 2011.
- FEAM. **Aproveitamento de água pluvial: conceitos e informações gerais**. 2015. Disponível em: http://feam.br/images/stories/2016/PRODUCAO_SUSTENTAVEL/GUIASTECNICO_S-AMBIENTAIS/CARTILHA_AGUA_DA_CHUVA_INTRANET.pdf. Acesso em: 10 mai.2023.
- FENDRICH, R. **Coleta, armazenamento, utilização e infiltração das águas pluviais na drenagem urbana**, 547 f. Tese (Doutorado em Geologia Ambiental) – Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002.
- FERNANDES, J. G. **Águas pluviais: potáveis e não potáveis na construção**. Dissertação (graduação), Centro Universitário do Norte – UNINORTE, 2018.
- GHISI, E.; CORDOVA, M. M. Netuno 4. Programa computacional. Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Civil, 2014. Disponível em: <http://www.labee.ufsc.br/>.
- GHISI, E.; FERREIRA, D. F. **Potencial de economia de água potável com o uso de água da chuva no setor residencial do Brasil**. Building and Environment. Vol. 41, p. 1544-1550, 2007.
- GHISI, E.; SCHONDERMARK, P. N. **Investment feasibility analysis of rainwater use in residences**. Water Resources. Management. V.27, p. 2555-2576, 2013.
- GOLAY, F. **Rain water harvesting in urban New Zealand**. Lausanne, Switzerland: École Polytechnique Férale de Lausanne/Massey University, 2011.

- GOLD, A.; GOO, R.; HAIR, L.; ARANZA, N. **Low impact development: redefinig water in the city**. Proc. Int. Low Impact Dev. Conf. 4, 2010.
- GOMEZ, Y. D.; TEIXEIRA, L.G. **Residential rainwater harvesting: Effects of incentive policies and water consumption over economic feasibility**. Resources, Conservation e Recycling 127 (2017) 56-67.
- GUEDES, M. J. F.; RIBEIRO, M. M. R.; VIEIRA, Z.M. **Alternativas de gerenciamento da demanda de água na escala de uma cidade**. Revista Recursos Hídricos, v.10, p. 123-134.
- GUERRA, R. A.; GONÇALVES, L. M. **Técnicas compensatórias e planejamento citadino: dispositivos implantados no campus UFSCar**, São Carlos/SP. Revista Latino-americana de Ambiente Construído & Sustentabilidade, v. 1, n. 1, 2020.
- HAFNER, A. V. **Conservação e reuso de água em edificações – experiências nacionais e internacionais**. Rio de Janeiro, 2007. Dissertação (Mestrado) – COPPE – UFRJ. 161p.
- HAMEL, P.; FLETCHER, T. D.; DALY, E.; BERINGER, J. **Water retention by raingardens: implications for local-scale soil moisture and water fluxes**. In: WSUD 2012: Water Sensitive Urban Desing; Building the Water Sensitive Community; 7th International Conference on Water Sensitive Urban Desing. Engineers Australia, p. 137, 2012.
- HESPANHOL, I. Potencial de reuso de água no Brasil: Agricultura, Industria, Municípios, Recarga de Aquíferos. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 7, n.4, p. 75-95, out/dez, 2002.
- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Estimativas da população residente para os municípios e para as unidades da federação, 2022. Disponível em: < <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9103-estimativas-de-populacao.html?=&t=resultados> > Acessado em 26 jun. 2023.
- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Perfis dos Municípios Brasileiros, 2012. Disponível em: < <https://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/perfilmunic/2012/> > Acessado em 8 mar. 2021.
- INMET, Instituto Nacional de Meteorologia: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep> Acesso em 25 de fevereiro de 2019.
- JAQUES, R. C. **Qualidade da água de chuva no município de Florianópolis e sua potencialidade para aproveitamento em edificações** (Dissertação de Mestrado). Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, Brasil, 2005.
- JUSTINO, E. A. **Comportamento hidrodinâmico do solo e da recarga de aquífero a partir de poços de infiltração de águas pluviais** (Tese de Doutorado). Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, Brasil. 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/12036>. Acessado em: 05 mar. 2021.
- LAGE, E. S. **APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL EM CONCESSIONÁRIAS DE VEÍCULOS NA CIDADE DE BELO HORIZONTE**: potencial de economia de água potável e estudo de viabilidade econômica. 2010. 198 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

- LOPES, G. B. **Estudo de viabilidade técnica do aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis em Universidade Federal de Uberlândia**, Uberlândia (MG). 190 F. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2012.
- MACHADO, A. C. **Captação de água de chuva para fins não potáveis na Escola Técnica Estadual Dr. Rubens da Rosa Guedes, Caçapava do sul – RS** (Trabalho de conclusão de curso). Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal do Pampa. Caçapava do Sul, Brasil, 2019.
- MARINOSKI, A.K.; GHISI, E. Revista Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 8, n. 2, p. 67-84, 2008.
- MARTINS, J. L.; MEMELLI, M. S. **Balanço hídrico e indicadores de consume de água potável e não potável em uma edificação dotada de Sistema de reúso de águas cinzas**. Projeto de graduação, UFES, Centro Tecnológico, Departamento de Engenharia Ambiental. Vitória – ES, 2011.
- MATIAS, A. **Bacias hidrográficas no Brasil**. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/brasil/principais-bacias-hidrograficas-brasil.html>. Acesso em setembro de 2022.
- MATOS, C.; TEIXEIRA, C.; DUARTE, A.; BENTES, I. **Domestic water uses: Characterization of daily cycles in the north region of Portugal**. Science of The Total Environment, v. 458-460, p. 444-450, 2013.
- MATOS, B. A.; TEIXEIRA, A. L. F.; BURNNET, J. A.; ZOBY, J. L. G.; FREITAS, A. S. **Disponibilidade e demanda de recursos hídricos nas 12 regiões hidrográficas do Brasil**. XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2007.
- MAY, S. **Estudo da viabilidade do aproveitamento de água da chuva para consumo não potável em edificações**. 2004. 189 f. Tese (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2004.
- MEINCHEIM, D. L. **Potencial de economia de água potável por meio do aproveitamento de água pluvial em uma residência unifamiliar localizada em São José-SC**. 78 f. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2015.
- MENDES, P. C. **Gênese e estrutura espacial das chuvas na cidade de Uberlândia – MG**. 2001. 258 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em em Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2001.
- MENEZES, P. E. **Avaliação da qualidade da água da chuva em sistema de aproveitamento de água de chuva implantado na Universidade Federal do Pará UFPA**. 2016.
- MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Portaria Nº2914 de 12 de dezembro de 2011**. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. 2011
- MORAIS, J. W. A. **Viabilidade técnica/econômica no aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis em uma instituição de ensino do Amazonas**. 2017. 124 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia de Produção, Centro Tecnológico, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2017.

- MORUZZI, R. B. **Estimativa do lançamento de água pluvial no sistema de coleta e transporte de esgoto sanitário por meio de práticas de aproveitameneto em residências unifamiliarees**. Eng Sanit Ambient, v.21, n.1, 2016, p. 85-94.
- OLIVEIRA, G. S. **Viabilidade técnica e econômica de reservatórios e sistemas de tratamento de água pluvial para um edifício residencial** (Trabalho de Conclusão de Curso). Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal de Goiás. Goiânia, Brasil, 2016.
- OLIVEIRA, L. H. et al. **Tecnologias para construção habitacional mais sustentável**. São Paulo: Projeto Finep 2386/04, 2007.
- ONU, 2000. **United Nations Millenium Declaration. United Nations General Assembly**. <http://www.undp.org/content/undp/en/home/mdgoverview.html>.
- ONU, 215. **Trasforming our world: the 2030**. Agenda for Sustainable Development.
- PALLA, A.; GNECCO, I.; LANZA, L. G. **Non-dimensional design parameters and performance assessment of rainwater harvesting systems**. J. Hydrol, 2011, p. 65-76.
- PARTZSCH, L. **Smart regulation for water innovation – the case of decentralizes rainwater technology**. J. Clean, p. 985-991, 2009.
- PIZÓN, T. M. et al. **Financial Feasibility and Environmental Analysis of Potential Rainwater Harvesting Systems: a case study in Spain**. Resources, Conservation and Recycling, v.69, p. 130-140, 2012.
- PRADO, L. F. **Avaliação físico-química da qualidade da água pluvial em Catalão (GO)** (Dissertação de Mestrado). Unidade Acadêmica Especial Instituto de Geografia, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Goiás Regional Catalão, Goiás, Brasil, 2020.
- RADHAKRISHA, B. P. **Raiwater harvesting, a time-honoured practice: need for revival**. Curr. Sci, v. 9, p. 1259-1261, 2003.
- RAINMAP. Relatório Técnico. **Análise de viabilidade para implantação de um sistema de aproveitamento de águas pluviais no Centro Tecnológico – CTC/UFSC**. Florianópolis, SC, 2017.
- REBOUÇAS, A C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. **Águas Doce no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. Editora Escrituras, São Paulo, 1999.
- REBOUÇAS, Aldo da Cunha. **Águas doces no Brasil. Água doce no mundo e no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. São Paulo: Escrituras, 2002.
- REIS, R. P. A.; ILHA, M. S. de O.; TEIXEIRA, P. C. **Sistemas prediais de infiltração de água de chuva: aplicações, limitações e perspectivas**. Revista Eeletrônica de Engenharia Civil, v. 7, n. 3, p. 55-67, 2013.
- REZENDE, J. H.; TECEDOR, N. **Aproveitamento de água de chuva de cobertura em edificações: dimensionamento do reservatório pelos métodos descritos na NBR 15527**. Revista Ambiente & Água, vol. 12, n. 6, Taubaté, 2017.
- RIBEIRO, A. K. M.; MARINOSKI, D. L. Estudo sobre materiais para coberturas utilizadas em sistemas de aproveitamento de água pluvial residenciais. **Mix Sustentável, Florianópolis, v.6, n.2, p. 53-66, mai. 2020.**

- RIBEIRO, L. M. L.; GHISI, E. **Potential for drinking water savings through rainwater use: a case study in Brazil**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 23, n. 2, p. 47-64, 2023.
- RIGHETTO, A. M. **Hidrologia e recursos hídricos**. São Carlos: EESC/USP. 1998
- ROCHA, V. L. **Validação do algoritmo do programa Netuno para avaliação do potencial de economia de água potável e dimensionamento de reservatórios de sistemas de aproveitamento de água pluvial em edificações**. Dissertação. Universidade Federal de Santa Catarina, Sc, 2009.
- ROEBUCK, R. M.; OLTEAN, D. C.; TAIT, S. **Whole life cost performance of domestic rainwater harvesting systems in the United Kingdom**. Water Environ. V 25, p. 355-365, 2011.
- ROSTAD, N.; FOTI, R.; MONTALTO, F.A. **Harvesting rooftop runoff to flush toilets: Drawing conclusions from four major U.S. cities**. Resources, Conservation and Recycling 108 (2016) 97-106.
- RUPP, R. F.; MUNARIM, U.; GHISI, E. **Comparação de métodos para dimensionamento de reservatórios de água pluvial**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 11, n. 4, p. 44-67, 2011.
- SALLA, M. R.; LOPES, G. B.; PEREIRA, C. E.; NETO, J. C. M.; PINHEIRO, A. M. **Viabilidade técnica de implantação de sistema de aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis em universidade**. Revista Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 13, n. 2, p. 167-181, 2013.
- SANT'ANA, D.; MEDEIROS, L.; ALAVARES, K. C. F. **Aproveitamento de águas pluviais e reuso de águas cinzas em edificações**. Distrito Federal, março de 2017.
- SANTOS, M. F. N.; REIS, M. R. M.; PAIVA, S. B.; GONÇALVES, L. M.; BARBASSA, A. P. **Descentralizando o manejo de águas pluviais: como promover a participação da comunidade**. 7º Congresso Luso Brasileiro para o Planejamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável, Maceió, 2016.
- SAUTCHUK, C.; HUMBERT, F. H.; HESPANHOL, I.; OLIVEIRA, L. H.; ILHA, M. S.; GONÇALVES, O. M.; MAY, S.; BONI, S.; SCHMIDT, W. **Conservação e reuso da água em edificações**. São Paulo: Prol, 2005. 152 p.
- SAVEH. **A disponibilidade de água no mundo e no Brasil. 2019**. Disponível em: <https://saveh.com.br/artigos/a-disponibilidade-de-agua-no-mundo-e-no-brasil/>. Acesso em jan. 2023.
- SCHETS, F. M.; ITALIAANDER, R.; RODA, H. A. M. **Rainwater harvesting: quality assessment and utilization in the Netherlands**. J Water Health, v. 8, p. 224-235, 2010.
- SIEVER, C. K.; PINHEIRO, A. **Trincheira de infiltração em série com reservatório de água de chuva**. Revista de Estudos Ambientais, v. 15, n.1, p. 52-59, 2013.
- SILVA, C. M.; SOUSA, V.; CARVALHO, N. V. **Evaluation of rainwater harvesting in Portugal: Application to single – family residences**. Resources, Conservation and Recycling 94 (2015) 21-34.
- SILVA, L. M.; SOARES, D. A. F.; SOARES, P. F. **Análise preliminar da qualidade das águas pluviais para usos não potáveis**. Anais do III Simpósio de Pós-Graduação em Engenharia Urbana, 2012.

- SILVA, M. B. M.; DANTAS, A. K. E. A.; RODRIGUES, A. C. L. **Captação de águas pluviais para o aumento da resiliência e desenvolvimento de um desenho urbano sensível à água.** Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades, v. 8, n. 59, 2020.
- SOARES, M. First Flush: a importância do descarte das primeiras chuvas. Rainmap. 2018. Disponível em: <https://rainmap.com.br/a-importancia-do-descarte-das-primeiras-chuvas>. Acesso em: 12.mar.2021.
- SOUZA, C. F.; CRUZ, M.A.S.; TUCCI, C.E.M. **Desenvolvimento urbano de baixo impacto: Planejamento e tecnologia verde para sustentabilidade das águas urbanas.** Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v.17, n. 2, p. 9-18, abr.-jun., 2012. Disponível em: <http://www.abrh.org.br/sgcv3/UserFiles/Sumarios/1361c5cc630781dc57b7a74787e9d9ceb8f77c71c3ef1a7b0fc3cd3a2679f.pdf>. Acessado em: 04 de mar. 2021.
- THOMAS, T.H.; MARTINSON, D. B. **Roofwater Harvesting: A Handbook for Practitioners.** Delf, Holanda: International Water and Sanitation Centre, 2007.
- TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva- para áreas urbanas e fins não potáveis.** Navegar Editora, São Paulo, 2003.
- TOMAZ, P. **Conservação da água.** 1 ed. São Paulo: Parma, 1998.
- TOMAZ, P. **Economia de água: Para empresas e residências.** Navegar, 112 pg., São Paulo, 2001.
- TOMAZ, P. **Previsão do consume de água: Interface das instalações prediais de água e esgoto com os serviços públicos.** Nabegar, p. 15-71, São Paulo, 2000.
- TUCCI, C. E. M. **Gerenciamento da drenagem urbana.** Revista Brasileira de Recursos Hídricos, vol. 7, n. 1, p. 5-27, 2002.
- UN-HABITAT, 2005, “**Water and human settlements in a n urbanizing world**”. In: **World Water Development Report – Water, a shared responsibility**, WWAP – UNESCO, New York, USA.
- URBONAS, B.; STAHERE, P. **Stormwater best a management practices and detetion.** Englewood Cliffs, New Jersey: Prentic e Hal, 1993.
- USDE. Energy demands on water resources: report to congress on the interdependency of energy and water. USA: U.S. Departmente of Energy (USDE); 2006.
- VICKERS, A. **Handbook of water use and conservation.** Massachusetts, 2001.
- VILLIERS, M. Q. **Água: como o uso deste precioso recurso natural poderá acarretar a mais séria crise do século XXI.** Rio de Janeiro: Ediouro, 2002.
- WATERFALL, P. H. **Harvesting rainwater for landscape use.** University of Arizona Cooperative. Arizona, 2006.
- ZHANG, D.; GERSBERG, R. M.; WILHELM, C.; VOIGT, M. **Decentralized water management: rainwater harvesting and greywater reuse in an urbar area of Beijing, China.** Urban Water J, 2009, p. 375-385.
- ZHANG, S. et al. **Water saving efficiency and reliability of rainwater harvesting systems in the context of climate change.** Jorunal of Cleanaer Productions, v. 196, p. 1341-1355, 2018.

APENDICE A – DADOS PLUVIOMÉTRICOS

Ano	Precipitação (mm)												Soma
	Mensal												
Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez		
2008	null	440,6	224,4	132,2	29,4	0	0	0	29,6	71,4	157,4	285,0	1370
2009	328,4	168,6	170,2	37,6	79,6	30,4	3,0	23,6	68,0	144,6	220,0	182,8	1456,8
2010	256,6	117,0	170,0	29,6	0,8	13,2	0	0	27,4	129,8	250,0	323,2	1317,6
2011	201,6	188,0	388,8	138,0	0	20,4	0	0	0	112,8	119,0	422,4	1591,0
2012	334,8	84,6	224,2	78,8	25,6	65,4	10,2	0	31,6	65,0	300,2	78,6	1299,0
2013	null	null	null	143,4	35,0	21,8	0	0	33,6	152,2	151,6	471,8	1009,4
2014	202,0	137,6	117,4	166,0	2,2	0,8	62,2	0	30,2	16,8	302,8	316,6	1354,6
2015	94,0	221,4	349,0	112,6	null	0,4	7,6	0	87,6	null	null	148,4	1021,0
2016	323,6	257,6	216,0	18,0	5,6	9,4	0,2	4,2	15,2	51,0	236,8	225,6	1363,2
2017	268,4	197,0	60,2	68,6	37,6	0	0	0	1,0	67,2	428,2	209,4	1337,6
2018	222,0	null	null	206,6	21,4	0,4	0	null	null	null	543,8	210,2	1204,4
2019	null	177,8	189,8	118,4	36,4	0	0	0	28,4	73,4	214,6	261,8	1100,6
2020	540,6	653,6	304,4	52,0	11,0	0	0	0	5,2	118,6	112,0	302,0	2099,4
2021	329,0	389,6	100,6	102,6	1,2	1,4	0	0	11,8	212,8	289,2	261,2	1699,4
2022	301,2	526,2	113,6	34,8	52,6	null	null	0	63,2	61,8	141,4	319,6	1614,4
Máxima	540,6	653,6	388,8	206,6	79,6	65,4	62,2	23,6	87,6	212,8	543,8	471,8	2099
Média	284,8	197	189,8	102,6	23,5	1,1	0	0	29	73,4	228,4	261,8	1355
Mínima	94	117	60,2	18	0	0	0	0	0	51	112	78,6	1009

Fonte: Adaptado de INMET (2023)

ANEXO A – TABELA BOMBA BC 92 S 1/A

Aplicações Gerais

- Residências
- Chácaras
- Abastecimento predial
- Agricultura
- Indústrias

Detalhes Técnicos do Produto Padrão

- Linha S: motobomba sem intermediário
- Bocais com rosca BSP
- Caracol da motobomba de ferro fundido GG-15
- Rotor fechado de alumínio
- Selo mecânico constituído de aço inox AISI-304, buna N, grafite e cerâmica
- Motor elétrico IP-21 com flange incorporada 2 polos, 60 Hz

Opções

- Rotor de bronze e selo mecânico de Viton®
- Mancalizada

Importante

- Temperatura máxima do líquido bombeado: 70° C.
- Para bombeamento de água acima de 70° C, utilize rotor de bronze e selo mecânico de Viton®. Neste caso, sugere-se o uso da BC-92 T.



Modelo	Potência (cv)	Manobras	Tritação	Ø Sucção (pol)	Ø Pedúnculo (pol)	Pressão máxima sem vazão (m.c.a.)	Altura máxima de sucção (m.c.a.)	Ø Rotor (mm)	CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS																											
									Altura Manométrica Total (m.c.a.)																											
									2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46					
									Vazão em m³/h																											
									Altura para sucção de 0 m.c.a.																											
BC-92 S 1A	3/4	x	x	1 1/2	1	26	8	123	7,0	6,9	6,8	6,6	6,5	6,3	6,1	5,8	5,5	5,0	3,8	2,4																
	1	x	x	1 1/2	1	31	8	135	7,1	7,0	6,9	6,8	6,7	6,6	6,5	6,3	6,2	6,0	5,7	5,4	4,9	3,8	2,3													
	1,5	x	x	1 1/2	1	39	8	150	7,2	7,2	7,1	7,0	6,9	6,8	6,7	6,7	6,5	6,4	6,2	6,2	6,0	5,8	5,5	5,2	4,6	2,3										
BC-92 S 1B	1	x	x	1 1/2	1	30	8	106	*	*	*	16,7	17,8	16,7	15,4	13,9	7,9																			
	1,5	x	x	1 1/2	1	25	8	117	*	*	*	21,9	20,2	18,4	13,4	14,3	12,0	9,5	6,1																	
	2 (127 mm)	x	x	1 1/2	1	30	8	127	*	*	*	*	*	22,9	20,4	18,6	16,9	14,1	12,5	10,0	7,1															
	2 (132 mm)	x	x	1 1/2	1	35	8	137	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	14,8	12,7	10,4	7,9	4,7												
	3 (143 mm)	x	x	1 1/2	1	36	8	143	*	*	*	*	*	*	*	*	23,2	21,9	20,4	18,6	17,2	15,5	13,6	11,6	9,2	6,6										
✓ BC-92 S 1C	3/4	x	x	1 1/2	1	26	8	119	*	*	*	13,4	12,4	11,3	10,1	8,9	7,5	6,0	4,3	2,2																
	1	x	x	1 1/2	1	32	8	126	*	*	*	14,1	13,3	12,5	11,6	10,7	9,7	8,6	7,4	6,0	4,3	2,0														
	1,5	x	x	1 1/2	1	36	8	142	*	*	*	14,6	14,0	13,3	12,6	11,9	11,1	10,1	9,4	8,4	7,3	6,0	4,4	2,2												
	2	x	x	1 1/2	1	44	8	158	*	*	*	15,3	14,8	14,3	13,8	13,2	12,1	12,0	11,4	10,7	10,0	9,2	8,4	7,4	6,3	5,0	3,1									
	3	x	x	1 1/2	1	47	8	169	*	*	*	18,1	17,7	17,3	16,8	16,4	15,9	15,4	14,8	14,2	13,5	12,8	12,0	11,1	10,0	8,7	7,1	4,8	3,7							