



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE PERNAMBUCO
MESTRADO PROFISSIONAL EM GESTÃO AMBIENTAL**

TARCISIO DA SILVA LAURINDO

**USO DE ÁGUAS PLUVIAIS PARA COMPLEMENTAÇÃO HÍDRICA, EM
INSTITUIÇÕES DE ENSINO, COMO SUBSÍDIO PARA GESTÃO AMBIENTAL**

Recife, 2025

TARCISIO DA SILVA LAURINDO

**USO DE ÁGUAS PLUVIAIS PARA COMPLEMENTAÇÃO HÍDRICA, EM
INSTITUIÇÕES DE ENSINO, COMO SUBSÍDIO PARA GESTÃO AMBIENTAL**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Gestão Ambiental, como requisito para obtenção do grau de Mestre em Gestão Ambiental pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco.

Linha de Pesquisa: Tecnologias e inovações ambientais.

Prof. Dr. José Coelho de Araújo Filho
Orientador

Prof. Dr. Ronaldo Faustino da Silva
Coorientador

Recife, 2025

L385u

Laurindo, Tarcisio da Silva.

Uso de águas pluviais para contemplação hídrica, em instituições de ensino, como subsídio para gestão ambiental. / Tarcisio da Silva Laurindo. – Recife, PE: O autor, 2025.

128 f. ; il. ; 30 cm.

Orientador: Prof. Dr. José Coelho de Araújo Filho.

Coorientador: Prof. Dr. Ronaldo Faustino da Silva.

Dissertação (Mestrado) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco - IFPE, Campus Recife, Coordenação de Pós-Graduação - Mestrado Profissional em Gestão Ambiental, 2025.

Inclui referências e Apêndices.

1. Gestão ambiental da água. 2. Sustentabilidade hídrica. 3. Captação de águas pluviais. 4. Gestão Ambiental. I. Araújo Filho, José Coelho de. (Orientador). II. Silva, Ronaldo Faustino da. III. Título.

363.610981

CDD (22 Ed.)

TARCISIO DA SILVA LAURINDO


**USO DE ÁGUAS PLUVIAIS PARA COMPLEMENTAÇÃO HÍDRICA, EM
INSTITUIÇÕES DE ENSINO, COMO SUBSÍDIO PARA GESTÃO AMBIENTAL**

Dissertação submetida ao corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Gestão Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco como parte integrante dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Gestão Ambiental.

Data da defesa: **29/05/2025**


BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente

 **JOSE COELHO DE ARAUJO FILHO**
Data: 16/06/2025 22:01:00-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>


Prof. Dr. José Coelho de Araújo Filho
Orientador – Embrapa Solos – UEP Recife

Documento assinado digitalmente

 **RONALDO FAUSTINO DA SILVA**
Data: 13/06/2025 18:55:04-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>


Prof. Dr. Ronaldo Faustino da Silva
Coorientador – MPGA/IFPE

Documento assinado digitalmente

 **EDUARDO JOSE ALECIO DE OLIVEIRA**
Data: 13/06/2025 11:36:51-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>


Prof. Dr. Eduardo José Alécio de Oliveira
Examinador Interno – MPGA/IFPE

Documento assinado digitalmente

 **SOFIA SUELY FERREIRA BRANDAO RODRIGUES**
Data: 06/06/2025 15:10:11-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof^ª. Dra. Sofia Suely Ferreira Brandão Rodrigues
Examinadora Interna – MPGA/IFPE

Documento assinado digitalmente

 **JOAO MANOEL DE FREITAS MOTA**
Data: 06/06/2025 13:43:52-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. João Manoel de Freitas Mota
Examinador Externo – IFPE

Recife, 2025

APRESENTAÇÃO

O autor é engenheiro civil, com especialização em Estruturas de Concreto Armado, e técnico em Edificações. Natural de Arcoverde, porta do sertão pernambucano, vem construindo sua trajetória profissional com conhecimento técnico e compromisso com a prática construtiva responsável. Atua na construção civil desde 2012, vem acumulando experiência em projetos e execução de obras nas mais diversas etapas do processo construtivo.

Sua vivência profissional dentro dessa instituição de ensino despertou o interesse pelo aproveitamento de recursos hídricos em ambientes escolares, especialmente em regiões marcadas por períodos prolongados de estiagem, como o semiárido nordestino. Foi a partir dessa realidade cotidiana que surgiu a motivação para aprofundar estudos voltados à utilização das águas pluviais como forma de complementar o abastecimento hídrico e contribuir para a sustentabilidade no contexto educacional.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por me conceder saúde e forças para chegar até aqui.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco (IFPE), pela formação de qualidade e gratuita, que certamente contribuiu não apenas para o meu desenvolvimento profissional, mas também pessoal.

Ao meu orientador, Prof. Dr. José Coelho de Araújo Filho, por toda a paciência, motivação e efetiva orientação no desenvolvimento deste trabalho.

Ao meu coorientador, Prof. Dr. Ronaldo Faustino da Silva, pelo apoio e incentivo ao longo de todo esse processo.

À minha querida esposa e amiga, Érika Maia, por toda a paciência, força e motivação constante durante a jornada até a conclusão deste trabalho.

Aos meus pais, José Laurindo e Marinalva, por estarem sempre ao meu lado, em todas as circunstâncias, me incentivando na busca pelos meus objetivos.

A toda a minha família, por nossa união, que me inspira e motiva a cada dia.

Por fim, a todos os profissionais que integram o MPGA, pelo empenho e dedicação em prol da formação dos alunos do programa.

RESUMO

O estudo busca gerar informações para a gestão racional do uso da água em instituições federais de ensino no estado de Pernambuco, priorizando sua destinação conforme a qualidade e a necessidade específica de uso. O objetivo foi avaliar como a utilização de sistemas de captação de águas pluviais pode auxiliar na gestão ambiental e na economia de água potável. A metodologia envolveu levantamento do consumo de água, identificação dos usos não potáveis, análise do balanço hídrico (demanda x oferta), simulações com o software Netuno 4 para estimativa da substituição da água potável por água da chuva e avaliação da viabilidade técnica e econômica da implantação desses sistemas nos campi do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco, localizados nas cidades de Jaboatão dos Guararapes, Pesqueira e Afogados da Ingazeira. A quantificação do consumo de água foi realizada por meio da análise de faturas e levantamento detalhado de dispositivos sanitários e áreas de uso, permitindo o cálculo de indicadores de consumo per capita, que variaram entre 10,52 e 19,26 L/usuário/dia. Os principais resultados indicam que é possível substituir, em média, até 70% da demanda de água para usos não potáveis, como descargas sanitárias, lavagem de pisos e irrigação de jardins. No Campus Jaboatão dos Guararapes, onde já existe um sistema parcial, a ampliação com aumento da área de captação e do volume de armazenamento indicou um potencial de economia média anual de até 37,9% da água potável, com picos de redução de até 57,26% nos meses chuvosos, e retorno do investimento estimado entre três e quatro anos. No Campus Pesqueira, a implantação de um sistema com reservatório de 40.000 L poderia gerar uma economia média anual de 11,16%, atingindo até 22,12% na estação chuvosa, com custo aproximado de R\$ 430 mil. No Campus Afogados da Ingazeira, a implantação de um sistema com reservatório de 30.000 L indicou potencial de economia média anual de 21,13%, chegando a até 48,65% na estação chuvosa, com custo estimado em R\$ 205 mil. As conclusões apontam que o aproveitamento de águas pluviais é uma alternativa eficaz e sustentável, que contribui para a redução da pressão exploratória sobre os mananciais, melhora a eficiência da gestão hídrica nas instituições e promove benefícios econômicos e ambientais, alinhando-se ao Objetivo de Desenvolvimento Sustentável nº 6 da ONU, ao propor soluções que ampliam a eficiência no uso da água e estimulam o uso sustentável dos recursos hídricos. O produto técnico resultante deste trabalho foi uma cartilha digital orientadora, elaborada para subsidiar a implantação de sistemas de aproveitamento de águas pluviais, com potencial de replicação em outras instituições e como recurso didático para alunos de formação técnica, promovendo a educação ambiental e o fortalecimento de práticas sustentáveis.

Palavras-chave: Captação pluvial; Sustentabilidade hídrica; Balanço hídrico; ODS nº 6; Indicador de consumo; Viabilidade econômica.

ABSTRACT

This study aims to provide information to support the rational management of water use in federal educational institutions in the state of Pernambuco, prioritizing water allocation according to quality and specific use needs. The objective was to evaluate how rainwater harvesting systems can assist in environmental management and reduce potable water consumption. The methodology included assessing water consumption, identifying non-potable uses, analyzing the water balance (demand vs. supply), running simulations using the Netuno 4 software to estimate the replacement of potable water with rainwater, and evaluating the technical and economic feasibility of implementing these systems at three campuses of the Federal Institute of Education, Science and Technology of Pernambuco, located in the cities of Jaboatão dos Guararapes, Pesqueira, and Afogados da Ingazeira. Water consumption was quantified through bill analysis and detailed surveys of sanitary fixtures and use areas, enabling the calculation of per capita consumption indicators, which ranged from 10.52 to 19.26 L/user/day. The main findings indicate that it is possible to replace, on average, up to 70% of the water demand for non-potable uses such as toilet flushing, floor cleaning, and garden irrigation. At the Jaboatão dos Guararapes Campus, where a partial system already exists, expanding the catchment area and storage capacity could lead to an average annual potable water savings of up to 37.9%, with peak reductions of 57.26% during the rainy season, and an estimated payback period of three to four years. At the Pesqueira Campus, implementing a system with a 40,000-liter tank could yield an average annual savings of 11.16%, reaching 22.12% in the rainy season, at an approximate cost of R\$ 430,000. At the Afogados da Ingazeira Campus, a system with a 30,000-liter tank indicated an average annual savings potential of 21.13%, reaching up to 48.65% during the rainy season, with an estimated cost of R\$ 205,000. The study concludes that rainwater harvesting is an effective and sustainable alternative that contributes to reducing pressure on water sources, improves water management efficiency in institutions, and offers both economic and environmental benefits. It aligns with the United Nations Sustainable Development Goal 6 by proposing solutions that enhance water use efficiency and encourage the sustainable use of water resources. The technical product developed from this work was a digital guidebook designed to support the implementation of rainwater harvesting systems, with replication potential in other institutions and educational value for technical training students, fostering environmental education and strengthening sustainable practices.

Keywords: Rainwater harvesting; Water sustainability; Water balance; SDG No. 6; Consumption indicator; Economic feasibility.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Distribuição de água no mundo.....	19
Figura 2 – Percentual de água retirada dos corpos hídricos, no Brasil, por setor.....	21
Figura 3 – Crescimento da demanda por água no Brasil.....	21
Figura 4 – Mesorregiões do estado de Pernambuco	23
Figura 5 – Precipitação média mensal, por mesorregião, do estado de Pernambuco.....	23
Figura 6 – Pedra Moabita - o registo mais antigo do reaproveitamento de águas pluviais	24
Figura 7 – Chultun – Cisternas de armazenamento de água pluvial	25
Figura 8 – Fluxograma de um sistema de captação pluvial.....	27
Figura 9 – Exemplo de filtro (VF1) para águas pluviais	31
Figura 10 - Sistema integrado de aproveitamento de águas pluviais	33
Figura 11 - Separação atmosférica padronizada em reservatório superior.....	33
Figura 12 – Dosador para cloro em pastilhas	37
Figura 13 – Os 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável	38
Figura 14 – Localização dos <i>campi</i> Jaboatão dos Guararapes, Pesqueira e Afogados da Ingazeira	39
Figura 15 – Localização do IFPE Campus Jaboatão dos Guararapes	40
Figura 16 – Localização do IFPE Campus Pesqueira	41
Figura 17 - Localização do IFPE Campus Afogados da Ingazeira.....	42
Figura 18 – Consumo mensal de água - Campus Afogados da Ingazeira	60
Figura 19 – Divisão dos usos da água – <i>campi</i> Jaboatão dos Guararapes e Pesqueira	64
Figura 20 – Mapa climatológico de Pernambuco - Precipitação acumulada anual (mm).....	66
Figura 21 – Precipitações médias mensais: Jaboatão dos Guararapes (2015 - 2024)	67
Figura 22 – Precipitação diária na cidade de Jaboatão dos Guararapes (2015 - 2024).....	68
Figura 23 – Precipitações médias mensais: Pesqueira (2015 - 2024).....	69
Figura 24 – Precipitação diária na cidade de Pesqueira (2015 - 2024)	70
Figura 25 – Precipitações médias mensais: Afogados da Ingazeira (2015 - 2024).....	71
Figura 26 – Precipitação diária na cidade de Afogados da Ingazeira (2015 - 2024).....	72
Figura 27 – Balanço hídrico no Campus Jaboatão dos Guararapes	74
Figura 28 – Balanço hídrico no Campus Pesqueira.....	75
Figura 29 – Balanço hídrico no Campus Afogados da Ingazeira	77
Figura 30 – Relação entre o volume do reservatório e percentual de economia – Campus Jaboatão dos Guararapes Cenário atual	78

Figura 31 – Percentuais de dias atendidos com uso de água da chuva – Campus Jaboatão dos Guararapes Cenário atual.....	79
Figura 32 – Relação entre o volume do reservatório e percentual de economia – Campus Jaboatão dos Guararapes Cenário 1.....	79
Figura 33 – Percentuais atendimento da demanda uso de água da chuva – Campus Jaboatão dos Guararapes Cenário 1.....	80
Figura 34 – Relação entre o volume do reservatório e percentual de economia – Campus Jaboatão dos Guararapes Cenário 2.....	81
Figura 35 – Percentuais atendimento da demanda uso de água da chuva – Campus Jaboatão dos Guararapes Cenário 2.....	81
Figura 36 – Cenário 1: Redução percentual de água potável no Campus Jaboatão dos Guararapes.....	82
Figura 37 – Cenário 2: Redução percentual de água potável no Campus Jaboatão dos Guararapes.....	83
Figura 38 – Redução percentual de água potável no Campus Pesqueira.....	84
Figura 39 – Redução percentual de água potável no Campus Afogados da Ingazeira.....	84
Figura 40 – Relação entre o volume do reservatório e percentual de economia – Campus Pesqueira.....	86
Figura 41 – Percentuais atendimento da demanda uso de água da chuva – Campus Pesqueira.....	86
Figura 42 – Consumo diário de água pluvial de acordo com o volume do reservatório – Campus Pesqueira.....	87
Figura 43 – Relação entre o volume do reservatório e percentual de economia – Campus Afogados da Ingazeira.....	88
Figura 44 – Percentuais atendimento da demanda uso de água da chuva – Campus Afogados da Ingazeira.....	88
Figura 45 – Consumo diário de água pluvial de acordo com o volume do reservatório – Campus Afogados da Ingazeira.....	89
Figura 46 – Redução no valor da água do Campus Jaboatão dos Guararapes – Cenário 1.....	91
Figura 47 – Redução no valor da água do Campus Jaboatão dos Guararapes – Cenário 2.....	92
Figura 48 – Valor de redução da água do Campus Pesqueira.....	94
Figura 49 – Valor de redução da fatura de água do Campus Afogados da Ingazeira.....	96

LISTA DE TABELAS E QUADROS

Tabela 1 – Coeficiente de escoamento superficial (runoff)	28
Tabela 2 – Coeficientes de rugosidade (n).....	30
Tabela 3 – Distância para separação atmosférica mínima	34
Tabela 4 – Parâmetros mínimos de qualidade para uso não potável da água de chuva.....	35
Tabela 5 – Quantidade de aparelhos sanitários disponíveis - Campus Jabotão dos Guararapes	52
Tabela 6 – Quantidade de aparelhos sanitários disponíveis - Campus Pesqueira	52
Tabela 7 – Quantidade de aparelhos sanitários disponíveis - Campus Afogados da Ingazeira	53
Tabela 8 – Frequência média de uso de vasos sanitários e mictórios.....	53
Tabela 9 – Frequência de uso de aparelhos sanitários segundo diferentes autores	54
Tabela 10 – Tempo médio de acionamento das torneiras e válvulas de mictórios	55
Tabela 11 – Tempo de uso de aparelhos sanitários segundo diferentes autores	55
Tabela 12 – Distribuição de áreas para lavagem de pisos e irrigação	56
Tabela 13 – Demanda diária de água Campus Jabotão dos Guararapes	57
Tabela 14 – Demanda diária de água Campus Pesqueira	57
Tabela 15 – Demanda mensal de água <i>campi</i> Jabotão dos Guararapes e Pesqueira.....	58
Tabela 16 – Percentual consumido por aparelho sanitário ou ponto de utilização segundo a literatura.....	59
Tabela 17 – Referências de consumo médio de água per capita em instituições de ensino	61
Tabela 18 – Demanda diária de água não potável Campus Jabotão dos Guararapes	63
Tabela 19 – Demanda diária de água não potável Campus Pesqueira.....	63
Tabela 20 – Demanda mensal de água não potável <i>campi</i> Jabotão dos Guararapes e Pesqueira	63
Tabela 21 – Precipitação pluviométrica acumulada, médias mensais e acumulados anuais (mm) - Jabotão dos Guararapes	67
Tabela 22 – Precipitação pluviométrica acumulada, médias mensais e acumulados anuais (mm) - Pesqueira	69
Tabela 23 – Precipitação pluviométrica acumulada, médias mensais e acumulados anuais (mm) – Afogados da Ingazeira	71
Tabela 24 – Áreas de telhados para captação de água da chuva (m ²).....	73
Tabela 25 – Balanço hídrico no Campus Jabotão dos Guararapes – Considerando apenas a água de chuva como fonte de abastecimento.....	73

Tabela 26 – Balanço hídrico no Campus Pesqueira – Considerando apenas a água de chuva como fonte de abastecimento	75
Tabela 27 – Balanço hídrico no Campus Afogados da Ingazeira – Considerando apenas a água de chuva como fonte de abastecimento.....	76
Tabela 28 – Estrutura tarifária para o setor público aplicada pela COMPESA.....	90
Tabela 29 – Custos iniciais de ampliação do sistema do Campus Jaboatão dos Guararapes ...	90
Tabela 30 – Custos iniciais de implantação do sistema nos <i>campi</i> Pesqueira e Afogados da Ingazeira	93
Quadro 1 – Frequência de manutenção dos componentes do sistema.....	36

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

a.C.	Antes de Cristo
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AFI	Afogados da Ingazeira
ANA	Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
APAC	Agência Pernambucana de Águas e Clima
ARPE	Agência Reguladora de Pernambuco
BDI	Bonificações e Despesas Indiretas
COMPESA	Companhia Pernambucana de Saneamento e Abastecimento
FDE	Fundação para o Desenvolvimento da Educação
FUNASA	Fundação Nacional de Saúde
ha	Hectare
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IC	Indicador de Consumo
IFPE	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco
IPDA	Índice de Perdas na Distribuição de Água
JBG	Jaboatão dos Guararapes
kg	Quilograma
km	Quilômetro
L	Litros
L/dia	Litros por dia
L/s	Litros por segundo
L/usuário/dia	Litro por usuário por dia
m ²	Metros quadrados
m ³	Metros cúbicos
m ³ /hab/ano	Metros cúbicos por habitante por ano
mg	Miligramas
mim	Minutos
mL	Mililitro
mm	Milímetros
NBR	Norma Brasileira Regulamentadora
NMP	Número Mais Provável
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

ONU	Organização da Nações Unidas
ORSE	Orçamento de Obras de Sergipe
PEAD	Polietileno de Alta Densidade
PES	Pesqueira
PNRH	Política Nacional de Recursos Hídricos
PVC	Policloreto de Vinila
R\$	Reais
RMR	Região Metropolitana do Recife
s	Segundos
SAAP	Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais
SBC	Sociedade Brasileira de Construção
SEINFRA	Secretaria de Estado de Infraestrutura
SINAPI	Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
TAE	Técnico Administrativo Educacional
UNESCO	Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura
uT	Unidades de Turbidez

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	16
2	OBJETIVOS.....	18
2.1	OBJETIVO GERAL	18
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	18
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	19
3.1	DISPONIBILIZAÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS.....	19
3.2	CAPTAÇÃO E APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS	24
3.3	SISTEMAS DE CAPTAÇÃO E APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS	27
3.3.1	Área de captação	28
3.3.2	Calhas e condutores.....	29
3.3.3	Dispositivos de desvio de água dos primeiros escoamentos.....	30
3.3.4	Dispositivos de descarte de sólidos (filtragem)	31
3.3.5	Reservatórios de armazenamento.....	31
3.3.6	Reservatório de distribuição	32
3.4	SISTEMA INTEGRADO DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS	32
3.5	QUALIDADE DAS ÁGUAS PLUVIAIS	34
3.6	CUIDADOS COM OS SISTEMAS DE CAPTAÇÃO E ARMAZENAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS.....	35
3.7	DESINFECÇÃO DA ÁGUA PLUVIAL	36
3.8	ÁGUA DA CHUVA E O ODS Nº 6 - ÁGUA POTÁVEL E SANEAMENTO.....	38
4	METODOLOGIA	39
4.1	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	39
4.1.1	IFPE Campus Jabotão dos Guararapes.....	40
4.1.2	IFPE Campus Pesqueira.....	41
4.1.3	IFPE Campus Afogados da Ingazeira	42
4.2	QUANTIFICAÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA NOS <i>CAMPI</i>	43
4.2.1	Consumo dos dispositivos sanitários	43
4.2.2	Indicador de consumo	45
4.3	CARACTERIZAR OS USOS NÃO POTÁVEIS DA ÁGUA NOS <i>CAMPI</i>	46
4.4	AVALIAÇÃO DO BALANÇO HÍDRICO DE ÁGUA PLUVIAL	46
4.5	ANÁLISE DO SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS DO CAMPUS JABOATÃO DOS GUARARAPES	47

4.5.1 Software Netuno 4	48
4.6 ESTIMATIVA DO POTENCIAL DE REDUÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA POTÁVEL, DIANTE DA IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS, PARA COMPLEMENTAÇÃO HÍDRICA.....	49
4.7 VERIFICAÇÃO DA VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DE IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE CAPTAÇÃO E USO DE ÁGUAS PLUVIAIS NOS <i>CAMPI</i> PESQUEIRA E AFOGADOS DA INGAZEIRA	50
4.7.1 Análise do Retorno do Investimento	50
4.8 ELABORAÇÃO DE CARTILHA TÉCNICA PARA APOIO À IMPLANTAÇÃO DE SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS E AUXÍLIO DIDÁTICO PARA ALUNOS DE FORMAÇÃO TÉCNICA.....	51
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	51
5.1 QUANTIFICAÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA NOS <i>CAMPI</i>	51
5.1.1 Levantamento dos dispositivos e áreas de consumo de água	52
5.1.2 Demandas de água <i>campi</i> Jaboatão dos Guararapes e Pesqueira	56
5.1.3 Consumo Campus Afogados da Ingazeira	60
5.1.4 Indicadores de consumo	60
5.2 CARACTERIZAÇÃO DOS USOS NÃO POTÁVEIS DA ÁGUA NOS <i>CAMPI</i>	62
5.2.1 Demandas de água não potável nos <i>campi</i> Jaboatão dos Guararapes e Pesqueira	62
5.2.2 Estimativa de demandas de água não potável Campus Afogados da Ingazeira	64
5.3 BALANÇO HÍDRICO.....	65
5.3.1 Índices pluviométricos	65
5.3.2 Áreas de captação pluvial	72
5.3.3 Balanço Hídrico no Campus Jaboatão dos Guararapes	73
5.3.4 Balanço Hídrico no Campus Pesqueira	74
5.3.5 Balanço Hídrico no Campus Afogados da Ingazeira	76
5.4 ANÁLISE DO SISTEMA DE CAPTAÇÃO E APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL DO CAMPUS JABOATÃO DOS GUARARAPES.....	77
5.5 ESTIMATIVA DO DA REDUÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA POTÁVEL, DIANTE DA IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS, PARA COMPLEMENTAÇÃO HÍDRICA	82
5.5.1 Redução no consumo de água potável: Campus Jaboatão dos Guararapes	82

5.5.2	Redução no consumo de água potável: Campus Pesqueira.....	83
5.5.3	Redução no consumo de água potável: Campus Afogados da Ingazeira	84
5.6	VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO.....	85
5.6.1	Dimensionamento e Capacidade dos Reservatórios.....	85
5.6.2	Estrutura tarifária considerada para cálculo de economia.....	89
5.6.3	Custos de ampliação do sistema do Campus Jaboatão dos Guararapes.....	90
5.6.4	Custos iniciais implantação nos <i>campi</i> Pesqueira e Afogados da Ingazeira.	93
6	CONCLUSÕES.....	97
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	98
	REFERÊNCIAS	99
	APÊNDICE A - PRODUTO TÉCNICO (CARTILHA).....	105
	APÊNDICE B – FORMULÁRIO GOOGLE.....	127

1 INTRODUÇÃO

A água, essencial à vida, regula diversos processos metabólicos, físicos e químicos (Silva *et al.*, 2022a), sendo sua disponibilidade em quantidade e qualidade adequadas crucial para atender às necessidades dos ecossistemas e comunidades.

O crescimento populacional, aliado ao aumento do consumo urbano e industrial, tem gerado uma crescente demanda por água, intensificando a pressão sobre os recursos hídricos. A gestão inadequada e a crescente poluição têm contribuído para a escassez de água doce, resultando em desequilíbrios ambientais e conflitos pelo uso desse recurso natural.

Nesse contexto, torna-se necessário buscar fontes de água alternativas que permitam substituir o uso de água potável em atividades não essenciais. Isso possibilita que a água de melhor qualidade seja direcionada para usos prioritários, reduzindo a dependência das fontes tradicionais, como rios e águas subterrâneas.

A busca contínua por soluções baseadas em critérios de sustentabilidade é indispensável para garantir o desenvolvimento sustentável, conciliando crescimento econômico com preservação ambiental. A gestão racional e consciente da água, um recurso limitado, é essencial para sua conservação e disponibilidade para as futuras gerações (Alcoforado; Faustino, 2018).

Ao analisar o consumo de água, é possível identificar diversas demandas, como consumo humano, preparação de alimentos, higiene pessoal, lavagem de roupas e veículos, descarga de vasos sanitários, irrigação de jardins e limpeza de áreas externas. Contudo, nem todas essas atividades requerem água potável. Assim, o consumo pode ser classificado em demandas potáveis, destinadas a atividades como o consumo humano, e demandas não potáveis, que incluem lavagem de veículos, descarga de vasos sanitários, irrigação de jardins e limpeza de áreas externas. Essa distinção permite uma abordagem mais sustentável no uso da água, priorizando sua destinação conforme a qualidade necessária.

O aproveitamento da água da chuva surge como uma solução viável para complementar o abastecimento hídrico. Essa estratégia permite substituir a água potável em atividades não essenciais, especialmente em edificações públicas, onde grande parte do consumo está relacionada a essas práticas. A adoção de sistemas de captação e aproveitamento de águas pluviais contribui significativamente para a redução da pressão sobre mananciais tradicionais e promove a sustentabilidade hídrica.

O uso de águas pluviais captadas a partir das coberturas de edificações apresenta-se como uma alternativa viável, considerando aspectos econômicos, ambientais e sociais. A

utilização dessa água para complementar a demanda hídrica em atividades menos restritivas permite a preservação dos recursos hídricos de alta qualidade para usos essenciais. Assim, além de reduzir a dependência de fontes convencionais, essa estratégia promove um uso mais racional da água, alinhando-se aos princípios de gestão eficiente dos recursos naturais.

Nos últimos anos, fontes alternativas de água doce ganharam destaque como estratégia para garantir a segurança hídrica. Entre essas alternativas, destaca-se a coleta de água de chuva. O sistema de aproveitamento de água pluvial tem se mostrado uma solução atrativa pelos benefícios tecnológicos, econômicos e ambientais que oferece (Preeti; Rahman, 2021; Silva *et al.*, 2023). Embora não seja uma tecnologia nova, é amplamente reconhecida como uma das melhores soluções para promover o abastecimento de água sustentável em áreas urbanas. A água da chuva, por sua natureza doce, pode ser facilmente coletada e utilizada para fins não potáveis, contribuindo significativamente para a complementação hídrica e a sustentabilidade ambiental (Silva *et al.*, 2021; Preeti; Rahman, 2021; Shiguang; Yu, 2021; Silva *et al.*, 2023).

A Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), instituída pela Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997, estabelece o incentivo e a promoção da captação, preservação e aproveitamento de águas pluviais como um de seus objetivos (Brasil, 1997).

A Lei nº 14.026/2020, sancionada no contexto do novo marco legal do saneamento básico, estabelece a meta de universalização dos serviços de água e esgoto até 2033, garantindo 99% de abastecimento de água potável e 90% de coleta e tratamento de esgoto. Além disso, a legislação incentiva a racionalização do consumo de água, a eficiência energética, o aproveitamento de efluentes sanitários e o aproveitamento de águas pluviais, sempre em conformidade com as normas ambientais e de saúde pública.

Com o objetivo de garantir o acesso global à água potável, é possível adotar medidas como a coleta de águas pluviais, contribuindo para a conservação de milhões de metros cúbicos desse recurso vital. Em vez de depender da água da torneira, a precipitação pluviométrica pode ser coletada e armazenada a partir de superfícies e coberturas impermeáveis, possibilitando seu posterior uso de forma sustentável (Mendez *et al.*, 2011)

Captar, armazenar e utilizar água da chuva representa uma prática ecologicamente correta e sustentável. Essa estratégia de armazenamento não apenas preserva a água potável, mas também diminui a pegada hídrica, que reflete o impacto de nossos hábitos de consumo de água, tanto de forma direta quanto indireta, contribuindo para um uso mais consciente dos recursos hídricos.

Torna-se, portanto, essencial desenvolver pesquisas voltadas à gestão dos recursos hídricos e à otimização do uso da água, por meio de técnicas e processos que promovam a conservação desse recurso sem comprometer suas aplicações em áreas urbanas. O objetivo é alcançar um equilíbrio entre oferta e demanda, garantindo a sustentabilidade.

A implantação de um sistema de coleta de águas pluviais visa ampliar a preservação e qualidade da água potável para os usos mais nobres, atuando na complementação hídrica e subsidiando a gestão dos recursos utilizados. Destaca-se que essa prática não apenas reduz o consumo de água potável, mas também busca alcançar um equilíbrio entre os aspectos sociais, econômicos e ambientais.

A motivação desta pesquisa está na análise da implantação de um sistema de captação de águas pluviais para complementação hídrica em instituições de ensino, contribuindo para a gestão ambiental sustentável. O estudo busca atender aos critérios de sustentabilidade ambiental estabelecidos pela Instrução Normativa nº 01/2010 do Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão (Brasil, 2010), que incentiva a implementação de sistemas para captação, transporte, armazenamento e aproveitamento de águas pluviais em edificações públicas.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar como a utilização de sistemas de captação de águas pluviais pode auxiliar na gestão ambiental e no potencial de economia de água potável utilizada nos *campi* do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco (IFPE), por meio de um sistema de aproveitamento de águas pluviais, especificamente quando essa água for destinada aos usos não potáveis.

As instituições de ensino objetos deste estudo incluem os *campi* do IFPE situados nas cidades de Jaboatão dos Guararapes (JBG), Pesqueira (PES) e Afogados da Ingazeira (AFI).

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Quantificar o consumo de água e seu indicador nos *campi* Jaboatão dos Guararapes, Pesqueira e Afogados da Ingazeira;
- Caracterizar os usos não potáveis da água nos *campi*;
- Avaliar o balanço hídrico (demanda x oferta) de água pluvial;

- Analisar se o sistema de aproveitamento de águas pluviais do Campus Jaboatão dos Guararapes pode ser expandido para atender outras demandas não potáveis;
- Estimar o potencial de redução do consumo de água potável, diante da implementação de um sistema de captação de águas pluviais, para complementação hídrica;
- Verificar a viabilidade técnica e econômica de implantação de um sistema de captação e uso de águas pluviais nos *campi* Pesqueira e Afogados da Ingazeira;
- Elaborar cartilha técnica para subsidiar a implantação de um sistema de aproveitamento de águas pluviais e apoio educacional para uso didático aos alunos de formação técnica.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 DISPONIBILIZAÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

Dos recursos hídricos disponíveis na natureza, a água pode ser considerada o mais valioso e, provavelmente, o de maior demanda à nossa sobrevivência. Cerca de 75% da superfície do planeta terra é coberta por água, motivo pelo qual a terra é conhecida como “planeta azul”.

De acordo com a Agência Nacional de Água e Saneamento Básico (ANA, 2024) 97,5% da água contida no planeta é salgada, e apenas 2,5% se referem a água doce. Contudo, 69% da água doce encontra-se em locais de difícil acesso, concentradas nas geleiras do Ártico e nas regiões montanhosas, e 30% são águas subterrâneas (armazenadas em aquíferos) restando apenas 1% de água doce disponível nos lagos, rios e reservatórios. A Figura 1 mostra a distribuição de água na terra.

Figura 1 – Distribuição de água no mundo



Fonte: Adaptado de ANA (2024).

De acordo com a Organização das Nações Unidas (ONU, 2023) cerca de 2 bilhões de pessoas, ou o equivalente a aproximadamente 26% da população mundial, não tem acesso à água potável. A ONU *News* (2023) alerta que estimativas indicam que a população urbana, mundial, que enfrenta a escassez de água deve dobrar, passando de 930 milhões em 2016 para um número entre 1,7 e 2,4 bilhões de pessoas até 2050.

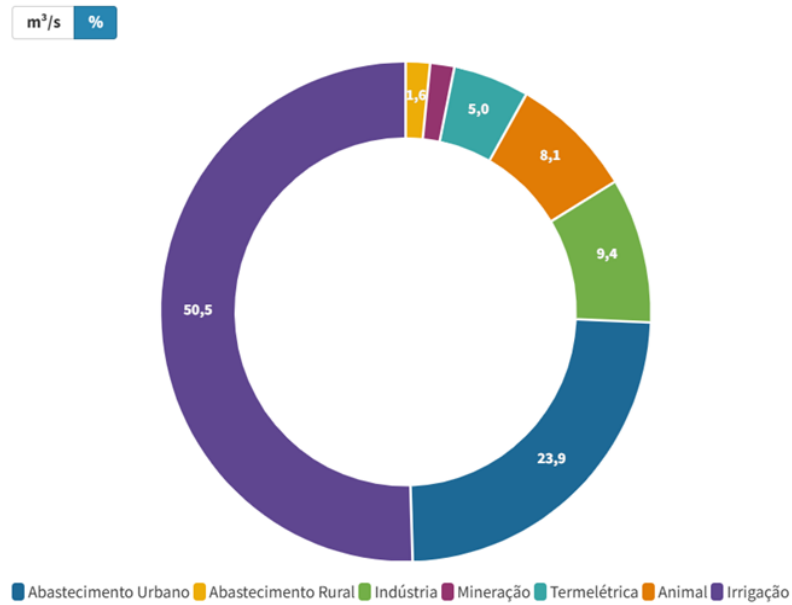
Essa situação tende a se agravar, pois, de acordo com estudos do MapBiomas, entre 1990 e 2020, o Brasil perdeu cerca de 15% de sua superfície de água, o que equivale a aproximadamente 3,1 milhões de hectares. Essa redução é atribuída a mudanças no uso e cobertura da terra, construção de barragens e hidrelétricas, poluição, e exploração excessiva dos recursos hídricos para a produção de bens e serviços. Esses fatores contribuíram para a ocorrência de secas extremas e inundações, tanto intensificadas pelas mudanças climáticas (MAPBIOMAS, 2021).

Segundo a ANA (2024) o Brasil possui 13,7% da água doce do mundo, no entanto, é importante ressaltar que essa disponibilidade não é uniformemente distribuída em todo o país, pois, onde existe muita água existe pouca população e onde existe muita população existe pouca água. A região Nordeste, por exemplo, apresenta 3,3% da água doce do país e concentra cerca de 28,94% da população, enquanto a região Norte dispõe de 68,5% de água apresentando uma população de aproximadamente 6,83% em relação a nacional.

Em conformidade com a Lei 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que integra a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), deve ser assegurado o acesso a disponibilidade de água, em conformidade com os padrões de qualidade adequados de acordo com o seu uso, para as gerações atuais e futuras. (Brasil, 1997).

Segundo a ANA (2024), no Brasil são retirados 2.035,2 m³/s de água de corpos hídricos para diversos usos setoriais, o que equivale a aproximadamente 64,18 trilhões de litros por ano. Desse total, 23,9% são destinados ao abastecimento urbano, conforme apresentado no gráfico da Figura 2.

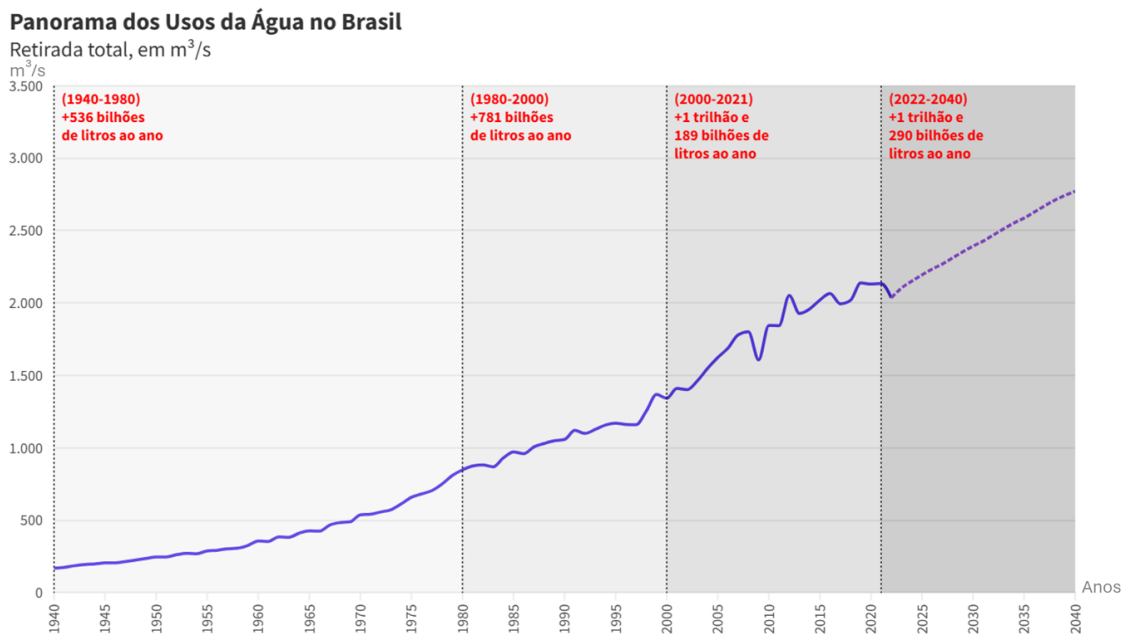
Figura 2 – Percentual de água retirada dos corpos hídricos, no Brasil, por setor



Fonte: ANA (2024).

A demanda por água tem crescido expressivamente nas últimas décadas (Figura 3), impulsionadas pelo crescimento populacional, urbanização, desenvolvimento industrial e mudanças no estilo de vida da sociedade. Projeções indicam que, até 2040, as retiradas de água terão um incremento de aproximadamente 30% (ANA, 2024).

Figura 3 – Crescimento da demanda por água no Brasil



Fonte: ANA (2024).

O Brasil é considerado um país abundante em água, com uma disponibilidade hídrica média de 35.732 m³/hab/ano, ao mesmo tempo que algumas regiões, como o estado de Pernambuco, apresentam uma disponibilidade hídrica menor, com cerca de 1.270 m³/hab/ano o que é considerado baixo em comparação com a média nacional e a menor disponibilidade hídrica do Brasil, comparado a Israel que possui 470 m³/hab/ano (Tomaz, 2011). Entretanto, existe falta de água em Pernambuco e não existe em Israel, o que nos faz observar o mal gerenciamento de água de nossa nação. Por outro lado, Israel enfrenta desafios significativos de escassez hídrica, com uma disponibilidade média de 470 m³/hab/ano. O país tem sido conhecido por suas inovações e tecnologias avançadas para o gerenciamento da água, o que permitiu melhorar sua situação de abastecimento hídrico. Essas soluções incluem o uso eficiente de água, a dessalinização e a reutilização de águas residuais (Sousa; Araujo; Carvalho Studart, 2023).

A escassez de água em Pernambuco é um problema complexo e multifatorial, não podendo ser atribuído unicamente ao mal gerenciamento de água. A situação envolve uma série de fatores interligados, como padrões climáticos regionais, crescimento populacional, urbanização, uso inadequado dos recursos hídricos e infraestrutura insuficiente. Um dos aspectos que pode estar diretamente relacionado à questão é o Índice de Perdas na Distribuição de Água (IPDA), que mede a proporção de água produzida que é perdida, ou que não chega efetivamente aos consumidores (Brasil, 2020).

De acordo com dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) de 2020, o IPDA médio do estado de Pernambuco é de 49,9%, o que significa que quase metade da água armazenada, tratada e destinada ao consumo humano, é perdida antes de chegar aos consumidores finais. Esse desperdício pode ser resultado de vazamentos, falhas na infraestrutura, ligações clandestinas e outras questões relacionadas à distribuição e ao abastecimento de água. Na cidade do Recife, a situação é ainda mais preocupante, com um IPDA de 57,5% (Brasil, 2020). Isso significa que mais da metade da água produzida na cidade não está sendo entregue aos consumidores de forma eficiente, agravando a escassez hídrica.

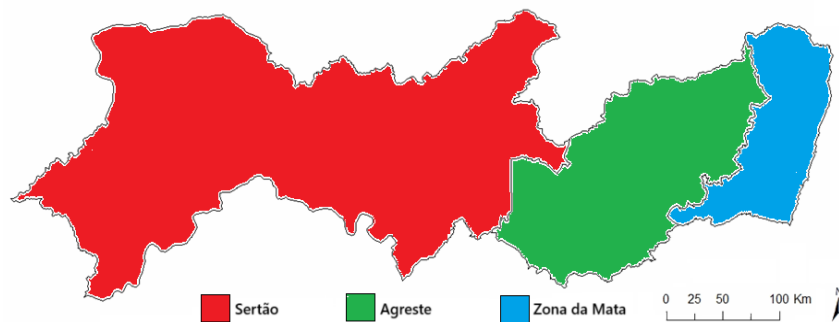
Nas grandes áreas metropolitanas, quase 85% da demanda por água é destinada para o abastecimento humano (FABHAT, 2018). Isso demonstra a importância da gestão de água nas edificações, especialmente em locais altamente adensadas e em regiões onde os recursos hídricos naturais não são mais capazes de atender a todas as necessidades.

A água utilizada no desenvolvimento das humanas pode ter dois fins diferentes: potável e não potável. Os usos potáveis envolvem atividades como higiene pessoal, consumo

direto e preparo de alimentos, exigindo que a água atenda aos padrões de qualidade definidos pela legislação vigente (Portaria GM/MS nº 888/2021). Já os usos não potáveis abrangem atividades de uso geral como lavagem de roupas, veículos e calçadas, rega de jardins e descargas sanitárias, por exemplo (Brasil, 2021).

Segundo a Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC, 2019), o estado de Pernambuco apresenta dois regimes pluviométricos distintos: no Sertão, o período chuvoso inicia em janeiro e se estende até abril, enquanto a Região Metropolitana do Recife (RMR), a Zona da Mata e o Agreste experimentam suas chuvas a partir de abril, prolongando-se até julho. A Figura 4 apresenta as mesorregiões do estado de Pernambuco, em vermelho, o Sertão pernambucano e, em verde, a região do Agreste e, em azul, a Zona da Mata e RMR.

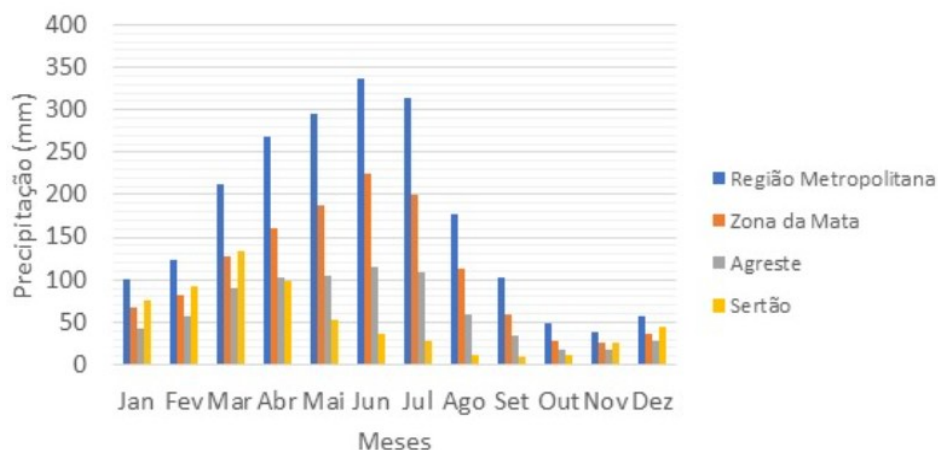
Figura 4 – Mesorregiões do estado de Pernambuco



Fonte: Adaptado de IBGE (2023).

A Figura 5 apresenta a precipitação média mensal, de cada mesorregião, do estado de Pernambuco a partir de dados coletados e monitorados pela APAC no ano de 2022.

Figura 5 – Precipitação média mensal, por mesorregião, do estado de Pernambuco



Fonte: APAC (2022).

3.2 CAPTAÇÃO E APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS

O aproveitamento de água de chuva é uma prática bem antiga. A Pedra Moabita (Figura 6), registro mais antigo do reaproveitamento de águas pluviais, descoberta no Oriente Médio a leste do mar Morto, é uma das inscrições mais antigas do mundo, com data estimada em 830 a.C., e nessa inscrição o rei Mesha dos Moabitas ordenou a construção de um reservatório em cada residência para aproveitar a água da chuva (Tomaz, 2011). Segundo Gonçalves *et al.* (2006) ao longo dos últimos 2000 anos, relatos de sistemas de coleta e armazenamento de águas pluviais têm sido encontrados em diferentes regiões da Europa, no norte da África, nas Américas e na Ásia.

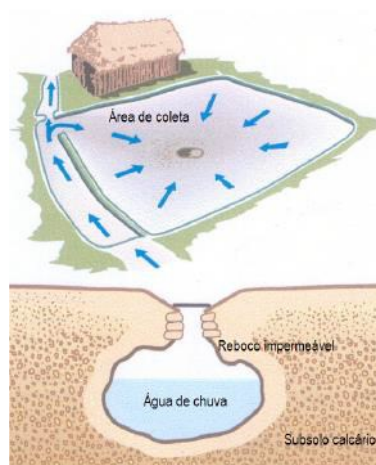
Figura 6 – Pedra Moabita - o registro mais antigo do reaproveitamento de águas pluviais



Fonte: Tomaz (2011).

Os Maias, que habitavam a Península de Yucatán no século X, onde atualmente está localizado o México, também adotavam práticas de aproveitamento da água da chuva. Ainda hoje, ao sul da cidade de Oxkutzcab, é possível encontrar as chamadas *chultuns* (Figura 7), cisternas com capacidade entre 20.000 e 45.000 litros, utilizadas para armazenar água da chuva (Gnadlinger, 2011 *apud* Souza, 2018). Essas estruturas apresentam semelhanças com as cisternas calçadão, amplamente utilizadas em regiões semiáridas para captação e reserva de água.

Figura 7 – Chultun – Cisternas de armazenamento de água pluvial



Fonte: Gnadlinger (2011).

De acordo com Zanella e Alves (2021) no Brasil não existem registros de um uso intenso de água de chuva. Apesar das técnicas de coleta e aproveitamento da água de chuva serem conhecidas e dominadas pelos colonizadores portugueses que chegaram ao Brasil, as condições naturais favoráveis de hidrografia encontradas aqui, principalmente nas regiões litorâneas com abundante acesso à água superficial, fizeram com que a utilização de sistemas de aproveitamento de água de chuva fosse uma tecnologia adotada mais tardiamente no território nacional. O registro histórico mais antigo e documentado do aproveitamento de água de chuva em território brasileiro data de 1943, quando o exército dos Estados Unidos construiu o sistema de captação de água pluvial na ilha de Fernando de Noronha que até os dias de hoje é utilizada para abastecimento da população.

Para Fernandez *et al.* (2002), a captação de água da chuva também contribui para o uso racional da água, com consequente redução dos impactos gerados pelas precipitações pluviais, podendo, em regiões de menor impermeabilização dos solos, ser enquadrada como medida não estrutural de drenagem urbana.

Com a publicação da Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, ficou instituída a PNRH. Essa importante legislação representa um marco para a gestão sustentável dos recursos hídricos no Brasil, estabelecendo diretrizes e princípios fundamentais para o uso, conservação e preservação das águas no País. Um dos objetivos da PNRH, de acordo com o Art. 2º, § IV, é: **“incentivar e promover a captação, a preservação e o aproveitamento de águas pluviais”** (Brasil, 1997, grifo nosso), artigo incluído pela Lei nº 13.501, de 30 de outubro de 2017.

Nesse contexto, a Instrução Normativa nº 01/2010 do Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão reforça a necessidade de integrar soluções sustentáveis na concepção de

projetos de engenharia e arquitetura. A norma estabelece critérios para a redução do consumo de recursos naturais, priorizando alternativas que minimizem impactos ambientais e promovam a eficiência no uso da água. Entre essas diretrizes, destaca-se a implementação de sistemas de captação e aproveitamento de águas pluviais, conforme disposto no Art. 4º, inciso VII, que prevê a incorporação de elementos que possibilitem a captação, transporte, armazenamento e aproveitamento da água da chuva (Brasil, 2010). Além de reduzir a demanda por fontes hídricas convencionais, essa medida contribui diretamente para a gestão ambiental ao otimizar o uso dos recursos naturais, minimizar o desperdício e diminuir a sobrecarga sobre os sistemas de drenagem urbana.

Ao longo do tempo, os sistemas de abastecimento de água fundamentaram-se em sistemas centralizados, nos quais a água é retirada de reservatórios, submetida a processos de tratamento e posteriormente distribuída em grande escala. Entretanto, os custos inerentes a esse modelo são vultosos e, muitas vezes não garantem o abastecimento adequado da população. Segundo Gnadlinger (2015), a técnica de captação de água de chuva abrange diversos projetos pequenos em nível local, em vez de um grande e distante. Com isso consegue-se envolver muitos agentes e consumidores (*stakeholders*), diminuindo a responsabilidade dos atuais fornecedores públicos de água.

Há vários aspectos que viabilizam o uso de sistemas de aproveitamento de águas pluviais, pois estes possibilitam a diminuição da demanda por água às concessionárias de abastecimento, reduzindo assim seus custos, bem como minimização dos riscos ou efeito das enchentes em áreas urbanas (May, 2004 *apud* Silva, 2022b).

Além disso, quando implementada em larga escala, a captação de água de chuva pode contribuir para complementar o abastecimento existente, oferecendo uma solução de baixo custo e de fácil aplicação, especialmente em contextos urbanos (Gnadlinger, 2011).

Segundo a NBR 15527 - Aproveitamento de água de chuva de coberturas para fins não potáveis – Requisitos (ABNT, 2019a), os usos recomendados para as águas coletadas a partir de coberturas e telhados, onde não ocorra atividade humana frequente, são: descarga de bacias sanitárias e mictórios, lavagem de veículos e pisos, reserva técnica de incêndio, uso ornamental e irrigação para fins paisagísticos.

Portanto, realizar as adaptações necessárias para economizar água em uma edificação, geralmente, não é um processo complexo, uma vez que a grande maioria das edificações já possuem um sistema de coleta das águas pluviais, na forma de calhas e condutores.

3.3 SISTEMAS DE CAPTAÇÃO E APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS

Para a implementação de um sistema de aproveitamento de águas pluviais como fonte complementar no abastecimento, é essencial compreender inicialmente a crescente importância da captação direta das águas pluviais. Essas devem ser integradas à gestão dos recursos hídricos, seguindo uma abordagem semelhante à aplicada às águas superficiais e subterrâneas.

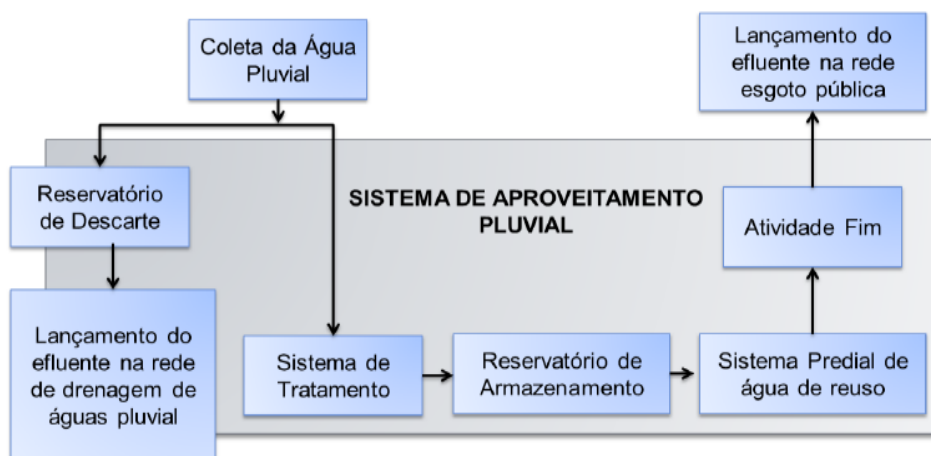
Os sistemas de captação e aproveitamento de água da chuva têm como objetivo principal coletar a água pluvial proveniente das precipitações sobre uma superfície, como um telhado, e conduzi-la até um reservatório. Nesse reservatório, a água da chuva é armazenada até que seja utilizada (Marchesan, 2022). Ainda

De acordo com Marchesan, (2022) os principais elementos, geralmente, encontrados em sistemas de aproveitamento de água de chuva são:

- Área de captação;
- Calhas e condutores verticais e horizontais;
- Dispositivos de desvio de água dos primeiros escoamentos
- Dispositivos de descarte de sólidos (filtragem);
- Reservatórios de armazenamento.

A Figura 8, apresenta os componentes que formam um sistema de captação de água de chuva, esquematizada através de um fluxograma, para melhor visualização.

Figura 8 – Fluxograma de um sistema de captação pluvial



Fonte: ANA (2005).

3.3.1 Área de captação

É a “área projetada na horizontal à da superfície impermeável da cobertura onde a água é captada” (ABNT, 2019, p. 2). Segundo Andrade *et al.* (2010) e Lisboa (2011) as coberturas e telhados das edificações são as áreas de captação, considerando serem áreas não destinadas a circulação de pessoas e animais, evitando possíveis contaminações ao sistema. Outro fator considerado é que as coberturas possuem nível superior aos dos reservatórios de armazenamento o que possibilita que sua alimentação seja feita por gravidade, sem que haja necessidade de consumo de energia elétrica.

As coberturas devem ser compostas por materiais que não apresentem toxicidade e substâncias que possam comprometer a qualidade da água, causando efeitos nocivos à saúde ou ao meio ambiente.

É importante salientar que a cobertura, que é utilizada como área de captação, deverá ser mantida sempre limpa, pois cumpre uma função além da que geralmente é requerida, a de coleta de águas pluviais (Lamberts *et al.*, 2010; Vieira, 2023).

Nem toda a água precipitada sobre a área de captação é aproveitada. Isso se dá por conta do coeficiente de escoamento superficial ou coeficiente de runoff que é definido como a relação entre o volume de água que escoam superficialmente e o volume total de água precipitada. Em outras palavras, esse coeficiente quantifica a capacidade de absorção da água pela superfície onde ocorre a precipitação, indicando a porcentagem do volume total precipitado que será efetivamente escoado.

A Tabela 1 apresenta valores de coeficiente de escoamento superficial (runoff) de coberturas com diferentes materiais.

Tabela 1 – Coeficiente de escoamento superficial (runoff)

Material do Telhado	Coeficiente de runoff
Telhas cerâmicas	0,80 a 0,90
Telhas esmaltadas	0,90 a 0,95
Telhas corrugadas de metal	0,80 a 0,90
Cimento amianto (Fibrocimento)	0,80 a 0,90
Plástico, PVC	0,90 a 0,95

Fonte: Adaptado de Tomaz (2011).

3.3.2 Calhas e condutores

As calhas são responsáveis pela coleta, no perímetro dos telhados e coberturas, e condução, das águas oriundas das áreas de captação. Geralmente apresentam seções em forma de U, V, semicircular, quadrada e retangular. Quanto aos materiais, as calhas devem ser construídas por materiais resistentes à corrosão, ter longa durabilidade e possuir textura lisa, podendo ser em PVC, chapas galvanizadas, alumínio e concreto (Lamberts *et al.*, 2010; Vieira, 2023).

Os condutores são tubulações, verticais e horizontais, e conexões responsáveis pela condução e transporte das águas captadas até os reservatórios de armazenamento. Geralmente são de PVC, por ter baixo custo serem leves e resistentes à corrosão, mas também podem ser em ferro fundido, aço galvanizado, ou fibra de vidro.

É importante destacar que as calhas devem ser sempre dimensionadas de acordo com o estabelecido na NBR 10844, seguindo a Equação de Manning-Strickler, indicada abaixo, para que não ocorra um subdimensionamento do sistema e, conseqüentemente, uma redução significativa na eficiência de coleta.

Equação de Manning-Strickler:

$$Q = K * \frac{S}{n} * \sqrt[3]{Rh^2} * \sqrt{i}$$

Onde:

Q = Vazão de projeto, em L/min;

S = área da seção molhada, em m²;

n = coeficiente de rugosidade, conforme Tabela 2;

Rh = raio hidráulico, em m, que é igual a S/P;

P = perímetro molhado, em m;

i = declividade da calha, em m/m;

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

A vazão de projeto pode ser calculada pela fórmula a seguir:

$$Q = \frac{I * A}{60}$$

Onde:

Q = Vazão de projeto, em L/min;

I = intensidade pluviométrica, em mm/h;

A = área de contribuição, em m².

A Tabela 2 apresenta coeficientes de rugosidade dos materiais normalmente utilizados na produção de calhas.

Tabela 2 – Coeficientes de rugosidade (n)

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

Fonte: ABNT NBR 10844 (1989).

3.3.3 Dispositivos de desvio de água dos primeiros escoamentos

Lamberts *et al.* (2010), Almeida (2016) e Silva (2022b) relatam que nas primeiras precipitações, principalmente após um período longo de estiagem, a qualidade da água não é boa devido aos contaminantes presentes na atmosfera. Além disso, a poeira e fuligem que se acumulam nos telhados, utilizados como áreas de captação, também influenciam na qualidade desta água. Portanto, a água da chuva referente aos primeiros escoamentos deve ser desviada e não armazenada no reservatório de água pluvial.

A NBR 15527 (2019a, p. 5) recomenda que “para a melhoria da qualidade da água e diminuição dos sólidos suspensos e dissolvidos recomenda-se instalar no sistema um dispositivo para o descarte da água de escoamento inicial. É recomendado que este dispositivo seja automático”.

Com o acúmulo da precipitação, sobre as áreas de captação, a qualidade das águas tende a melhorar. Dessa forma, é necessário instalar dispositivos que redirecionem os primeiros milímetros de chuva para a rede de coleta de águas pluviais.

O dispositivo de desvio dos primeiros escoamentos e promovem a retenção temporária com posterior descarte da água coletada na fase inicial da precipitação. Estes dispositivos pode ser, tonéis, reservatórios de autolimpeza com torneira boia, dispositivos automáticos,

dentre outros. Recomenda-se o descarte de 2 mm da precipitação inicial (ABNT, 2019a), que equivalem a 2 litros por m² de área de projeção horizontal da superfície de captação pluvial.

3.3.4 Dispositivos de descarte de sólidos (filtragem)

Estes dispositivos têm por objetivo a retenção dos detritos que possam ser carreados, pela água pluvial, das áreas de captação e calhas evitando que cheguem até os reservatórios de armazenamento.

De acordo com a NBR 15527 (ABNT, 2019a), objetivando evitar o comprometimento da qualidade da água armazenada no reservatório de água pluvial, é recomendada a instalação de dispositivos, como grades e telas, para efetuar a remoção de sólidos indesejáveis, tais como detritos, folhas, insetos, entre outros elementos que precisam ser retidos ou desviados, estes dispositivos são os filtros que barram a passagem de detritos, conforme Figura 9.

Figura 9 – Exemplo de filtro (VF1) para águas pluviais



Fonte: Eco Sustentável (2023).

3.3.5 Reservatórios de armazenamento

Os reservatórios têm a função de armazenar a água captada e transportada pelos dispositivos mencionados anteriormente. Podem ser construídos com diversos materiais, como concreto armado, fibra de vidro, PVC e PEAD. No mercado, os modelos mais comuns são os de PEAD e fibra de vidro, embora também sejam encontrados reservatórios de concreto armado. Esses reservatórios podem ser apoiados sobre o solo, semienterrados, totalmente enterrados (cisternas) ou elevados.

De acordo com Lamberts *et al.* (2010), Almeida (2016) e Souza (2018), o volume de água pluvial aproveitável depende da precipitação, da área de captação, do coeficiente de escoamento superficial da cobertura e da eficiência dos dispositivos de captação. Os autores destacam que a escolha do volume e do material do reservatório impacta diretamente a viabilidade econômico-financeira do projeto, visto que esse componente representa o maior investimento no sistema de aproveitamento de água pluvial. Além de representar um dos maiores custos do sistema, o reservatório desempenha um papel crucial na garantia da qualidade da água nos pontos de consumo. Por isso, seu dimensionamento deve considerar aspectos essenciais para a viabilidade e eficiência do sistema como um todo.

3.3.6 Reservatório de distribuição

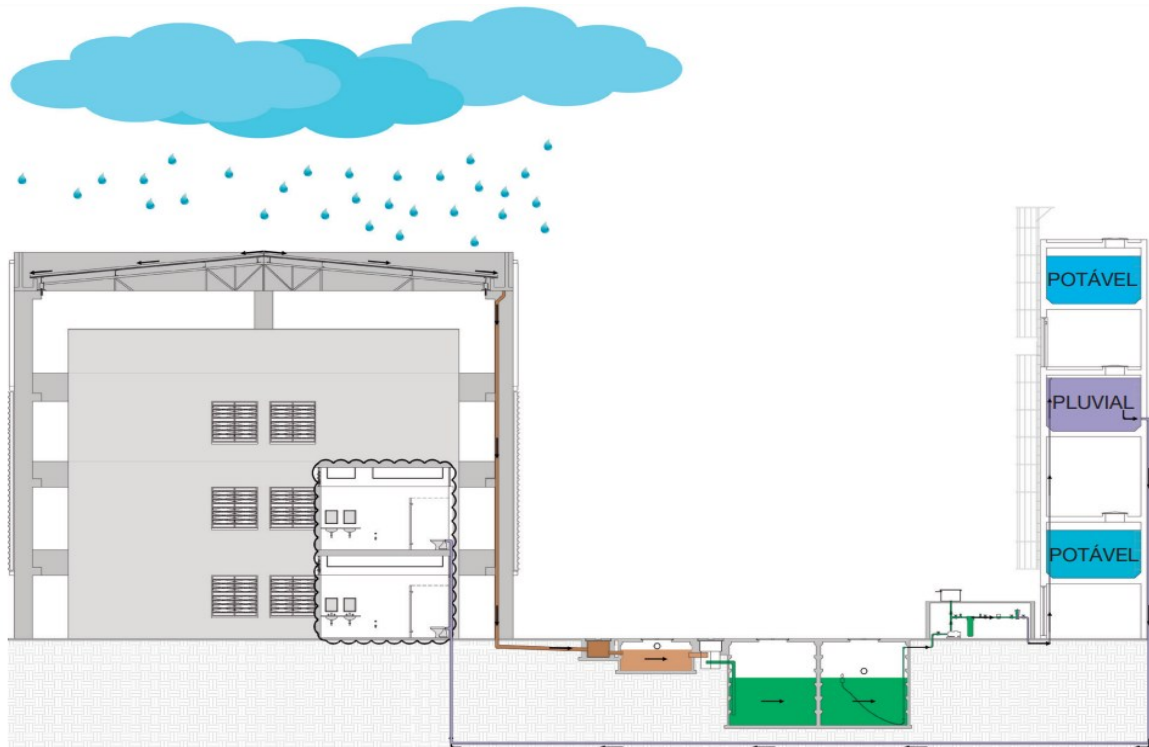
É o reservatório, que recebe a água do reservatório de armazenamento por meio de um sistema de bombeamento, com função de armazenar, no mínimo, um volume equivalente ao consumo diário de água não potável para distribuição por gravidade em diferentes pontos de consumo de uma edificação. Deve possuir características técnicas semelhantes aos reservatórios de armazenamento.

Geralmente ficam localizados acima das edificações ou em estruturas elevadas próprias para garantir o abastecimento por gravidade, evitando custos adicionais com sistemas de bombeamento e pressurização da rede de distribuição.

3.4 SISTEMA INTEGRADO DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS

Os sistemas de aproveitamento de águas pluviais integrados às edificações possibilitam a distribuição indireta de água para consumos não potáveis. Conforme Figura 10, a água da chuva é captada pela cobertura e conduzida através das calhas e condutores. Ela passa pelo dispositivo de descarte das águas iniciais e pelo filtro antes de chegar ao reservatório de armazenamento ou cisterna. Em seguida, a água é impulsionada deste reservatório, por meio de um sistema de bombeamento que realiza o recalque para o reservatório de distribuição. Este alimenta, por gravidade, os pontos de utilização de água não potável através de uma rede de distribuição independente, garantindo que não haja conexão cruzada com o sistema de água potável.

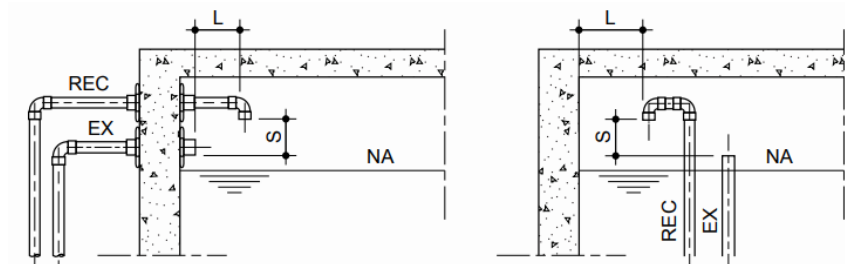
Figura 10 - Sistema integrado de aproveitamento de águas pluviais



Fonte: FDE (2015).

Quando não há água da chuva disponível, torna-se necessária a alimentação do reservatório de água pluvial com água potável para garantir o funcionamento do sistema. Essa alimentação deve ser realizada de modo a evitar a contaminação da rede de água potável. De acordo com a NBR 5626 (ABNT, 2020), a separação atmosférica no reservatório é o meio mais eficiente de prevenção ao refluxo como proteção da fonte de abastecimento de água potável, garantindo uma distância mínima de segurança entre ponto de alimentação, de água potável, e o nível de extravasão do reservatório, conforme Figura 11 e valores apresentados na Tabela 3.

Figura 11 - Separação atmosférica padronizada em reservatório superior



Fonte: ABNT NBR 5626 (2020).

Onde:

REC: recalque (alimentação potável do reservatório);

EX: extravasor;

S: separação atmosférica (conforme Tabela 3);

L: distância mínima entre o ponto alimentação e qualquer obstáculo periférico ($L \geq 3d$), onde d equivale ao diâmetro do tubo de alimentação;

NA: nível d'água (máximo).

Tabela 3 – Distância para separação atmosférica mínima

d (mm)	S (mm)
≤ 14	≥ 20
$14 < d \leq 21$	≥ 25
$21 < d \leq 41$	≥ 70
$d > 41$	$\geq 2d$

Fonte: ABNT NBR 5626 (2020).

Onde:

d: diâmetro interno do tubo de alimentação do reservatório;

S: separação atmosférica.

3.5 QUALIDADE DAS ÁGUAS PLUVIAIS

A água da chuva, inicialmente pura, tem o potencial de se contaminar durante seu embarque, transportando gases atmosféricos como dióxido de carbono (CO_2). Além disso, ao entrar em contato com superfícies de captação, pode haver mistura com impurezas. A qualidade da água da chuva varia devido a fatores, incluindo a localização geográfica da captação, a presença de vegetação (matéria orgânica), as condições meteorológicas (intensidade, duração, padrão de ventos) e a carga poluidora (Tomaz, 2011; Silva, 2022b).

Os diversos contaminantes oriundos de diferentes fontes podem alterar as propriedades físico-químicas da água de chuva armazenada e provocar risco de contaminação. Essa contaminação potencial pode resultar em água ácida, presença de metais pesados, microrganismos patogênicos ou substâncias químicas indesejáveis para a saúde. Portanto, é fundamental adotar sistemas de filtragem, tratamento e monitoramento adequados ao armazenar e utilizar água da chuva, garantindo assim sua qualidade e segurança para os diversos usos pretendidos.

De acordo com a NBR 15527 - Aproveitamento de água de chuva de coberturas para fins não potáveis – Requisitos (ABNT, 2019a), os parâmetros mínimos de qualidade para os usos não potáveis devem atender ao disposto na Tabela 4, a seguir:

Tabela 4 – Parâmetros mínimos de qualidade para uso não potável da água de chuva

Parâmetro	Valor
<i>Escherichia coli</i>	< 200 NMP / 100 mL
Turbidez	< 5,0 uT
pH	6,0 a 9,0
Cloro Residual Livre	Recomenda-se: 0,5 a 2,0 mg/L, máximo permitido 5,0 mg/L

Fonte: Adaptado de ABNT NBR 15527 (2019a).

Para comprovação do requisito da *Escherichia coli* (*E. coli*) é possível realizar análise de presença/ausência. Se esta indicar ausência na amostra, o requisito foi atendido.

Ainda segundo a NBR 15527 (ABNT, 2019a), para garantir a conformidade com os parâmetros de qualidade, mencionados na Tabela 4, as águas de chuva devem ser monitoradas por meio de análises laboratoriais com retirada de amostras coletadas na saída do reservatório de distribuição ou, na ausência deste, após o tratamento.

De acordo com Sant’ana e Medeiros (2017) e Silva (2022b) aspectos visuais e olfativos da água, como cor e cheiro, influenciam na aceitação do usuário, especialmente quando a fonte de abastecimento não é convencional. No entanto, uma água sem cor ou cheiro não indica necessariamente ausência de contaminantes uma vez que substâncias inorgânicas ou microrganismos podem estar presentes e só influenciarão essas características físicas após determinado tempo de retenção.

Para os usos não potáveis, as águas, podem apresentar um padrão de qualidade inferior aos exigidos para as águas de consumo humano visto que essa água não será ingerida. O risco de contato direto com a pele e mucosas só se torna significativo diante de situações de exposição e contato prolongado.

3.6 CUIDADOS COM OS SISTEMAS DE CAPTAÇÃO E ARMAZENAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS

Visando garantir a qualidade das águas pluviais recomenda-se que sejam tomadas medidas em relação a instalação e manutenção do sistema. A limpeza regular dos dispositivos

de coleta, como calhas e filtros, e a inspeção periódica dos reservatórios são etapas essenciais para garantir a qualidade e a segurança desse recurso.

A NBR 15527 (ABNT, 2019a) preconiza que as manutenções do sistema devem ser realizadas conforme Quadro 1, podendo ser levado em conta o regime pluviométrico para determinar as frequências de manutenção.

Quadro 1 – Frequência de manutenção dos componentes do sistema

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

Fonte: Adaptado de ABNT NBR 15527 (2019a).

A NBR 5626 (ABNT, 2020), que trata sobre sistemas prediais de água fria e quente, para uso potável é mais restritiva recomendando que a limpeza dos reservatórios deve ser realizada semestralmente, por um profissional capacitado, para garantir a preservação da qualidade da água.

3.7 DESINFECÇÃO DA ÁGUA PLUVIAL

De acordo com a Fundação Nacional de Saúde (FUNASA) a etapa de desinfecção, no tratamento da água, tem como principal função inativar os micro-organismos patogênicos, que são organismos (bactérias, vírus, fungos e protozoários) que podem provocar doenças aos seres humanos e animais por serem transportados pela água. Pelo seu tamanho, somente podem ser vistos ao microscópio (FUNASA, 2014).

O cloro, por seu poder desinfetante, é um produto eficaz na desinfecção da água, acessível e de baixo custo. No mundo vários sistemas de abastecimento de água utilizam o cloro ou produtos à base de cloro para a desinfecção da água, além de ter capacidade de

oxidar a matéria orgânica e inorgânica. O cloro também apresenta ação germicida de amplo alcance, contando com uma boa durabilidade na rede de distribuição. Sua capacidade residual permite uma fácil medição e monitoramento mesmo após o tratamento e distribuição da água nos pontos de consumo.

A Portaria GM/MS nº 888 de 4 de maio de 2021, do ministério da saúde, estabelece em seu Art. 32: “É obrigatória a manutenção de, no mínimo, 0,2 mg/L de cloro residual livre ou 2 mg/L de cloro residual combinado ou de 0,2 mg/L de dióxido de cloro em toda a extensão do sistema de distribuição (reservatório e rede) e nos pontos de consumo”. Com isso é possível, de forma simples, garantir a qualidade sanitária da água no ponto de consumo.

Existe vários equipamentos para dosagem do cloro. O dosador de cloro (Figura 12) é uma boa opção para realizar esta tarefa. Existem modelos que atuam de forma automática e outros em que é necessário regular manualmente a quantidade de cloro que seja injetada na rede de recalque.

Figura 12 – Dosador para cloro em pastilhas



Fonte: Sanear Brasil (2023).

Os cloradores são instalados após as bombas de recalque permitindo que a água que alimenta o reservatório superior chegue a este já com adição do cloro. É importante destacar que o cloro deve ser manuseado e dosado por pessoa capacitada que deverá registrar, em fichas de controle as dosagens aplicadas, bem como os resultados da água nos pontos de consumo para avaliar a eficiência do processo de desinfecção além de sanar eventuais dúvidas (FUNASA, 2014).

3.8 ÁGUA DA CHUVA E O ODS Nº 6 - ÁGUA POTÁVEL E SANEAMENTO

De acordo com a Agenda 2030 da ONU, na realização de um plano global constando de 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), conforme Figura 13, que tratam da melhoria qualidade de vida envolvendo dimensões sociais, econômicas e ambientais no meio ambiente. Dentre eles, o ODS nº 6 - Água Potável e Saneamento, especificamente, busca garantir a universalização do acesso à água e ao saneamento até 2030. Para que isso seja possível, entretanto, é preciso investir nas soluções adequadas de abastecimento, onde se enquadram algumas fontes alternativas de abastecimento de água. As principais fontes alternativas de água atualmente são: água de chuva, dessalinização da água do mar e água de reúso (ONU, 2022).

Figura 13 – Os 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável



Fonte: ONU (2022).

Segundo a ONU (2022), a meta 6.4, do ODS nº 6, visa assegurar retiradas sustentáveis de água doce dos mananciais disponíveis para enfrentar a escassez ao citar: “Até 2030, aumentar substancialmente a eficiência do uso da água em todos os setores e assegurar retiradas sustentáveis e o abastecimento de água doce para enfrentar a escassez de água, e reduzir substancialmente o número de pessoas que sofrem com a escassez de água”.

Outro ponto bastante relevante é quanto ao manejo de águas da chuva nas cidades, por ter grande impacto na proteção do meio ambiente e contribuir com a busca pela sustentabilidade.

4 METODOLOGIA

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

As instituições de ensino objetos desse estudo foram os *campi* do IFPE situados nas cidades de Jaboatão dos Guararapes, Pesqueira e Afogados da Ingazeira, conforme é apresentado na Figura 14. Esses *campi* foram selecionados como áreas de estudo por estarem distribuídos em três mesorregiões do estado de Pernambuco: a RMR, agreste e sertão, representando diferentes contextos socioambientais e climáticos.

Figura 14 – Localização dos *campi* Jaboatão dos Guararapes, Pesqueira e Afogados da Ingazeira



Fonte: Adaptado de Wikipédia (2024).

A partir dessa distribuição, é possível analisar as variações na disponibilidade hídrica e nos padrões de consumo de água entre os *campi*, considerando fatores como regime pluviométrico, temperatura média e acesso a recursos hídricos. O Campus Jaboatão dos Guararapes está inserido na RMR, onde a urbanização e a densidade populacional influenciam diretamente na gestão da água. Já o Campus Pesqueira, localizado no agreste pernambucano, enfrenta desafios característicos dessa região, como a irregularidade das chuvas e a dependência de reservatórios para abastecimento. O Campus Afogados da Ingazeira, situado no sertão, apresenta um cenário ainda mais crítico, com longos períodos de estiagem e maior vulnerabilidade hídrica.

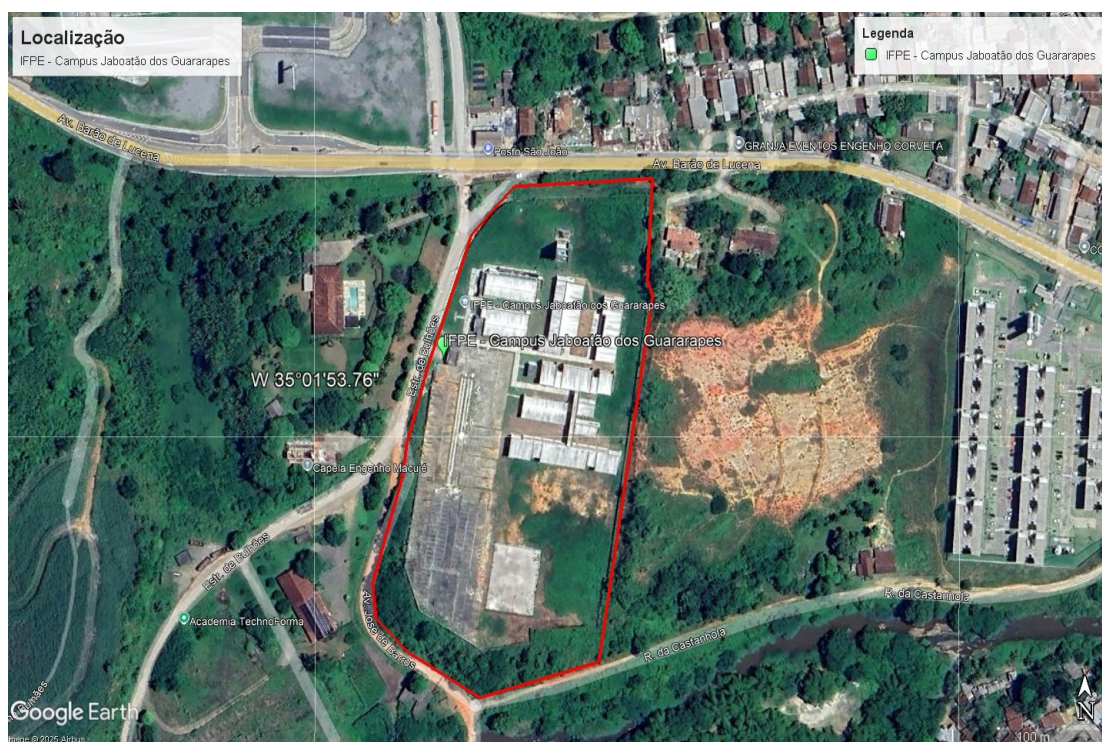
Dessa forma, a escolha desses três *campi* permite uma avaliação comparativa abrangente, contribuindo para a formulação de estratégias de gestão hídrica adaptadas às especificidades de cada região.

4.1.1 IFPE Campus Jaboatão dos Guararapes

O Campus Jaboatão dos Guararapes (JBG) do IFPE integra a terceira fase da expansão da Rede Federal de Educação Profissional e Tecnológica, conforme a Lei nº 11.195/2005, junto aos *campi* Abreu e Lima, Cabo de Santo Agostinho, Igarassu, Olinda, Palmares e Paulista. Atualmente, o Campus conta com 1.179 alunos matriculados presencialmente, distribuídos nas modalidades de cursos técnicos e superiores. O quadro de servidores é formado por 31 docentes e 42 técnicos administrativos em educação (TAE's) (IFPE, 2024). Assim, a população é de 1.252 pessoas.

O Campus JBG está localizado na Região Metropolitana do Recife (RMR), na Estrada de Bulhões, s/n, no bairro de Bulhões, em Jaboatão dos Guararapes, Pernambuco. Suas coordenadas são: latitude 8°06'50.3"S e longitude 35°01'51.3"W, conforme Figura 15. Está implantado em uma área de 3,8 ha, com 6.401,95 m² de área construída.

Figura 15 – Localização do IFPE Campus Jaboatão dos Guararapes



Fonte: Adaptado de Google Earth Pro (2024).

O Campus JBG possui um sistema de captação e aproveitamento de águas pluviais, utilizado exclusivamente para a irrigação das áreas verdes e para a lavagem de pisos externos. A captação das águas ocorre nos telhados dos blocos Administrativo, Auditório e Biblioteca,

que juntos possuem uma área total de captação de 2.243 m². O sistema é composto por dois reservatórios: um reservatório inferior com capacidade para 20 m³ e um reservatório superior com capacidade de armazenamento de 20,83 m³. A água captada é armazenada nesses reservatórios e distribuída para as torneiras instaladas nas dependências do Campus, garantindo a eficiência na utilização dos recursos hídricos.

4.1.2 IFPE Campus Pesqueira

O Campus Pesqueira (PES) do IFPE está localizado na região agreste de Pernambuco, na rodovia federal BR 232, km 214, a principal artéria rodoviária do estado. O Campus é o quinto mais antigo da Instituição, tendo completado 31 anos de fundação em 2024, considerando sua origem no antigo Centro Federal de Educação Tecnológica (CEFET-PE). Atualmente, o Campus PES conta com 1.581 alunos matriculados, distribuídos nas modalidades de cursos técnicos, superiores (bacharelado e licenciatura), pós-graduação e formação inicial e continuada. O quadro de servidores é composto por 92 docentes e 75 TAE's (IFPE, 2024). Logo, a população é de 1.751 pessoas.

O Campus PES está implantado em uma área de 7,23 ha, com 9.021,22 m² de área construída, sob as seguintes coordenadas: latitude 8°22'02.9"S e longitude 36°40'48.6"W, conforme Figura 16.

Figura 16 – Localização do IFPE Campus Pesqueira



Fonte: Adaptado de Google Earth Pro (2024).

4.1.3 IFPE Campus Afogados da Ingazeira

O Campus Afogados da Ingazeira (AFI) do IFPE está localizado na Rua Edson Barbosa de Araújo, s/n, bairro Manoela Valadares, na cidade de Afogados da Ingazeira, Pernambuco, integrando a região do Sertão do estado, sob as seguintes coordenadas: latitude $7^{\circ}45'50.0''S$ e longitude $37^{\circ}37'57.1''W$, conforme Figura 17. Está implantado em uma área de 20 ha, com 3.620,82 m² de área construída.

Figura 17 - Localização do IFPE Campus Afogados da Ingazeira



Fonte: Adaptado de Google Earth Pro (2024).

Inaugurado em 2010, o Campus AFI faz parte da segunda fase de expansão da Rede Federal de Educação Profissional e Tecnológica. O Campus conta atualmente com 1.008 alunos matriculados presencialmente, distribuídos nas modalidades de ensino médio, educação de jovens e adultos, cursos técnicos, superiores e de especialização. O quadro de servidores é composto por 51 docentes e 41 TAE's (IFPE, 2024), totalizando uma população de 1.100 pessoas.

4.2 QUANTIFICAÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA NOS *CAMPI*

Devido à diferença na disponibilidade de dados de consumo medido entre os *campi*, foram empregadas metodologias distintas para a quantificação da demanda hídrica. Para o Campus Afogados da Ingazeira, onde há ligação ativa com a rede da COMPESA o histórico de consumo registrado por hidrômetro, a quantificação baseou-se na análise das faturas mensais. Para os *campi* Jaboatão dos Guararapes e Pesqueira, que não possuem hidrômetros da concessionária e são abastecidos por poços, o consumo foi estimado indiretamente, a partir do levantamento dos dispositivos sanitários, realizado por meio de visitas técnicas, na sua frequência de uso e nos parâmetros estabelecidos pelas normas técnicas aplicáveis. A partir das respostas obtidas nos "formulários Google", foram estabelecidas as frequências médias diárias de utilização de vasos sanitários, mictórios e torneiras, bem como o tempo médio de acionamento desses dispositivos. Complementarmente, os projetos arquitetônicos dos *campi* foram analisados para quantificar as áreas destinadas à limpeza e irrigação.

4.2.1 Consumo dos dispositivos sanitários

Bacias sanitárias

Para o cálculo do consumo de água através do uso de bacias sanitárias com caixa de descarga acoplada, de volume fixo, utilizou-se a Equação 1 adaptada abaixo (Souza, 2018; Silva *et al.*, 2021):

$$C = f * V \tag{1}$$

Onde:

C = é o consumo de água por usuário para cada aparelho, em litros por dia (L/dia);

f = é a frequência média de utilização para cada aparelho, em vezes por dia;

V = é o volume de água armazenado na caixa de descarga, em litros (L).

De acordo com a NBR 16727-1 (ABNT, 2019b), a vazão nominal de descarga das bacias sanitárias é de 6,0 LPF (litros por fluxo). Nos *campi* JBG, PES e AFI, são utilizadas bacias sanitárias com caixas acopladas e duplo acionamento, que permitem o consumo de 3 L por descarga para resíduos líquidos ou 6 L para resíduos sólidos. Para a estimativa de demanda de água nos sanitários, foi adotado um volume de 6 L por descarga como referência.

Torneiras e mictórios

Para o cálculo do consumo estimado de água com o uso de torneiras de lavatórios com fechamento automático e mictórios utilizou-se a Equação 2, apresentada abaixo:

$$C = f * t * Q \quad (2)$$

Onde:

C = é o consumo de água por usuário para cada aparelho, em litros por dia (L/dia);

f = é a frequência média de utilização para cada aparelho, em vezes por dia;

t = é o tempo médio de cada utilização, em segundos (s);

Q = é a vazão do dispositivo, em litros por segundo (L/s).

Nos *campi* JBG, PES e AFI, são utilizadas torneiras com fechamento automático e mictórios equipados com válvulas de descarga. De acordo com a NBR 5626 (ABNT, 2020), a vazão de projeto para as torneiras e mictórios com registro de pressão ou válvula de descarga é de 0,15 L/s para cada um, sendo este valor adotado como referência nos cálculos.

Limpeza de pisos e pátios externos

Para estimar o consumo de água utilizado na limpeza de pisos e pátios externos, Tomaz (2010, *apud* Franqueto; Franqueto, 2023) sugere um parâmetro de 2,0 L/m²/dia, considerando uma frequência de limpeza de uma vez por semana assim, adotamos a Equação 3 para cálculo da demanda hídrica para a limpeza de pisos e pátios externos.

$$C = 2,0L/m^2 * 1/semana * A \quad (3)$$

Onde:

C = é o consumo de água para limpeza, em litros por semana (L/semana);

A = é área de pisos e pátio externos, em metros quadrados (m²).

Essa abordagem possibilitou quantificar a demanda não potável associada à manutenção das áreas externas.

Irrigação de jardins e áreas verdes

Para estimar a demanda hídrica destinada à irrigação de jardins e áreas verdes nos *campi* analisados, adotou-se o parâmetro de referência sugerido por Tomaz (2010, *apud* Franqueto; Franqueto, 2023), que indica um consumo de 2,0 litros por metro quadrado por dia (2,0 L/m²/dia).

Com base nesse parâmetro, a Equação 4 foi aplicada para o cálculo da quantidade diária de água necessária para a irrigação.

$$C = 2,0L/m^2 * d * A \quad (4)$$

Onde:

C = é o consumo de água para rega de jardins, em litros por dia (L/dia);

d = é a quantidade de dias em que a rega ocorre;

A = é área de pisos e pátio externos, em metros quadrados (m²).

Essa metodologia permitiu determinar o volume total de água requerido para manutenção das áreas verdes.

4.2.2 Indicador de consumo

Para estimar a eficiência do uso da água nas edificações analisadas, foi utilizado o Índice de Consumo (IC), expresso em litros por usuário por dia (L/usuário/dia). Esse indicador é amplamente utilizado em diagnósticos de consumo hídrico, tanto para estimativas preliminares em novas construções quanto para a avaliação da viabilidade de medidas de uso racional da água em edificações existentes (Gonçalves *et al.*, 2006; Schutt, 2022).

O cálculo do IC foi realizado a partir da razão entre o volume total de água consumida e o número de usuários no mesmo intervalo de tempo, conforme expressa a Equação 5:

$$IC = \frac{\text{consumo de água do período}}{\text{quantidade de agentes consumidores} \times \text{período de atividades}} \quad (5)$$

De acordo com a NBR 16782 (ABNT, 2019c), para edifícios que interrompem suas atividades nos finais de semana, feriados e períodos de férias, como os escolares, o período considerado no cálculo do IC deve corresponder ao tempo efetivo de uso.

Esse procedimento permitiu quantificar o consumo per capita e comparar os valores obtidos com referências normativas e estudos similares, contribuindo para a análise do desempenho hídrico das edificações.

4.3 CARACTERIZAR OS USOS NÃO POTÁVEIS DA ÁGUA NOS *CAMPI*

A caracterização dos usos não potáveis da água nos *campi* do IFPE envolveu a identificação e a quantificação das atividades que não exigem água potável. Inicialmente, procedeu-se ao levantamento de dados gerais dos *campi*, como o número de usuários (alunos, docentes, técnicos administrativos em educação – TAE's), turnos de funcionamento e a distribuição dos espaços físicos. Para estimar os usos finais da água e determinar o potencial de economia hídrica, foi realizado um levantamento dos hábitos de consumo de água dos usuários por meio de questionários aplicados via "formulários Google". Visitas técnicas foram conduzidas para identificar e quantificar os aparelhos sanitários existentes em cada unidade. As áreas destinadas à lavagem de pisos e irrigação de jardins e áreas verdes também foram quantificadas a partir da análise dos projetos arquitetônicos dos *campi*. Com base nesses dados, foi possível estimar as demandas potáveis e não potáveis de água em cada Campus.

4.4 AVALIAÇÃO DO BALANÇO HÍDRICO DE ÁGUA PLUVIAL

Para avaliar o balanço hídrico nos *campi* do IFPE, comparando a demanda por água não potável com a oferta proveniente da captação de água pluvial, realizada por meio da análise do regime pluviométrico local e a estimativa do potencial de captação de água da chuva nas áreas dos *campi*. Para isso, foram coletados os dados de precipitação pluviométrica diária referentes aos municípios de Jaboatão dos Guararapes, Pesqueira e Afogados da Ingazeira no portal da Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC), considerando um período de 10 anos (janeiro de 2015 a dezembro de 2024). A partir desses dados, foi possível analisar a distribuição mensal e o acumulado anual das precipitações em cada uma das localidades.

A superfícies dos telhados das edificações de cada Campus foram consideradas como áreas de captação para a água de chuva. Essas áreas foram determinadas com base nos projetos arquitetônicos das unidades, possibilitando a quantificação do potencial de contribuição pluvial.

O volume mensal aproveitável de água de chuva (V_{disp}) foi estimado para cada Campus utilizando a Equação 6.

$$V_{disp} = P \cdot A \cdot C \cdot \eta \quad (6)$$

Onde:

V_{disp} : é o volume mensal aproveitável de água de chuva (L);

P: é a precipitação média mensal (mm);

A: é a área de captação (m^2);

C: é o coeficiente de escoamento superficial da cobertura (runoff);

η : é a eficiência do sistema de captação, levando em conta o dispositivo de descarte de sólidos e desvio de escoamento inicial, caso este último seja utilizado. Esses dados podem ser fornecidos pelo fabricante ou estimados pelo projetista. Na falta de dados, recomenda-se o fator de captação de 0,85.

O balanço hídrico foi avaliado confrontando a demanda média mensal de água não potável com o volume aproveitável estimado fornecendo um panorama geral da relação demanda-oferta.

4.5 ANÁLISE DO SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS DO CAMPUS JABOATÃO DOS GUARARAPES

Dentre os três *campi* estudados o Campus JBG é o único que conta com um sistema implantado de captação e aproveitamento de águas pluviais, utilizado principalmente para irrigação de áreas verdes e limpeza de pisos. Esse sistema é composto por calhas de piso e condutores que direcionam a água da chuva captada das coberturas dos blocos para reservatórios de armazenamento.

Com o objetivo de avaliar a eficiência do sistema atual e projetar possibilidades de expansão que permitam o atendimento de uma parcela maior das demandas por água não potável. Para isso, foi utilizado o software Netuno 4, ferramenta computacional desenvolvida pelo Laboratório de Eficiência Energética em Edificações da Universidade Federal de Santa Catarina (LabEEE - UFSC) por Ghisi e Cordova (2014). O Netuno 4 permite simular o comportamento do sistema de captação e armazenamento ao longo do tempo (baseado nos dados diários de chuva e demanda), identificando o volume de reservatório que maximiza o

aproveitamento da água pluvial para a demanda não potável. Este volume ideal, sugerido pelo software, foi então verificado em relação aos volumes mínimos de armazenamento exigidos pelas normas brasileiras (NBR 15527 para usos não potáveis e NBR 5626 para segurança e reserva técnica), garantindo que o dimensionamento atenda tanto à otimização do recurso quanto aos requisitos de segurança e disponibilidade.

Simulações foram conduzidas para avaliar o desempenho do sistema em diferentes cenários: um cenário base considerando a manutenção da demanda atual atendida (irrigação e limpeza de pisos) e cenários de expansão do sistema que visavam atender a um percentual maior da demanda não potável. Simulações adicionais exploraram o impacto do aumento da capacidade de armazenamento inferior. O software Netuno 4 permitiu quantificar o potencial de aproveitamento médio anual da água pluvial e a cobertura da demanda em cada cenário analisado.

4.5.1 Software Netuno 4

É um programa computacional que permite estimar o potencial de economia de água potável em função da capacidade de armazenamento de água pluvial. Com esse recurso, é possível avaliar a economia gerada por diversos volumes de reservatório e identificar o volume que oferece o maior percentual de economia com o menor custo (Ghisi *et al.*, 2010 *apud* Cardoso, 2018).

Na simulação realizada no Netuno 4, considera-se a perda por evaporação por meio do coeficiente de aproveitamento (coeficiente de runoff), além do descarte do escoamento inicial, recomendado por norma como 2 mm da precipitação inicial (ABNT, 2019a). Com o volume inicial do reservatório definido, realiza-se a análise entre consumo e demanda. Se a demanda de água pluvial for inferior ao volume captado, ela é atendida integralmente, com o excedente sendo descartado. Caso a demanda seja superior ao volume coletado, o atendimento é parcial, sendo complementado pelo fornecimento de água potável pela concessionária (Ghisi; Cordova, 2014).

Segundo Ghisi e Cordova (2014), a metodologia do programa Netuno 4 é fundamentada em dados históricos e comportamentais de consumo e precipitação, permitindo realizar simulações precisas para o dimensionamento de reservatórios de água pluvial. Para utilizar o *software*, os seguintes dados de entrada devem ser fornecidos:

- Precipitação pluviométrica diária;
- Área de captação;

- Demanda diária de água potável per capita ou demanda mensal, em litros;
- Número de usuários da edificação;
- Percentagem de água potável que pode ser substituída por pluvial;
- Descarte de escoamento inicial;
- Coeficiente de escoamento superficial (coeficiente de runoff).

O Netuno 4 realiza os cálculos de forma diária, levando em conta tanto a demanda total de água, para usos potáveis e não potáveis, quanto a disponibilidade da água pluvial, a fim de dimensionar adequadamente os reservatórios necessários para o aproveitamento da água da chuva.

4.6 ESTIMATIVA DO POTENCIAL DE REDUÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA POTÁVEL, DIANTE DA IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS, PARA COMPLEMENTAÇÃO HÍDRICA

A estimativa do potencial de redução no consumo de água potável foi realizada simulando a operação dos sistemas de captação de águas pluviais. Para tanto, também se utilizou o software Netuno 4. O software foi alimentado com as informações de precipitação diária, demanda de água não potável e área de captação disponível em cada Campus. Com esses dados, foram realizadas simulações para diferentes capacidades de reservatórios, buscando estimar o percentual da demanda que poderia ser atendido com o uso da água pluvial.

No Campus JBG, as simulações consideraram a expansão do sistema de captação existente. Para os *campi* PES e AFI, os cenários simulados consideraram a implantação de sistemas, de forma a avaliar diferentes configurações de volume de reservação e sua eficácia.

A estimativa da economia de água potável foi realizada por meio da comparação entre o volume de água de chuva substituído e a demanda total por água não potável. A redução percentual do consumo de água potável foi calculada por meio da Equação 7.

$$\text{Redução (\%)} = \left(\frac{\text{Volume substituído}}{\text{Consumo total de água potável}} \right) \times 100 \quad (7)$$

4.7 VERIFICAÇÃO DA VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DE IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE CAPTAÇÃO E USO DE ÁGUAS PLUVIAIS NOS *CAMPI* PESQUEIRA E AFOGADOS DA INGAZEIRA

A verificação da viabilidade técnica e econômica para implantação de sistemas de captação e aproveitamento de águas pluviais nos *campi* PES e AFI foi conduzida com base em duas frentes metodológicas: o dimensionamento técnico dos reservatórios e a avaliação econômica do investimento.

A escolha desses dois *campi* se deu justamente pelo fato de não possuírem, sistemas implantados de captação e aproveitamento de águas pluviais, sendo importante essa verificação para verificação da análise de viabilidade visando à redução do consumo de água potável e à promoção da sustentabilidade ambiental nas unidades.

O dimensionamento dos reservatórios (inferiores e superiores) foi realizado utilizando o software Netuno 4, que orientam o dimensionamento mínimo dos volumes de armazenamento e o uso adequado para fins não potáveis, buscando otimizar o volume necessário com base na demanda e oferta de água pluvial, e considerando as recomendações da NBR 15527 e NBR 5626 para o volume de armazenamento mínimo.

Para a análise econômica, foi realizado um levantamento quantitativo dos materiais e componentes necessários à implantação dos sistemas, considerando dimensões projetadas dos reservatórios, sistemas de bombeamento, calhas, tubulações e demais elementos. Os custos dos materiais e componentes foram determinados utilizando referências de planilhas de custos setoriais, adicionados de Benefícios e Despesas Indiretas (BDI).

A economia potencial com a redução no consumo de água potável foi calculada a partir da tarifa de fornecimento de água para o setor público praticada pela concessionária local, COMPESA. A comparação entre o investimento inicial e os fluxos de caixa anuais resultantes da economia gerada permitiu a realização da análise de retorno do investimento.

4.7.1 Análise do Retorno do Investimento

A análise do retorno do investimento (*payback* estático) foi utilizada para avaliar o tempo necessário para a recuperação do valor investido no sistema de aproveitamento de águas pluviais, considerando os fluxos de caixa anuais gerados pelas economias em custos com o consumo de água. Este método de análise permite estimar o período em que o

investimento inicial será completamente recuperado, sem considerar o valor do dinheiro no tempo.

Segundo Andrade (2024), o *payback* estático é um método amplamente utilizado em projetos de investimento por sua simplicidade, sendo útil para determinar o tempo necessário para a recuperação do capital investido por meio da comparação entre o valor do investimento inicial e os fluxos de caixa anuais gerados. Para calcular o *payback* estático, foi considerada a economia anual gerada com a redução no consumo de água potável, utilizando a Equação 8.

$$\text{Retorno do Investimento} = \frac{\text{Custo Inicial}}{\text{Economia Anual}} \quad (8)$$

4.8 ELABORAÇÃO DE CARTILHA TÉCNICA PARA APOIO À IMPLANTAÇÃO DE SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS E AUXÍLIO DIDÁTICO PARA ALUNOS DE FORMAÇÃO TÉCNICA

Para atender a este objetivo, foi desenvolvida uma cartilha técnica como produto educacional do mestrado profissional, com uma dupla função: auxiliar na implementação de sistemas de captação e aproveitamento de águas pluviais, fornecendo orientações práticas baseadas nas análises realizadas e servir como material de apoio educacional para o uso didático por alunos de formação técnica. A elaboração desta cartilha consolida o conhecimento técnico e as análises de viabilidade obtidas nas etapas anteriores da metodologia, transformando os resultados da pesquisa em um recurso acessível e aplicável para futuras implementações e atividades de ensino e aprendizagem nos *campi* do IFPE e em outras instituições. Foram consultadas publicações científicas, manuais técnicos, legislações e normas relevantes. O material final foi estruturado em formato digital.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 QUANTIFICAÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA NOS *CAMPI*

O consumo de água nos *campi* abrange o uso em bacias sanitárias, torneiras e mictórios, limpeza de pisos e pátios externos e na irrigação de jardins e áreas verdes. Para

estimar o consumo de água, em primeiro lugar são apresentados e discutidos os itens que viabilizam estimar consumo e depois são mostrados os resultados de consumo por unidade de ensino.

5.1.1 Levantamento dos dispositivos e áreas de consumo de água

Aparelhos Sanitários nos *campi*

Os levantamentos realizados possibilitaram identificar todos os dispositivos de consumo de água nos *campi*. As Tabelas 5, 6 e 7 apresentam, de forma detalhada, a quantidade de aparelhos sanitários em cada unidade.

Tabela 5 – Quantidade de aparelhos sanitários disponíveis - Campus Jaboatão dos Guararapes

Campus Jaboatão dos Guararapes			
Local	Aparelhos		
	Vasos sanitários	Lavatórios	Mictórios
Administrativo	20	14	6
Auditório	8	6	2
Banheiros	20	22	6
Biblioteca	3	3	-
Convívio	1	3	-
Guarita	1	1	-
Total	53	49	14

Fonte: o autor (2024).

Tabela 6 – Quantidade de aparelhos sanitários disponíveis - Campus Pesqueira

Campus Pesqueira			
Local	Aparelhos		
	Vasos sanitários	Lavatórios	Mictórios
Bloco A	6	4	2
Bloco B	6	4	2
Bloco C	6	4	2
Bloco D	6	4	2
Bloco E	8	6	2
Bloco F	5	5	2
Bloco Enfermagem	11	4	5
Cantina	1	3	-
Ginásio	11	13	2
Guaritas	2	2	-
Total	62	49	19

Fonte: o autor (2024).

Tabela 7 – Quantidade de aparelhos sanitários disponíveis - Campus Afogados da Ingazeira

Campus Afogados da Ingazeira			
Local	Aparelhos		
	Vasos sanitários	Lavatórios	Mictórios
Bloco A	11	12	5
Bloco B	11	12	5
Bloco C	4	4	-
Bloco E	11	12	5
Guarita	1	1	-
Total	38	41	15

Fonte: o autor (2024).

A partir dos dados apresentados, observa-se que há diferenças na quantidade de aparelhos sanitários disponíveis em cada unidade. O Campus PES possui a maior infraestrutura em número de aparelhos sanitários, com 62 vasos sanitários, 49 lavatórios e 19 mictórios. Em seguida, o Campus JBG conta com 53 vasos sanitários, 49 lavatórios e 14 mictórios, enquanto o Campus AFI apresenta 38 vasos sanitários, 41 lavatórios e 15 mictórios. Essa variação pode estar associada ao tamanho de cada unidade e à demanda de usuários. Com esses dados, torna-se possível planejar melhor o consumo de água e avaliar a viabilidade da captação de águas pluviais para reduzir o uso de água potável em cada Campus.

Frequência diária e tempo de uso dos aparelhos sanitários

Considerando as respostas obtidas a partir de “formulários Google”, foi possível determinar os números médios diários de utilizações dos aparelhos sanitários, além dos tempos médios de uso das torneiras. Conhecendo-se a frequência diária e o tempo médio de uso dos dispositivos, foram realizados os cálculos de consumo de cada equipamento.

A Tabela 8 apresenta a frequência média de uso diário dos aparelhos sanitários observada nesta pesquisa, discriminando separadamente os vasos sanitários e os mictórios.

Tabela 8 – Frequência média de uso de vasos sanitários e mictórios

Aparelho	Frequência (usos/dia/usuário)
Vaso sanitário	1,9
Mictório	1,4

Fonte: o autor (2024).

Com base nesses dados, realizou-se uma análise comparativa com as frequências de uso encontradas em outros estudos nacionais, conforme apresentado na Tabela 9. Essa comparação tem como objetivo verificar se os valores obtidos neste trabalho se alinham com os intervalos comumente observados na literatura técnica especializada.

Tabela 9 – Frequência de uso de aparelhos sanitários segundo diferentes autores

Referência	Frequência de uso (usos/dia/usuário)	
	Vasos sanitários	Mictórios
Buso Weiller; Dos Santos, 2020	1,3 a 2,85	-
Vieira et al., 2018	1,98 a 3,25	-
Marinoski; Ghisi, 2017	2,53 a 3,05	1,90
Lopes, 2016	2 a 3	-
Kammers, Ghisi, 2016	1,8 a 3,56	1 a 4
Nascimento; Sant'ana 2014	2,65 a 3,9	2,50
Tomaz, 2011	3,00	-

Fonte: Adaptado de Buso Weiller; Dos Santos (2020), Vieira *et al.* (2018), Marinoski; Ghisi (2017), Lopes (2016), Kammers; Ghisi (2016), Nascimento; Sant'Ana (2014), Tomaz (2011).

Ao analisar a Tabela 9, observa-se que a frequência de 2,5 usos/dia/usuário para vasos sanitários encontrada nesta pesquisa se encontra dentro dos intervalos apontados por diversos autores. Por exemplo, Buso Weiller e Dos Santos (2020) indicam variação de 1,3 a 2,85; Lopes (2016), entre 2 e 3; e Kammers e Ghisi (2016), entre 1,8 e 3,56 usos/dia. Os estudos de Marinoski e Ghisi (2017), Nascimento e Sant'Ana (2014) e Tomaz (2011) também apresentam médias que se situam próximas ou acima dos valores verificados neste estudo, o que demonstra consistência com os dados da literatura nacional.

No caso dos mictórios, a frequência de 1,4 usos/dia/usuário também está dentro da faixa referida por outros autores, embora abaixo das médias encontradas por Marinoski e Ghisi (2017), que apontam 1,90 usos/dia, e Nascimento e Sant'Ana (2014), com 2,50. No entanto, os valores estão contemplados na ampla faixa reportada por Kammers e Ghisi (2016), que varia entre 1 a 4 usos/dia. Essa variação pode estar relacionada a características específicas da edificação estudada, ao perfil dos usuários, ou à disponibilidade e distribuição dos equipamentos sanitários.

Dessa forma, os resultados obtidos mostram-se coerentes com estudos anteriores e servem como base confiável para estimativas de consumo hídrico e propostas de aproveitamento de águas pluviais em instituições de ensino com características similares.

A Tabela 10 apresenta o tempo médio de acionamento das torneiras e válvulas de descargas observadas nesta pesquisa.

Tabela 10 – Tempo médio de acionamento das torneiras e válvulas de mictórios

Tempo médio de uso de aparelhos sanitários	
Aparelho	Tempo médio (s)
Lavatórios (torneiras)	10,7
Mictórios (descarga)	6,0

Fonte: o autor (2024).

Com o intuito de verificar a coerência dos dados obtidos nesta pesquisa, realizou-se uma comparação com valores encontrados na literatura técnica nacional, conforme disposto na Tabela 11. Essa comparação permite avaliar se os tempos médios de uso observados seguem as tendências já identificadas por outros estudos em edificações similares.

Tabela 11 – Tempo de uso de aparelhos sanitários segundo diferentes autores

Referência	Tempo de Uso (segundos)	
	Lavatórios (torneiras)	Mictórios (descarga)
Buso Weiller; Dos Santos, 2020	4,8 a 9,8	-
Marinoski; Ghisi, 2017	10,26	7,26
Kammers, Ghisi, 2016	5,9 a 29,4	-
Nascimento; Sant'ana 2014	14,10	-

Fonte: Adaptado de Buso Weiller; Dos Santos (2020), Marinoski; Ghisi (2017), Kammers; Ghisi (2016), Nascimento; Sant'Ana (2014).

A partir da análise comparativa apresentada na Tabela 10, observa-se que o tempo médio de uso das torneiras (10,7 segundos) encontrado nesta pesquisa está bastante próximo do valor observado por Marinoski e Ghisi (2017), que relataram 10,26 segundos. Também se situa dentro do intervalo citado por Kammers e Ghisi (2016) (5,9 a 29,4 s) e ligeiramente acima dos limites indicados por Buso Weiller e Dos Santos (2020) (4,8 a 9,8 s). Por sua vez, é inferior ao valor apontado por Nascimento e Sant'Ana (2014), de 14,10 s. Dessa forma, pode-se afirmar que o tempo de uso medido nesta pesquisa encontra-se compatível com os valores encontrados na literatura especializada.

Quanto ao tempo de acionamento da descarga dos mictórios, o valor de 6,0 segundos obtido nesta pesquisa é levemente inferior ao identificado por Marinowski e Ghisi (2017), que relataram média de 7,26 segundos. Apesar da diferença, os valores são próximos e podem ser justificados por variações nos modelos de válvulas, pressão de rede, ou hábitos dos usuários, não representando, portanto, uma discrepância significativa.

Esses resultados reforçam a confiabilidade dos dados obtidos por meio do levantamento aplicado, servindo como base para a estimativa do consumo de água e avaliação do potencial de uso de fontes alternativas, como a água pluvial, em edificações públicas de uso coletivo.

Áreas de irrigação e lavagem de pisos

Para quantificar o consumo de água destinado à irrigação e à lavagem de pisos nos *campi* estudados, foram analisados os projetos de cada unidade. A partir desses documentos, identificaram-se as áreas específicas onde essas atividades demandam uso de água. Os valores obtidos a partir dessa análise estão apresentados na Tabela 12, a seguir.

Tabela 12 – Distribuição de áreas para lavagem de pisos e irrigação

Áreas de lavagem de pisos e irrigação (m ²)		
	Pisos	Áreas verdes
CJBG	6.401,95	1.095,00
CPES	9.021,22	1.959,00
CAFI	3.620,82	358,00

Fonte: o autor (2024).

5.1.2 Demandas de água *campi* Jaboatão dos Guararapes e Pesqueira

A demanda de água dos *campi* JBG e PES foi calculada com base na análise dos dispositivos sanitários disponíveis, na frequência de uso pelos usuários e nos parâmetros estabelecidos pelas normas técnicas aplicáveis. Foram consideradas as seguintes categorias de consumo: bacias sanitárias, torneiras de lavatórios, mictórios, além da água utilizada para a limpeza de pisos e a irrigação de jardins e áreas verdes.

Para o cálculo do consumo das bacias sanitárias, considerou-se um consumo médio de 15 litros por usuário ao dia, conforme calculado na seção 4.2.1.1. A estimativa de consumo das torneiras instaladas nos lavatórios foi baseada na seção 4.2.1.2, que estabelece um

consumo médio de 6,26 L/dia. Para quantificar o consumo médio dos mictórios, utilizou-se o valor de 1,26 L/dia por usuário do sexo masculino.

O consumo de água para lavagem de pisos e irrigação de áreas verdes foi calculado com base nas Equações 3 e 4, respectivamente. Considerou-se que a lavagem dos pisos ocorre duas vezes por mês, enquanto a irrigação das áreas verdes é realizada duas vezes por semana, conforme informações fornecidas pelos usuários dos *campi*.

Com base nos dados apresentados, foi possível estimar a demanda diária de água dos *campi* JBG e PES, conforme detalhado a seguir nas Tabelas 13 e 14.

Tabela 13 – Demanda diária de água Campus Jaboatão dos Guararapes

Ponto de consumo	Volume (m ³)	%
Vaso sanitário	14,27	60%
Lavatórios (torneiras)	6,64	28%
Mictório	0,95	4%
Limpeza de pisos	0,85	4%
Irrigação de jardins	1,10	5%
TOTAL	23,81	100%

Fonte: o autor (2025).

Tabela 14 – Demanda diária de água Campus Pesqueira

Ponto de consumo	Volume (m ³)	%
Vaso sanitário	19,96	59,2%
Lavatórios (torneiras)	9,28	27,5%
Mictório	1,32	3,9%
Limpeza de pisos	1,20	3,6%
Irrigação de jardins	1,96	5,8%
TOTAL	33,72	100,0%

Fonte: o autor (2025).

O Campus JBG apresentou uma demanda diária de 23,81 m³/dia, enquanto o Campus PES registrou 33,72 m³/dia. O maior consumo no Campus PES pode estar associado à sua maior área construída e à infraestrutura ampliada de sanitários, em comparação com o Campus JBG. Analisando os pontos de consumo, observa-se que, em ambos os *campi*, os vasos sanitários representam a maior parcela do consumo de água, com 60% no Campus JBG (14,27 m³/dia) e 59,2% no Campus PES (19,96 m³/dia).

Para calcular a demanda mensal de água, a demanda diária foi multiplicada pelo número de dias de funcionamento, considerando 22 dias letivos por mês. Assim, os valores da demanda mensal podem ser consultados na Tabela 15.

Tabela 15 – Demanda mensal de água *campi* Jaboatão dos Guararapes e Pesqueira

Demanda mensal de água	
Campus	Volume mensal (m ³ /mês)
Jaboatão dos Guararapes	523,82
Pesqueira	741,90

Fonte: o autor (2025).

Com base nas Tabelas 13 e 14, que apresentam a demanda diária e mensal de água nos *campi* JBG e PES, respectivamente, foi possível realizar uma comparação com os percentuais de consumo por aparelho sanitário ou ponto de utilização, apresentados na Tabela 16, que sintetiza os dados de outros estudos sobre o consumo de água em edificações. Essa comparação permite verificar se os valores obtidos nesta pesquisa estão em consonância com os intervalos de consumo frequentemente observados na literatura especializada.

Ao analisar os percentuais de consumo de vasos sanitários entre os *campi* e os dados da literatura, percebe-se que os *campi* JBG e PES apresentam percentuais de 60% e 59,2%, respectivamente. Esses valores são próximos aos reportados por Santana e Sant'Ana (2023) e Buso Weiller e Dos Santos (2020), cujos percentuais variam entre 64,7% e 65,3%, enquanto Marinoski e Ghisi (2017) indicam 44%. A variação observada pode ser atribuída a diferenças no perfil de uso dos alunos e à quantidade de aparelhos sanitários disponíveis, além de outros fatores como a configuração das edificações. Contudo, os percentuais encontrados nos *campi* estão dentro dos parâmetros observados pela maioria dos autores, o que sugere que o uso de vasos sanitários segue uma tendência semelhante à verificada em outras instituições, corroborando a consistência dos resultados.

Em relação ao consumo de mictórios, os percentuais observados no Campus JBG (4,0%) e no Campus PES (3,9%) são inferiores aos encontrados na literatura, onde os valores variam entre 11,1% nos estudos de Santana e Sant'Ana (2023) e Marinoski e Ghisi (2017). Essa diferença pode ser explicada pelo fato de que o uso de mictórios é mais comum em edificações com uma maior proporção de usuários do sexo masculino ou em instalações com maior número de mictórios. Nos *campi* analisados, o número reduzido de aparelhos ou a

preferência dos usuários pelos vasos sanitários podem ter influenciado esses valores, resultando em uma proporção menor de consumo de água com os mictórios em comparação com os estudos revisados.

No que diz respeito ao consumo de água nas torneiras de lavatórios, os percentuais encontrados no Campus JBG (28%) e no Campus PES (27,5%) são consideravelmente mais elevados do que os reportados na literatura, onde Buso Weiller e Dos Santos (2020) indicam 11,2% e Marinoski e Ghisi (2017), 18,9%.

Quanto ao consumo de água para a limpeza de pisos, os percentuais observados nos *campi* (4,0% no Campus JBG e 3,6% no Campus PES) estão dentro dos intervalos reportados na literatura. Buso Weiller e Dos Santos (2020) relatam 4,7% e Marinoski e Ghisi (2017), 5,0%, enquanto Santana e Sant'Ana (2023) apontam 11,9%. Essa diferença pode ser justificada pela frequência de limpeza de pisos nos *campi*, que ocorre apenas duas vezes por mês, enquanto outros estudos consideram uma maior frequência de limpeza, o que leva a um consumo proporcionalmente mais alto.

Por fim, o consumo de água para irrigação de jardins nos *campi* apresenta percentuais de 5,0% no Campus JBG e 5,8% no Campus PES, valores significativamente mais elevados do que os encontrados na literatura, onde Santana e Sant'Ana (2023) e Marinoski e Ghisi (2017) relatam apenas 0,5%. Essa diferença pode ser explicada pela maior área verde nos *campi* e pela maior frequência de irrigação (duas vezes por semana), fatores que contribuem para um maior consumo de água em comparação com as instituições analisadas na literatura.

Em resumo, os resultados obtidos para os *campi* JBG e PES são consistentes com os valores reportados por outros estudos, embora apresentem algumas variações, principalmente devido às diferenças no perfil de uso, na infraestrutura disponível e na frequência de utilização dos dispositivos sanitários e de irrigação. Essas variações ressaltam a importância de realizar diagnósticos específicos para cada instituição, a fim de otimizar a gestão dos recursos hídricos e implementar medidas mais eficazes de uso sustentável da água.

Tabela 16 – Percentual consumido por aparelho sanitário ou ponto de utilização segundo a literatura

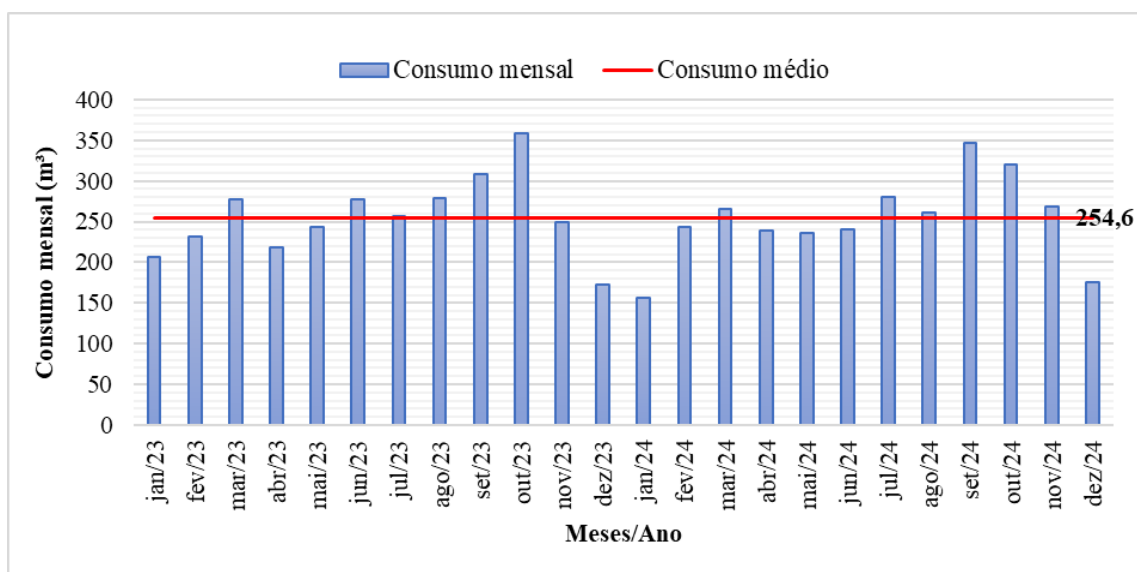
Referência	Vaso Sanitário	Mictório	Lavatórios (Torneiras)	Limpeza de pisos	Irrigação de jardins
Santana; Sant'Ana 2023	65,3%	11,1%	18,3%	11,9%	0,5%
Buso Weiller; Dos Santos, 2020	64,7%	-	11,2%	4,7%	-
Marinoski; Ghisi, 2017	44,0%	11,1%	18,9%	5,0%	0,5%

Fonte: Adaptado de Santana; Sant'Ana, 2023; Buso Weiller; Dos Santos, 2020; Marinoski; Ghisi, 2017.

5.1.3 Consumo Campus Afogados da Ingazeira

O Campus AFI é abastecido pela rede de água potável fornecida pela COMPESA, o que permitiu determinar seu consumo real. A Figura 18 apresenta o histórico do consumo mensal do Campus AFI no período de janeiro de 2023 a dezembro de 2024, evidenciou um consumo médio mensal de 254,6 m³.

Figura 18 – Consumo mensal de água - Campus Afogados da Ingazeira



Fonte: o autor (2024).

A análise do histórico de consumo indica possíveis variações sazonais, em função de características de uso da edificação escolar, influenciadas por fatores como período letivo e/ou condições climáticas locais. Isso pode ser observado, por exemplo, nos meses de janeiro e dezembro, quando se observa a queda no consumo de água, acompanhando o período de férias escolares, normalmente.

5.1.4 Indicadores de consumo

A análise dos indicadores de consumo de água foi realizada considerando o consumo médio mensal, o número de usuários e um período de 22 dias úteis por mês. Os resultados obtidos evidenciam as diferenças no uso per capita entre os *campi* analisados.

Para o Campus JBG, o IC foi de 19,02 litros/usuário/dia, enquanto no Campus PES, obteve-se um valor de 19,26 litros/usuário/dia. Já para o Campus AFI, aplicando os mesmos critérios de cálculo, encontrou-se um IC de 10,52 litros/usuário/dia. Esses valores refletem as particularidades e demandas hídricas de cada unidade.

A diferença observada no IC do Campus AFI em relação aos *campi* JBG e PES pode estar associada ao modelo de abastecimento dessas unidades. Enquanto os *campi* JBG e PES são abastecidos por poços, o que pode reduzir a sensibilidade dos usuários quanto ao uso racional da água, o Campus AFI pode apresentar características que favorecem um consumo mais controlado.

Além das condições técnicas e estruturais, como a área total construída e a disponibilidade hídrica, é possível que fatores culturais também influenciem essa diferença. Localizado em uma região historicamente marcada pela escassez de água, o Campus AFI está inserido em um contexto em que a racionalidade no uso da água é parte do cotidiano das populações. A vivência prolongada com a irregularidade das chuvas e a necessidade de armazenamento e conservação rigorosa da água moldaram comportamentos coletivos mais conscientes em relação ao uso desse recurso (Ab'Sáber, 1999). Essa herança cultural pode refletir, ainda que de forma implícita, nas práticas institucionais e no comportamento dos usuários da unidade.

A Tabela 17 apresenta as referências utilizadas para a comparação dos IC per capita obtidos.

Tabela 17 – Referências de consumo médio de água per capita em instituições de ensino

Referência	Cidade	L/usuário/dia
Schlitt; Kalbusch Henning, 2023	Joinville, SC	5,15 e 18,59
Gorniack; Negri, 2021	Joinville, SC	8,94
Antunes; Ghisi, 2020	Florianópolis, SC	9,66
Nunes <i>et al.</i> , 2019	Recife, PE	11,5 a 22
Schlitt, 2019	Joinville, SC	8,83
Barbosa; Bezerra; Sant'ana, 2018	Brasília, DF	3,89 a 48,61
Marinoski; Ghisi, 2017	Florianópolis, SC	15,50
Guimarães; Araújo, 2016	Goiânia, GO	23,00
Silva; Araújo; Fonseca; Nunes, 2015	Recife, PE	6,28 a 22,78
Oliveira, 2013	Patrocínio, MG	7,15 a 20,61

Fonte: Adaptado de Schlitt; Kalbusch Henning, 2023; Gorniack e Negri, 2021; Antunes e Ghisi, 2020; Nunes *et al.*, 2019; Schlitt, 2019; Barbosa; Bezerra e Sant'ana, 2018; Marinoski; Ghisi, 2017; Guimarães e Araujo, 2016; Silva *et al.*, 2015, Oliveira, 2013.

No presente estudo, os valores do Indicador de Consumo (IC) de água variaram entre 10,52 e 19,26 litros/usuário/dia, conforme os dados obtidos nos *campi* avaliados. Esses resultados estão em consonância com os valores encontrados na literatura, que apresentam ampla variação em diferentes regiões do Brasil, dependendo do tipo de instituição, infraestrutura e perfil de uso.

Os valores do IC dos *campi* JBG (19,02 L/usuário/dia) e PES (19,26 L/usuário/dia) situam-se próximos ao limite superior de estudos como os de Silva *et al.* (2015), que identificaram uma faixa de 6,28 a 22,78 L/usuário/dia em Recife, PE, e de Oliveira (2013), com variação de 7,15 a 20,61 L/usuário/dia em Patrocínio, MG. Ambos os resultados são inferiores ao valor de 23,00 L/usuário/dia registrado por Guimarães e Araújo (2016) em Goiânia, GO.

Já o valor do IC do Campus AFI (10,52 L/usuário/dia) apresenta-se inferior aos demais *campi* analisados, estando mais próximo dos valores médios observados em Joinville, SC, como nos estudos de Schultt (2019), com 8,83 L/usuário/dia, e de Gorniack e Negri (2021), com 8,94 L/usuário/dia. Além disso, aproxima-se das faixas inferiores observadas em Recife (Nunes *et al.*, 2019), entre 11,5 e 22 L/usuário/dia, e em Patrocínio (Oliveira, 2013).

Esses dados evidenciam que os valores encontrados no presente estudo estão alinhados com os intervalos registrados em diferentes regiões do país, reforçando a coerência dos resultados e demonstrando a adequação metodológica adotada para a análise do consumo hídrico nas instituições avaliadas.

5.2 CARACTERIZAÇÃO DOS USOS NÃO POTÁVEIS DA ÁGUA NOS *CAMPI*

A caracterização dos usos não potáveis envolveu a identificação e quantificação dos aparelhos sanitários e áreas de uso. De acordo com a NBR 15527, usos recomendados para águas pluviais captadas de coberturas incluem descarga de bacias sanitárias e mictórios, lavagem de veículos e pisos, reserva técnica de incêndio, e irrigação paisagística.

A análise dos dispositivos sanitários e das áreas de lavagem de pisos e irrigação permitiu estimar as demandas potáveis e não potáveis em cada Campus.

5.2.1 Demandas de água não potável nos *campi* Jaboatão dos Guararapes e Pesqueira

Nos *campi* JBG e PES foi calculada com base nas categorias de consumo que utilizam água para fins não potáveis, como vasos sanitários, mictórios, irrigação de jardins e limpeza

de pisos. Essas categorias representam uma parte significativa da demanda total de água nos *campi*. Os dados detalhados sobre a demanda de água não potável estão apresentados nas Tabelas 18 e 19.

Tabela 18 – Demanda diária de água não potável Campus Jaboatão dos Guararapes

Ponto de consumo	Volume (m ³)
Vaso sanitário	14,27
Mictório	0,95
Limpeza de pisos	0,85
Irrigação de jardins	1,10
TOTAL	17,17

Fonte: o autor (2025).

Tabela 19 – Demanda diária de água não potável Campus Pesqueira

Ponto de consumo	Volume (m ³)
Vaso sanitário	19,96
Mictório	1,32
Limpeza de pisos	1,20
Irrigação de jardins	1,96
TOTAL	24,44

Fonte: o autor (2025).

Podemos observar que a demanda diária de água não potável no Campus JBG é de 17,17 m³/dia, enquanto no Campus PES é de 24,44 m³/dia. Em média, esses valores representam aproximadamente 70% da demanda total de água de cada Campus.

Os valores da demanda mensal de água não potável para ambos os *campi* estão apresentados na Tabela 20, abaixo.

Tabela 20 – Demanda mensal de água não potável *campi* Jaboatão dos Guararapes e Pesqueira

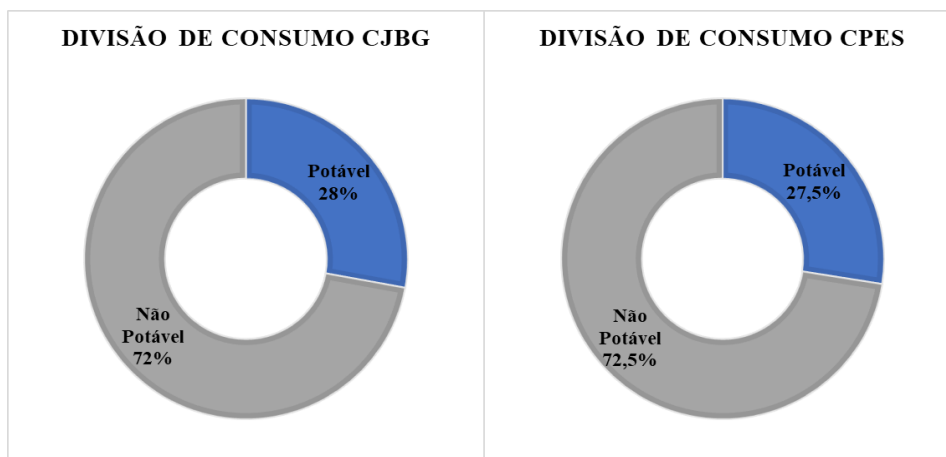
Campus	Volume mensal (m ³ /mês)
Jaboatão dos Guararapes	377,74
Pesqueira	537,74

Fonte: o autor (2025).

A Figura 19 apresenta a divisão do consumo de água nos *campi* JBG e PES, destacando a proporção entre o uso de água potável e não potável em cada *campi*. De acordo com os dados ilustrados, no JBG, a água potável representa 28% do consumo total, enquanto

a água não potável equivale a 72%. Já no Campus PES, a proporção de água potável corresponde a 27,5%, enquanto a não potável equivale a 72,5%, o que indica um padrão semelhante de utilização dos recursos hídricos.

Figura 19 – Divisão dos usos da água – *campi* Jaboatão dos Guararapes e Pesqueira



Fonte: o autor (2025).

O predomínio do uso de água não potável em ambas as unidades sugere um esforço para minimizar o consumo de água tratada, possivelmente como uma estratégia de gestão sustentável. Esse tipo de abordagem é fundamental para reduzir o impacto ambiental e garantir a preservação dos recursos hídricos para usos prioritários.

5.2.2 Estimativa de demandas de água não potável Campus Afogados da Ingazeira

A estimativa da demanda de água não potável para o Campus AFI pode ser calculada a partir das metodologias aplicadas nos *campi* JBG e PES, ajustando as categorias de consumo não potável de acordo com as características específicas do Campus AFI. Com base nessa abordagem, estima-se que aproximadamente 70% do consumo total de água do Campus seja destinado ao uso não potável, conforme observado nos dados dos outros *campi*.

Considerando o consumo total mensal de água do Campus AFI, que é de 254,6 m³/mês, calcula-se que a demanda mensal de água não potável seja de 178,2 m³/mês, correspondendo a essa proporção de 70%.

Os dados levantados nesta pesquisa dialogam diretamente com os compromissos assumidos pelo Brasil na Agenda 2030 da ONU, em especial com o ODS nº 6, Água Potável e Saneamento. Ao evidenciar que aproximadamente 70% da demanda hídrica total dos *campi*

Jaboatão dos Guararapes, Pesqueira e Afogados da Ingazeira destina-se a usos não potáveis, a presente pesquisa revela um amplo potencial de substituição da água potável por fontes alternativas, como a água da chuva.

A adoção de sistemas de captação e reuso de águas pluviais para essas finalidades não apenas representa uma estratégia eficaz de gestão ambiental institucional, mas também contribui diretamente com as metas globais de sustentabilidade hídrica. A substituição parcial da água potável por água de chuva, especialmente nos usos já reconhecidos pela norma técnica, NBR 15527/2019, como adequados para essa finalidade, permite a redução da exploração sobre os mananciais locais, o que se alinha com o princípio de retiradas sustentáveis defendido pela ONU.

5.3 BALANÇO HÍDRICO

A avaliação do balanço hídrico comparou a demanda por água não potável com a oferta proveniente da captação de água pluvial. Isso foi realizado através da análise do regime pluviométrico local e da estimativa do potencial de captação a partir das superfícies dos telhados.

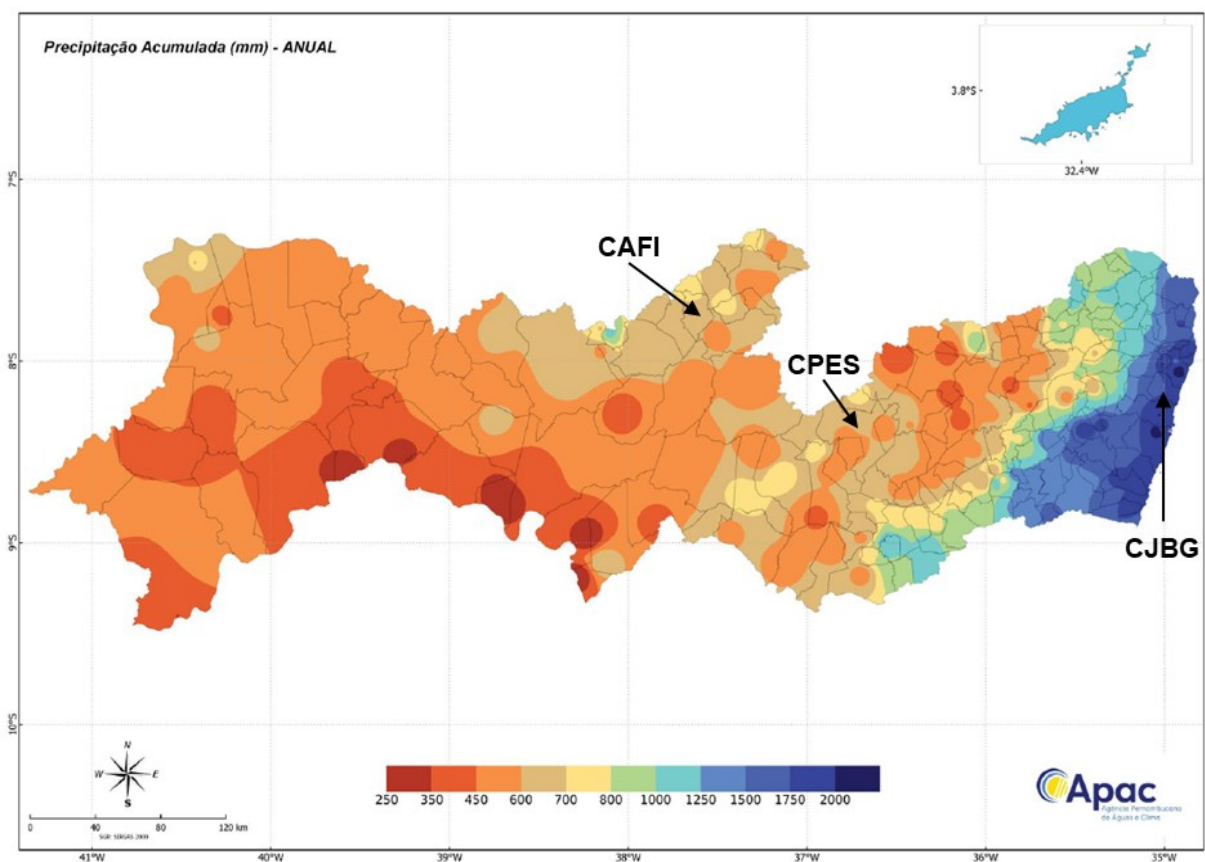
O volume de água da chuva que pode ser aproveitado de maneira eficaz não corresponde ao total da precipitação, devido a perdas (limpeza do telhado, evaporação, volume descartado dos primeiros escoamentos). O volume mensal aproveitável pode ser estimado pela Equação 6, que considera a precipitação média mensal, a área de captação, o coeficiente de escoamento superficial, e a eficiência do sistema. Foi adotado um coeficiente de aproveitamento (runoff) de 90% para o Campus JBG, que possui cobertura com telhas onduladas metálicas e, também, de 90% para os *campi* PES e AFI que tem cobertura com telhas de fibrocimento. Para o desvio de escoamento inicial, utilizou-se o valor de 0,85, conforme recomendado pela NBR 15527.

5.3.1 Índices pluviométricos

Dados de precipitação pluviométrica diária foram coletados do portal da Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC) para os municípios de Jaboatão dos Guararapes, Pesqueira e Afogados da Ingazeira, cobrindo o período de janeiro de 2015 a dezembro de 2024, permitindo uma análise precisa da distribuição das chuvas ao longo dos meses e a identificação dos períodos de maior precipitação em cada uma das regiões estudadas.

Com base na análise da precipitação anual e nos períodos de maior intensidade de chuvas, é possível planejar de maneira eficiente realizar o dimensionamento do sistema de captação de águas pluviais para cada Campus. Identificando os meses com maior volume de precipitação, será possível estimar o volume de água que pode ser armazenado e utilizado durante os períodos secos, garantindo a sustentabilidade do sistema. A Figura 20 apresenta o mapa climatológico do estado de Pernambuco, com a precipitação acumulada anual, destacando as variações nas precipitações entre as diferentes regiões do estado.

Figura 20 – Mapa climatológico de Pernambuco - Precipitação acumulada anual (mm)



Fonte: Adaptado de APAC (2023).

Dados pluviométricos de Jaboatão dos Guararapes

Com base nos dados pluviométricos coletados e na análise da distribuição das chuvas ao longo do ano, foi possível identificar os meses com maior incidência de precipitação e, assim, estimar as captações máximas possíveis para cada Campus. Para a análise detalhada, os índices pluviométricos foram coletados do posto de coleta "Jaboatão dos Guararapes - Barragem Duas Unas" (código nº 268), divulgado pela APAC, por não apresentar falhas de

preenchimento nos dados mensais no período de janeiro de 2015 a dezembro de 2024. Os valores mensais para esse período estão registrados na Tabela 21.

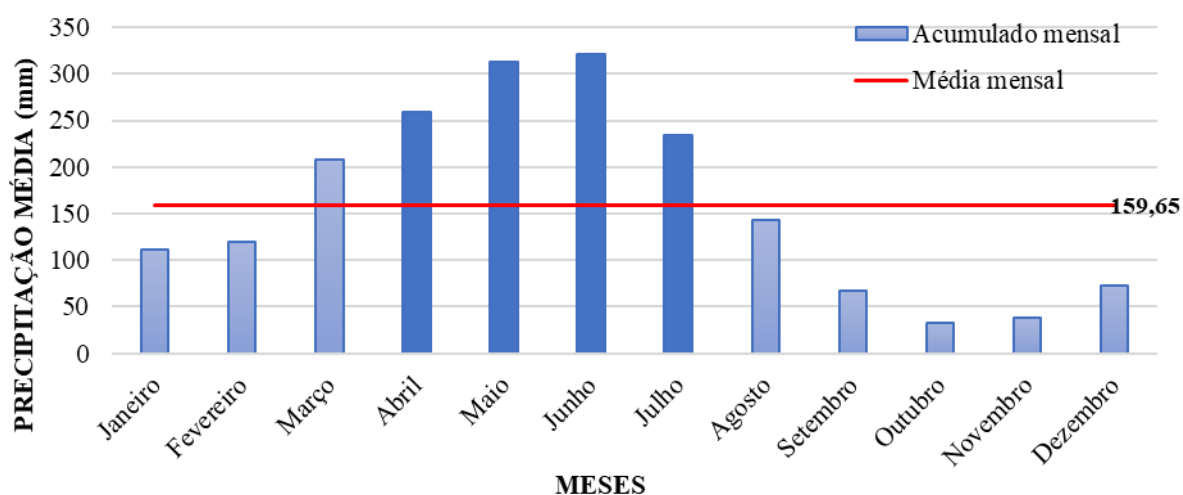
Tabela 21 – Precipitação pluviométrica acumulada, médias mensais e acumulados anuais (mm) - Jaboaão dos Guararapes

Intensidade pluviométrica mensal (mm)													
Posto Pluviométrico: Jaboaão dos Guararapes (Baragem Duas Unas) - Código 268													
Ano	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Acumulado anual
2015	40,6	58,3	275,4	14,2	180,9	352,8	386,9	96,0	19,0	30,6	16,7	103,5	1574,9
2016	172,3	62,4	178,9	220,6	327,8	112,0	77,4	30,7	43,0	17,7	19,1	45,1	1307,0
2017	22,2	77,0	203,5	225,7	300,2	425,6	345,1	150,8	98,4	41,0	29,7	32,2	1951,4
2018	174,7	126,3	157,2	484,7	178,3	99,8	98,3	67,7	32,8	15,2	68,1	81,3	1584,4
2019	153,5	109,6	231,9	174,3	247,4	458,8	403,6	183,2	115,6	49,7	0,7	27,3	2155,6
2020	36,3	57,9	100,1	227,6	259,4	248,0	177,4	118,8	67,0	17,2	39,4	64,5	1413,6
2021	64,9	112,0	174,2	427,1	476,0	138,3	198,6	328,8	70,8	46,9	30,5	158,7	2226,8
2022	117,5	170,7	466,7	197,5	675,0	436,0	333,5	200,6	51,3	44,9	119,1	50,4	2863,2
2023	186,2	196,4	169,2	356,8	284,0	462,8	163,2	192,1	120,1	31,5	51,5	105,7	2319,5
2024	142,5	220,9	115,8	256,1	194,6	479,3	152,5	55,5	54,0	29,2	6,3	55,1	1761,8
Média mensal	111,07	119,15	207,29	258,46	312,36	321,34	233,65	142,42	67,2	32,39	38,11	72,38	1915,82

Fonte: Adaptado de APAC (2025).

Na Figura 21, são apresentadas as médias mensais e a média anual de precipitações, a partir dos dados registrados entre 2015 e 2024.

Figura 21 – Precipitações médias mensais: Jaboaão dos Guararapes (2015 - 2024)



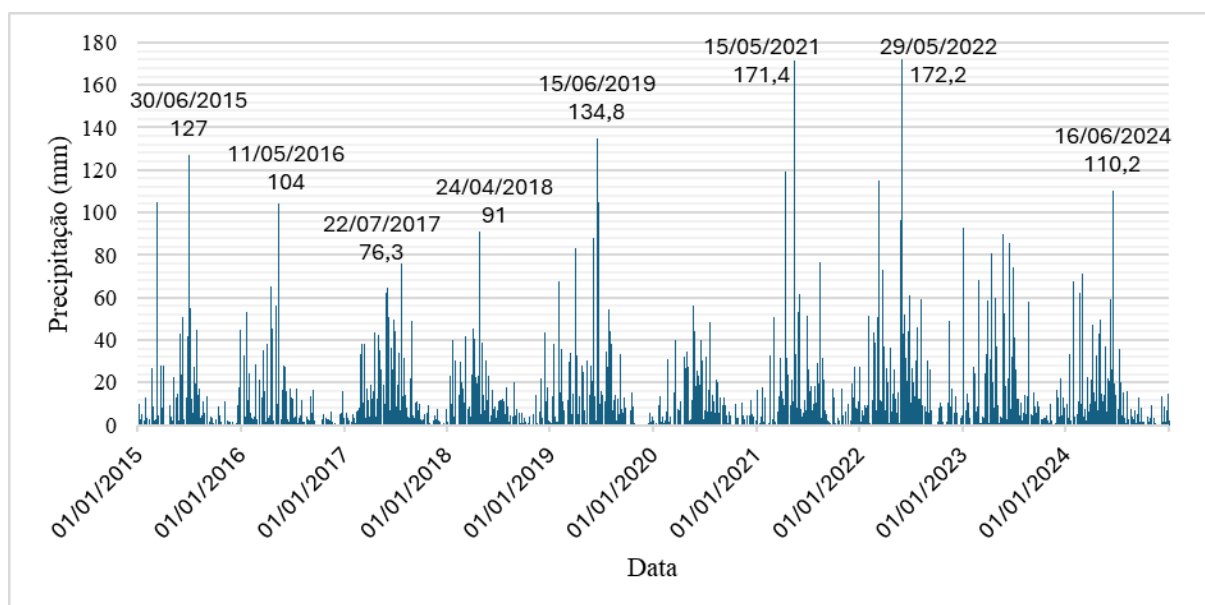
Fonte: o autor (2025).

Diante do comportamento pluviométrico apresentado, observa-se uma distribuição heterogênea das chuvas ao longo dos meses do ano. A quadra chuvosa no município de

Jaboatão dos Guararapes concentra-se entre os meses de abril e julho, com destaque para o mês de junho, que apresentou o maior índice pluviométrico médio mensal, com uma precipitação média de 321,34 milímetros. Em contraste, o mês de outubro apresentou o menor índice médio, com apenas 32,39 milímetros. Com base nesses dados, a precipitação média mensal do município foi de 159,65 milímetros, totalizando um acumulado médio anual de 1.915,82 milímetros de chuva nos últimos dez anos.

Na Figura 22, apresenta-se a série histórica das precipitações diárias no município de Jaboatão dos Guararapes, permitindo uma análise mais detalhada sobre a variabilidade e os eventos extremos ao longo do período, indicando os valores de precipitação observados e suas datas de ocorrência.

Figura 22 – Precipitação diária na cidade de Jaboatão dos Guararapes (2015 - 2024)



Fonte: Adaptado de APAC (2025).

Dados pluviométricos de Pesqueira

Os dados pluviométricos para o município de Pesqueira foram coletados a partir do posto pluviométrico “Pesqueira (código nº 18)”, divulgado pela APAC, conforme apresentado na Tabela 22.

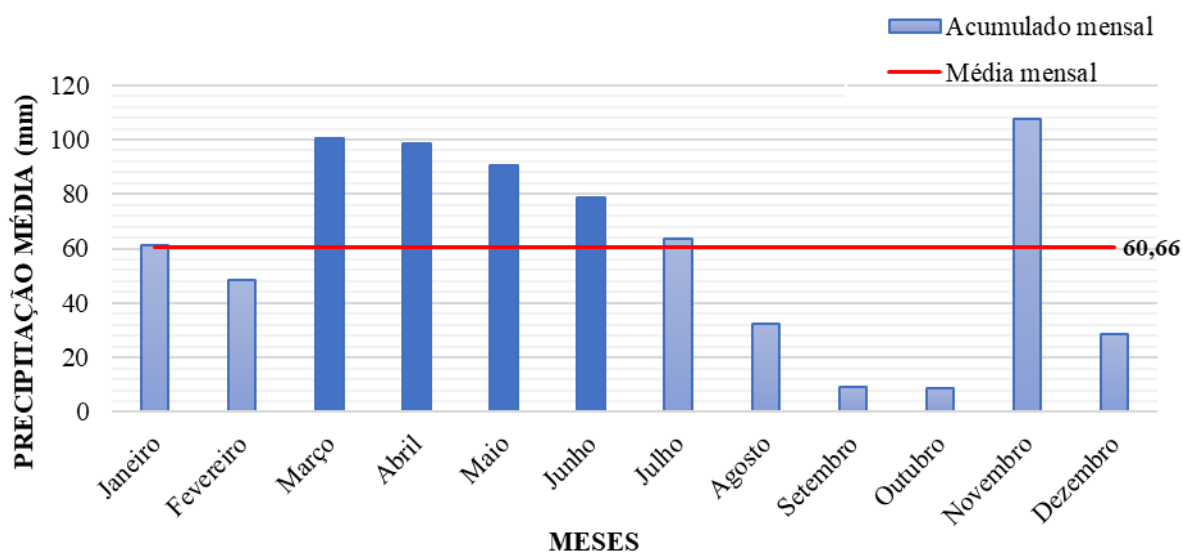
Tabela 22 – Precipitação pluviométrica acumulada, médias mensais e acumulados anuais (mm) - Pesqueira

Intensidade pluviométrica mensal (mm)													
Posto Pluviométrico: Pesqueira - Código 18													
Ano	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maió	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Acumulado anual
2015	18,0	64,3	3,7	54,2	5,0	59,2	70,1	30,6	7,2	2,4	-	21,0	335,7
2016	123,7	27,4	8,4	7,8	62,8	17,0	15,2	12,0	0,4	0,2	-	11,5	286,4
2017	12,0	4,0	22,0	36,9	238,1	51,4	99,1	22,5	14,4	3,2	-	24,7	528,3
2018	23,2	52,7	53,8	96,5	67,4	26,9	12,8	31,7	-	55,0	16,4	20,7	457,1
2019	84,3	74,6	144,1	18,6	13,8	63,0	61,5	44,1	9,6	0,4	-	-	514,0
2020	35,0	32,8	344,6	228,9	112,0	67,5	40,5	3,5	15,9	4,6	58,6	56,0	999,9
2021	18,4	47,7	72,9	249,0	120,3	47,0	44,4	56,8	2,8	1,8	75,0	57,0	793,1
2022	261,8	-	106,8	43,2	110,2	211,8	102,3	97,5	6,2	-	279,6	15,9	1235,3
2023	20,2	6,6	220,5	38,8	52,7	129,3	71,5	14,0	14,7	2,5	-	36,5	607,3
2024	17,7	126,6	28,1	212,2	123,1	113,9	116,2	8,7	13,3	-	-	13,5	773,3
Média mensal	61,43	48,5	100,5	98,6	90,5	78,7	63,4	32,1	9,4	8,8	107,4	28,5	727,88

Fonte: Adaptado de APAC (2025).

Na Figura 23, são mostradas as médias mensais e a média anual de precipitações, com base nos dados registrados entre os anos de 2015 e 2024.

Figura 23 – Precipitações médias mensais: Pesqueira (2015 - 2024)



Fonte: o autor (2025).

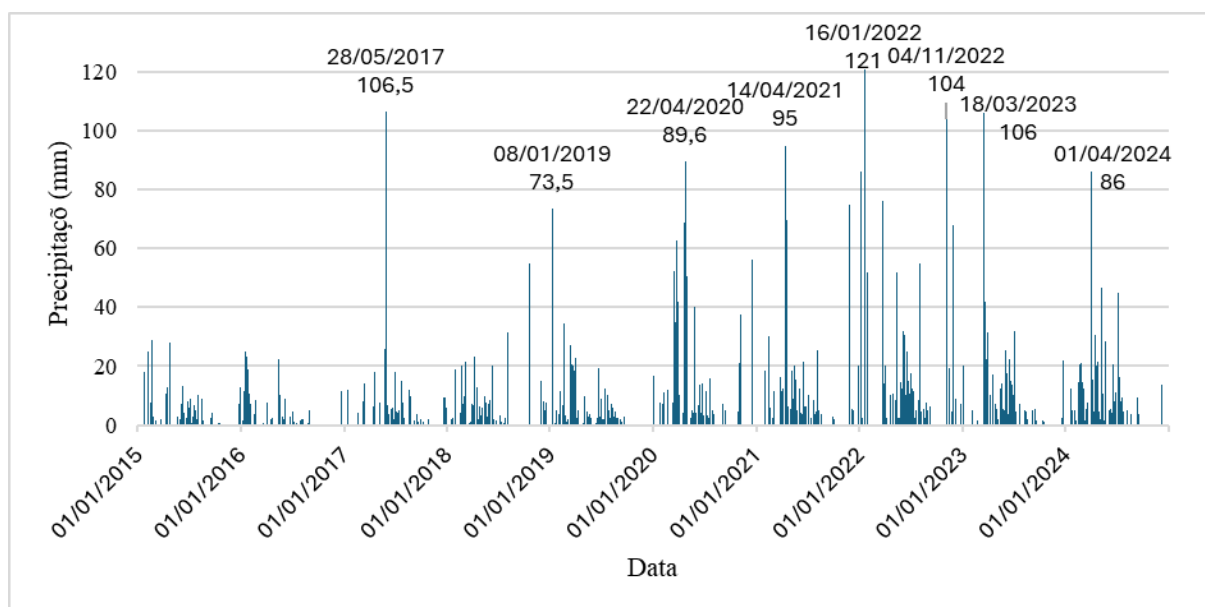
A partir da análise dos dados pluviométricos apresentados, observa-se uma distribuição bastante heterogênea das chuvas ao longo dos meses do ano. A quadra chuvosa no município de Pesqueira concentra-se entre os meses de março e junho, com destaque para o mês de maio, que apresentou o maior índice pluviométrico médio mensal durante esse

período, com uma precipitação média de 100,5 milímetros. Em contraste, o mês de outubro registrou o menor índice médio, com menos de 9 milímetros. Com base nesses dados, a precipitação média mensal de Pesqueira foi de 60,66 milímetros, totalizando um acumulado médio anual de 727,88 milímetros de chuva nos últimos dez anos.

No mês de novembro de 2022, a precipitação acumulada atingiu 279,6 mm, um valor significativamente superior à média histórica de apenas 23,6 mm para esse período (APAC, 2022). Esse evento se destaca como uma ocorrência atípica para a região.

Na Figura 24, apresenta-se a série histórica das precipitações diárias no município de Pesqueira, destacando os eventos extremos de chuva ocorridos no período, indicando os valores de precipitação observados e suas datas de ocorrência.

Figura 24 – Precipitação diária na cidade de Pesqueira (2015 - 2024)



Fonte: Adaptado de APAC (2025).

Dados pluviométricos de Afogados da Ingazeira

Os dados pluviométricos para o município de Afogados da Ingazeira foram coletados a partir do posto pluviométrico “Afogados da Ingazeira (código nº 290)”, divulgado pela APAC, conforme apresentado na Tabela 23.

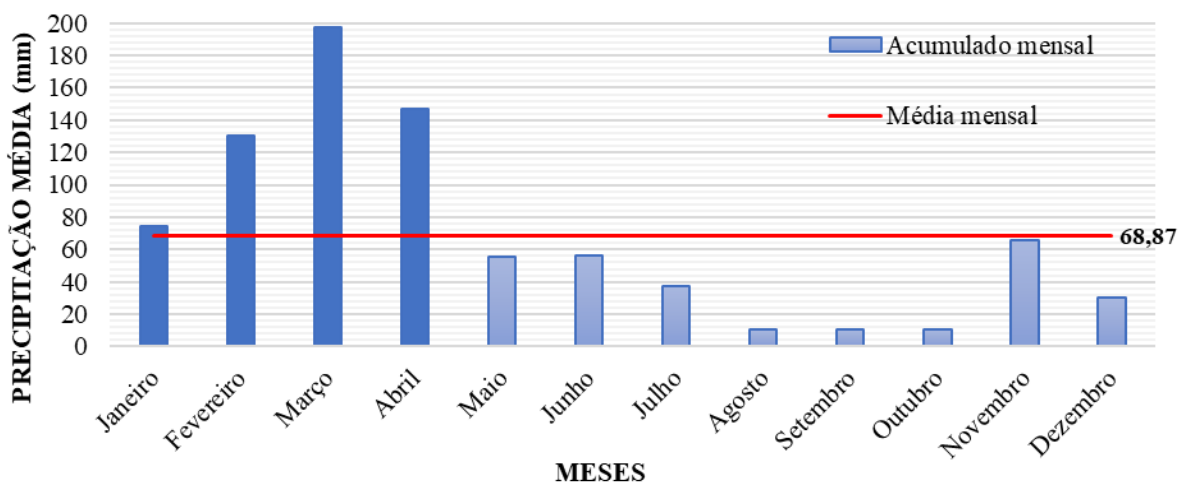
Tabela 23 – Precipitação pluviométrica acumulada, médias mensais e acumulados anuais (mm) – Afogados da Ingazeira

Intensidade pluviométrica mensal (mm)													
Posto Pluviométrico: Afogados da Ingazeira - Código 290													
Ano	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maió	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Acumulado anual
2015	36,0	22,5	138,5	73,5	36,5	43,8	57,0	4,0	-	-	-	20,8	432,6
2016	141,5	33,5	171,5	48,2	66,5	-	-	-	21,0	-	-	18,0	500,2
2017	49,0	35,5	163,5	126,0	63,5	137,5	46,0	4,0	4,0	-	9,0	6,5	644,5
2018	104,4	216,0	181,0	259,0	45,0	-	2,0	-	2,0	-	70,5	13,0	892,9
2019	49,5	236,0	147,0	231,3	59,0	22,0	28,5	24,0	8,0	6,0	7,0	3,0	821,3
2020	48,0	159,0	538,0	105,0	62,0	81,0	37,0	-	-	-	184,0	19,0	1233
2021	43,0	130,0	73,0	146,0	84,0	18,0	40,0	6,0	18,0	12,0	43,0	66,0	679
2022	127,0	104,0	258,0	101,0	60,0	83,0	48,0	30,0	-	10,0	167,0	54,0	1042
2023	28,0	86,0	147,0	164,5	53,5	44,0	39,0	7,0	-	-	42,0	72,0	683
2024	117,0	283,0	155,0	217,0	26,0	21,0	39,0	1,0	-	13,0	6,0	29,0	907
Média Mensal	74,34	130,6	197,3	147,2	55,6	56,3	37,4	10,9	10,6	10,3	66,1	30,1	826,47

Fonte: Adaptado de APAC (2025).

Na Figura 25, são mostradas as médias mensais e a média anual de precipitações, com base nos dados registrados entre os anos de 2015 e 2024.

Figura 25 – Precipitações médias mensais: Afogados da Ingazeira (2015 - 2024)



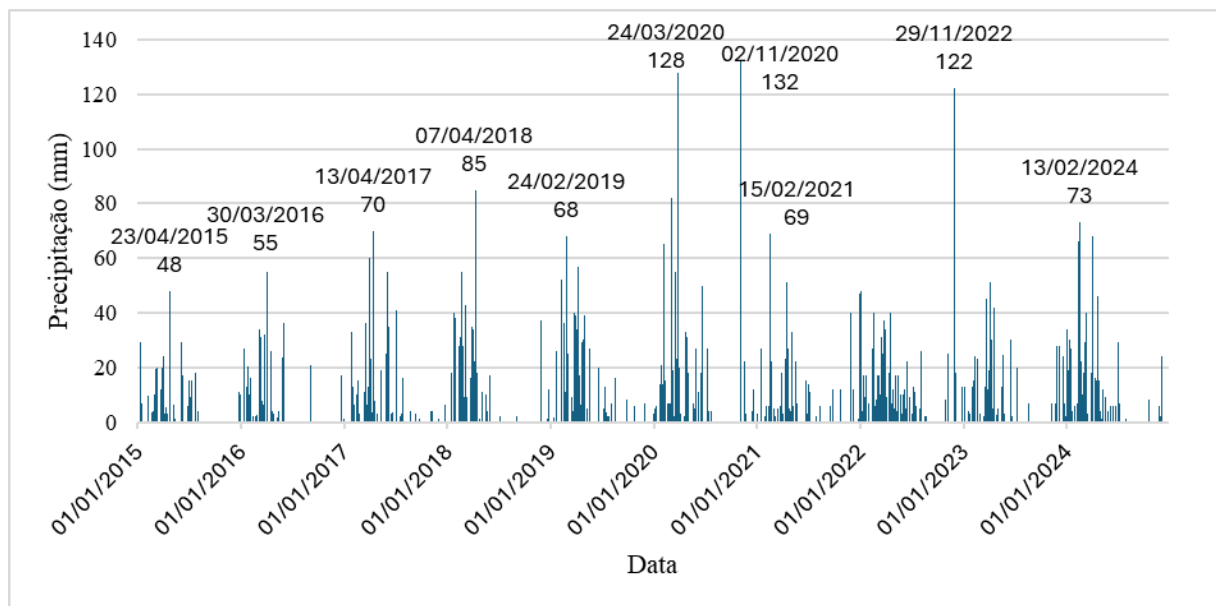
Fonte: o autor (2025).

Levando em consideração os dados pluviométricos apresentados, percebe-se uma distribuição heterogênea das chuvas ao longo dos meses do ano. A quadra chuvosa em Afogados da Ingazeira concentra-se entre os meses de janeiro e abril, com destaque para o mês de março, que apresentou o maior índice pluviométrico médio mensal, com uma precipitação média de 197,3 milímetros. Em contrapartida, os meses de agosto, setembro e outubro apresentaram os menores índices médios, com 10,9, 10,6 e 10,3 milímetros,

respectivamente. Com base nesses dados, a precipitação média mensal do município foi de 68,87 milímetros, totalizando um acumulado médio anual de 826,47 milímetros de chuva nos últimos dez anos.

Na Figura 26, apresenta-se a série histórica das precipitações diárias no município de Afogados da Ingazeira, destacando os eventos extremos de chuva ocorridos no período, indicando os valores de precipitação observados e suas datas de ocorrência.

Figura 26 – Precipitação diária na cidade de Afogados da Ingazeira (2015 - 2024)



Fonte: Adaptado de APAC (2025).

5.3.2 Áreas de captação pluvial

O potencial de aproveitamento da água da chuva em uma edificação está diretamente relacionado à área disponível para captação e à sua localização geográfica. Neste estudo, foram consideradas como superfícies de captação as áreas dos telhados das edificações pertencentes a cada um dos *campi* analisados.

A Tabela 24 apresenta as respectivas áreas de cobertura dos telhados, expressas em metros quadrados, que servem como base para o cálculo da água pluvial potencialmente aproveitável.

Tabela 24 – Áreas de telhados para captação de água da chuva (m²)

<i>CAMPUS</i>	<i>ÁREA DE CAPTAÇÃO (m²)</i>
CJBG	5.106,00
CPES	4.385,00
CAFI	2.965,00

Fonte: o autor (2024).

5.3.3 Balanço Hídrico no Campus Jaboatão dos Guararapes

No Campus JBG, observa-se um balanço hídrico positivo na maior parte do ano, especialmente entre os meses de março e julho, quando o volume aproveitável supera significativamente a demanda. Os meses de maio e junho apresentam os maiores excedentes, com 842,37 m³ e 877,44 m³, respectivamente. No entanto, entre setembro e dezembro, a captação torna-se insuficiente com destaque para os déficits acentuados em outubro (-251,22 m³) e novembro (-228,88 m³), evidenciando a sazonalidade da precipitação.

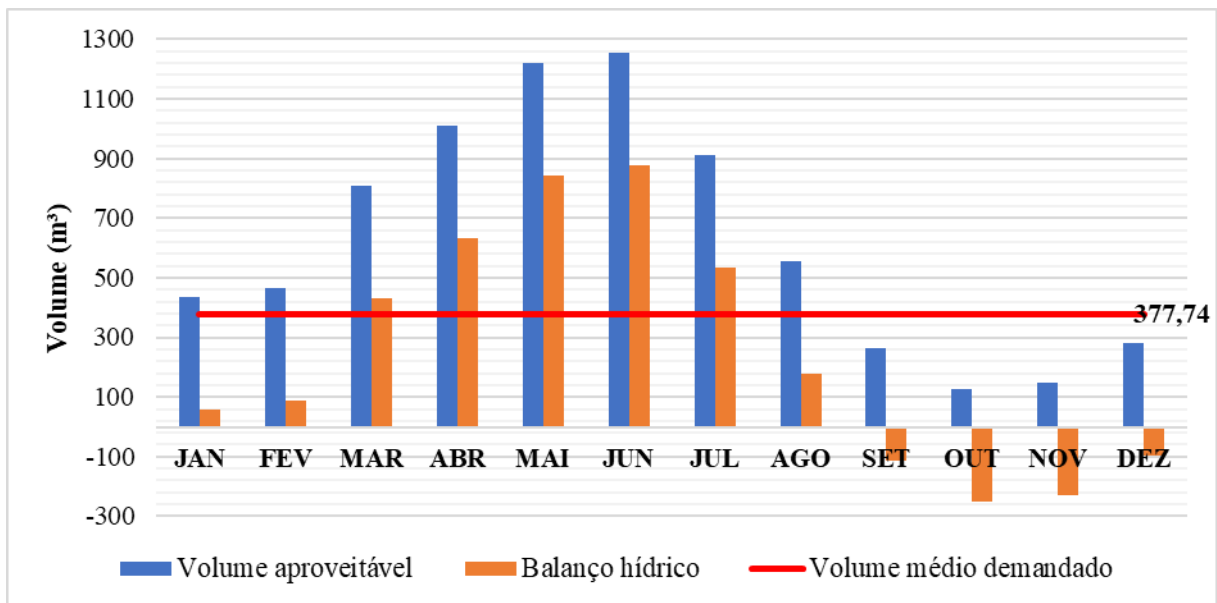
A Tabela 25 e a Figura 27 apresentam o balanço hídrico mensal do Campus JBG, considerando apenas a água de chuva como fonte de abastecimento.

Tabela 25 – Balanço hídrico no Campus Jaboatão dos Guararapes – Considerando apenas a água de chuva como fonte de abastecimento

<i>CAMPUS JABOATÃO DOS GUARARAPES</i>				
<i>MÊS</i>	<i>PRECIPITAÇÃO (mm)</i>	<i>VOLUME APROVEITÁVEL (m³)</i>	<i>DEMANDA NÃO POTÁVEL MÉDIA (m³)</i>	<i>BALANÇO HÍDRICO (m³)</i>
JAN	111,07	433,85	377,74	56,11
FEV	119,15	465,41	377,74	87,67
MAR	207,29	809,69	377,74	431,95
ABR	258,46	1009,57	377,74	631,83
MAI	312,36	1220,11	377,74	842,37
JUN	321,34	1255,18	377,74	877,44
JUL	233,65	912,66	377,74	534,92
AGO	142,42	556,31	377,74	178,57
SET	67,20	262,49	377,74	-115,25
OUT	32,39	126,52	377,74	-251,22
NOV	38,11	148,86	377,74	-228,88
DEZ	72,38	282,72	377,74	-95,02

Fonte: o autor (2025).

Figura 27 – Balanço hídrico no Campus Jaboatão dos Guararapes



Fonte: o autor (2025).

5.3.4 Balanço Hídrico no Campus Pesqueira

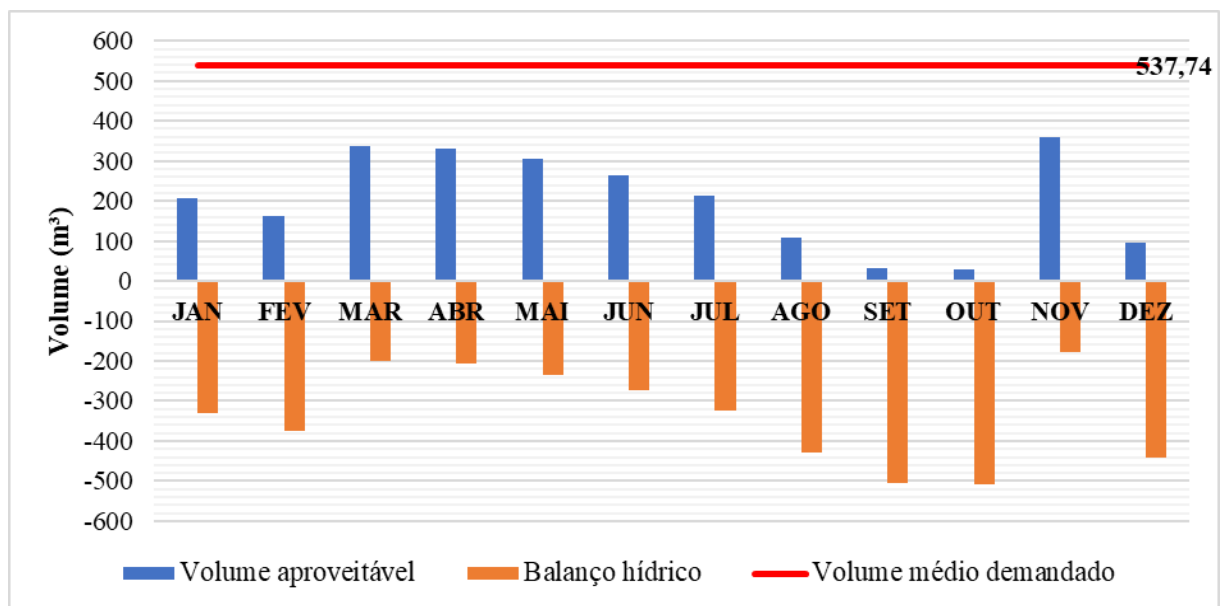
O Campus PES, por sua vez, apresenta um balanço hídrico predominantemente negativo ao longo do ano. O volume de água de chuva captado não é suficiente para suprir a demanda de água não potável. O menor déficit ocorre em novembro (-177,46 m³), enquanto os meses de setembro (-506,24 m³) e outubro (-508,35 m³) registram os piores resultados, refletindo a baixa precipitação nesse período. A Tabela 26 e a Figura 28 apresentam o balanço hídrico mensal do Campus Pesqueira.

Tabela 26 – Balanço hídrico no Campus Pesqueira – Considerando apenas a água de chuva como fonte de abastecimento

CAMPUS PESQUEIRA				
MÊS	PRECIPITAÇÃO (mm)	VOLUME APROVEITÁVEL (m³)	DEMANDA NÃO POTÁVEL MÉDIA (m³)	BALANÇO HÍDRICO (m³)
JAN	61,43	206,07	537,74	-331,67
FEV	48,52	162,77	537,74	-374,97
MAR	100,49	337,10	537,74	-200,64
ABR	98,61	330,79	537,74	-206,95
MAI	90,54	303,72	537,74	-234,02
JUN	78,70	264,00	537,74	-273,74
JUL	63,36	212,54	537,74	-325,20
AGO	32,14	107,81	537,74	-429,93
SET	9,39	31,50	537,74	-506,24
OUT	8,76	29,39	537,74	-508,35
NOV	107,40	360,28	537,74	-177,46
DEZ	28,53	95,72	537,74	-442,02

Fonte: o autor (2025).

Figura 28 – Balanço hídrico no Campus Pesqueira



Fonte: o autor (2025).

5.3.5 Balanço Hídrico no Campus Afogados da Ingazeira

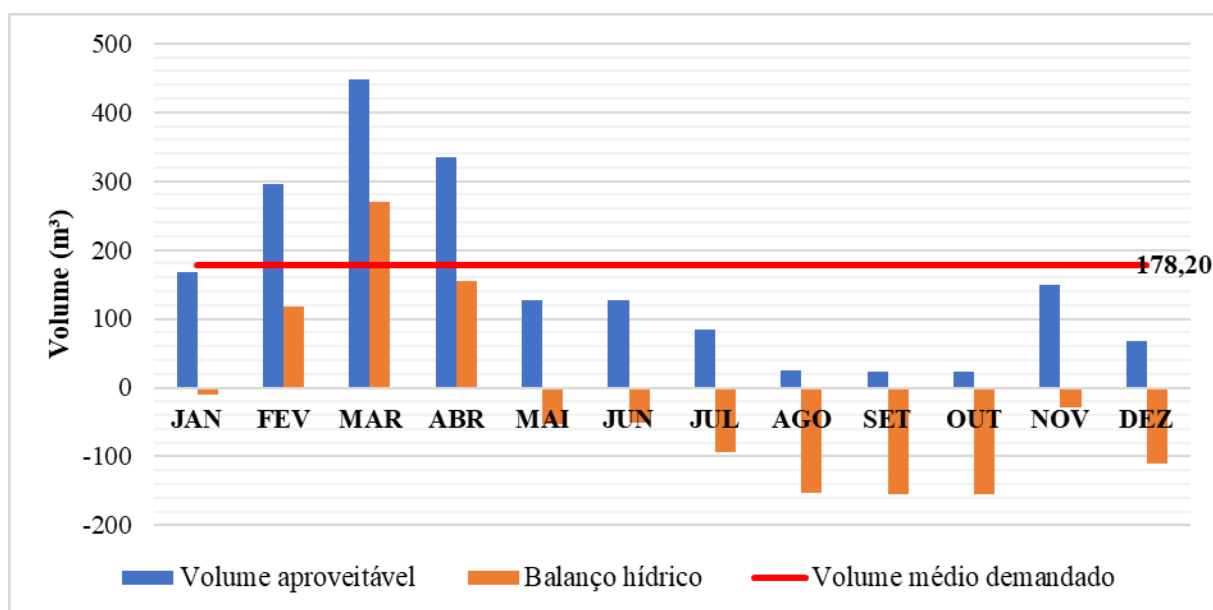
No Campus AFI, os dados mostram uma alternância entre períodos de saldo positivo e negativo. De fevereiro a abril, observa-se um balanço hídrico positivo, com destaque para o mês de março, que apresenta um excedente de 269,21 m³. Entretanto, a partir de maio, os déficits começam a se acentuar, atingindo os piores resultados em setembro (-154,16 m³) e outubro (-154,95 m³). Isso demonstra que, embora haja períodos favoráveis à captação pluvial, a insuficiência hídrica predomina na maior parte do ano. A Tabela 27 e a Figura 29 apresentam o balanço hídrico mensal do Campus AFI.

Tabela 27 – Balanço hídrico no Campus Afogados da Ingazeira – Considerando apenas a água de chuva como fonte de abastecimento

<i>CAMPUS AFOGADOS DA INGAZEIRA</i>				
MÊS	PRECIPITAÇÃO (mm)	VOLUME APROVEITÁVEL (m ³)	DEMANDA NÃO POTÁVEL MÉDIA (m ³)	BALANÇO HÍDRICO (m ³)
JAN	74,34	168,62	178,20	-9,58
FEV	130,55	296,12	178,20	117,92
MAR	197,25	447,41	178,20	269,21
ABR	147,15	333,77	178,20	155,57
MAI	55,60	126,11	178,20	-52,09
JUN	56,29	127,67	178,20	-50,53
JUL	37,39	84,81	178,20	-93,39
AGO	10,86	24,63	178,20	-153,57
SET	10,60	24,04	178,20	-154,16
OUT	10,25	23,25	178,20	-154,95
NOV	66,06	149,84	178,20	-28,36
DEZ	30,13	68,34	178,20	-109,86

Fonte: o autor (2025).

Figura 29 – Balanço hídrico no Campus Afogados da Ingazeira



Fonte: o autor (2025).

Os cálculos do balanço hídrico foram realizados considerando as demandas totais mensais de água não potável, em cada *campi*, o que resultaria na necessidade de reservatórios de grande capacidade, podendo inviabilizar a adoção de um sistema de coleta pluvial. A análise dos dados revelou variações significativas entre os *campi* ao longo do ano, refletindo os padrões climáticos e a capacidade de aproveitamento da água das chuvas.

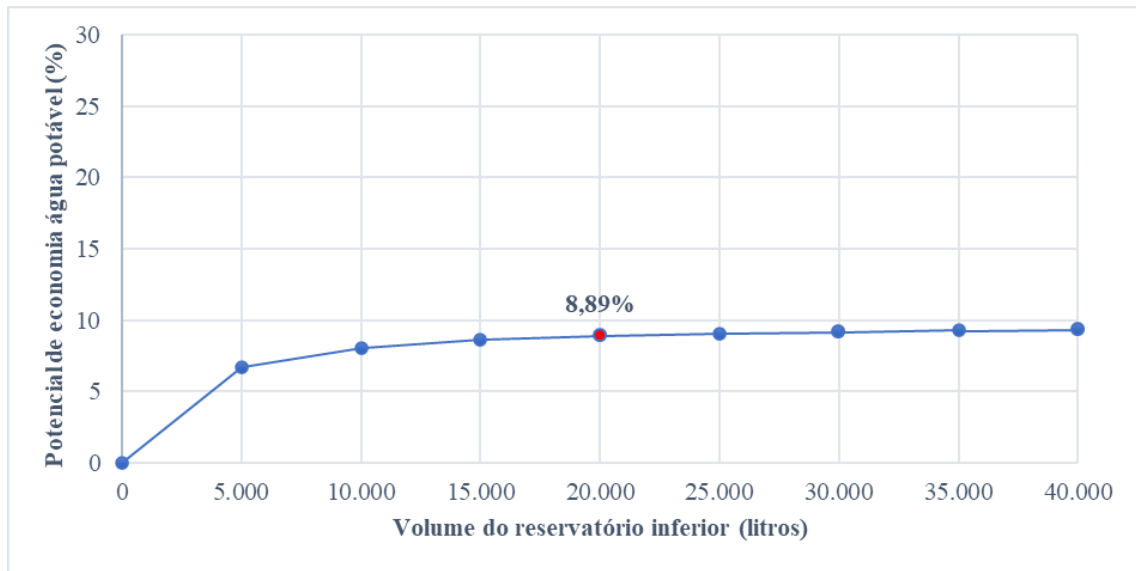
5.4 ANÁLISE DO SISTEMA DE CAPTAÇÃO E APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL DO CAMPUS JABOATÃO DOS GUARARAPES

A análise para a ampliação deste sistema existente no Campus JBG teve como objetivo avaliar sua capacidade atual e projetar possibilidades de expansão para atender a uma parcela maior das demandas de água não potáveis. Para isso, foi utilizado o software Netuno 4 onde foram realizadas simulações para diferentes cenários. Os resultados permitiram avaliar a viabilidade e o potencial de expansão do sistema, contribuindo para o aprimoramento das práticas de gestão hídrica no Campus.

Cenário atual: Considerou a demanda atual atendida (irrigação e limpeza de pisos), que é de aproximadamente 10% da demanda total de água potável da unidade. Com a área de captação de 2.243 m² e os volumes de reservatórios existentes 20.000 L no reservatório inferior e 20.830 L no reservatório superior.

A partir dessa simulação o modelo indicou que o potencial de utilização médio anual da água pluvial é de 8,89% (Figura 30), valor bem próximo consumido para irrigação de jardins e limpeza de pisos externos.

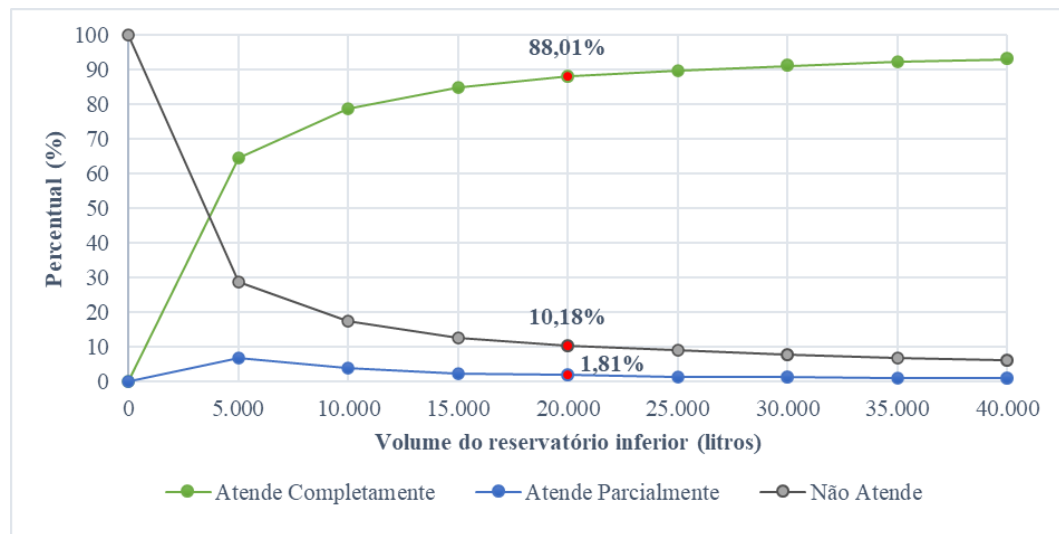
Figura 30 – Relação entre o volume do reservatório e percentual de economia – Campus Jaboatão dos Guararapes Cenário atual



Fonte: o autor (2025).

A Figura 31 ilustra a relação entre o percentual de cobertura da demanda por água da chuva e o volume do reservatório. Para o reservatório de 20.000 L, observa-se que o atendimento é completo em 88,01% dos dias, parcial em 1,81% e sem atendimento em 10,18% dos dias simulados. Este último cenário ocorre nos períodos em que não há precipitação ou quando o volume precipitado é inferior a 2 mm, valor correspondente ao descarte inicial.

Figura 31 – Percentuais de dias atendidos com uso de água da chuva – Campus Jaboatão dos Guararapes Cenário atual

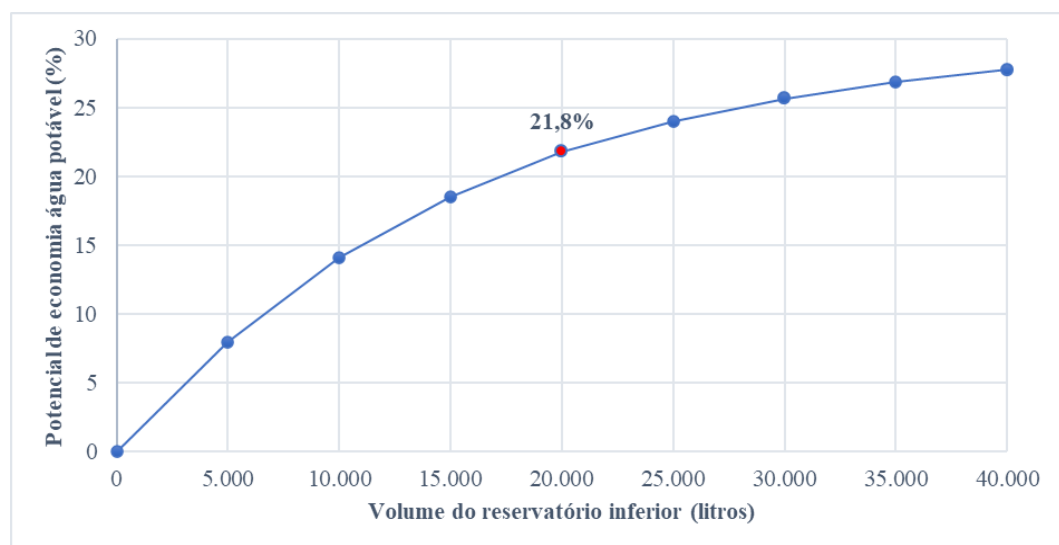


Fonte: o autor (2025).

Cenário 1 - Ampliação do atendimento das demandas não potáveis: Simulação que aumentou o percentual da demanda total a ser suprida por água não potável de 10% para 70%, sem aumentar a capacidade do reservatório inferior existente, mantido em 20.000 L.

Como resultado, o potencial de aproveitamento médio anual da água pluvial passou para 21,80%, representando um aumento de quase 13 pontos percentuais, conforme pode-se observar na Figura 32.

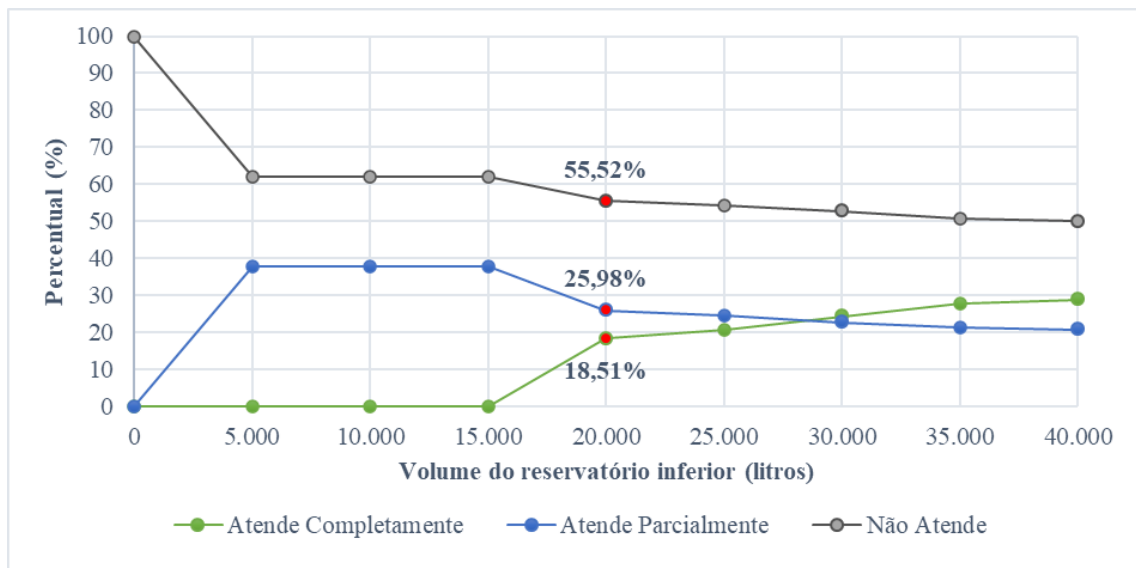
Figura 32 – Relação entre o volume do reservatório e percentual de economia – Campus Jaboatão dos Guararapes Cenário 1



Fonte: o autor (2025).

Dessa forma, a água de chuva atenderia à demanda do Campus em 18,51% dos dias de forma completa, em 25,98% dos dias de forma parcial, e não atenderia em 55,52% dos dias simulados, como mostrado na Figura 33.

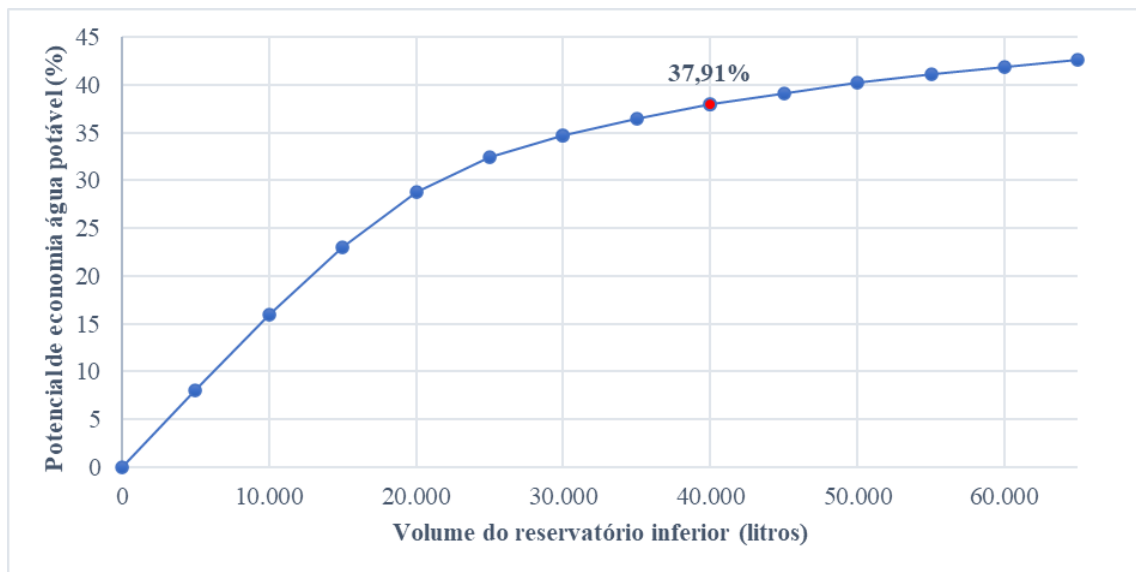
Figura 33 – Percentuais atendimento da demanda uso de água da chuva – Campus Jaboatão dos Guararapes Cenário 1



Fonte: o autor (2025).

Cenário 2 - Ampliação do volume de armazenamento inferior: Simulação que aumentou a capacidade do reservatório inferior para 40.000 L (exigindo a construção de uma nova cisterna) e manteve a expansão do sistema de captação e distribuição para atender aos mesmos 70% da demanda não potável. Realizou-se uma nova simulação considerando toda a área de captação do Campus, que totaliza 5.106 m². Essa simulação elevou o potencial de utilização médio anual da água pluvial para 37,91%, conforme mostrado na Figura 34.

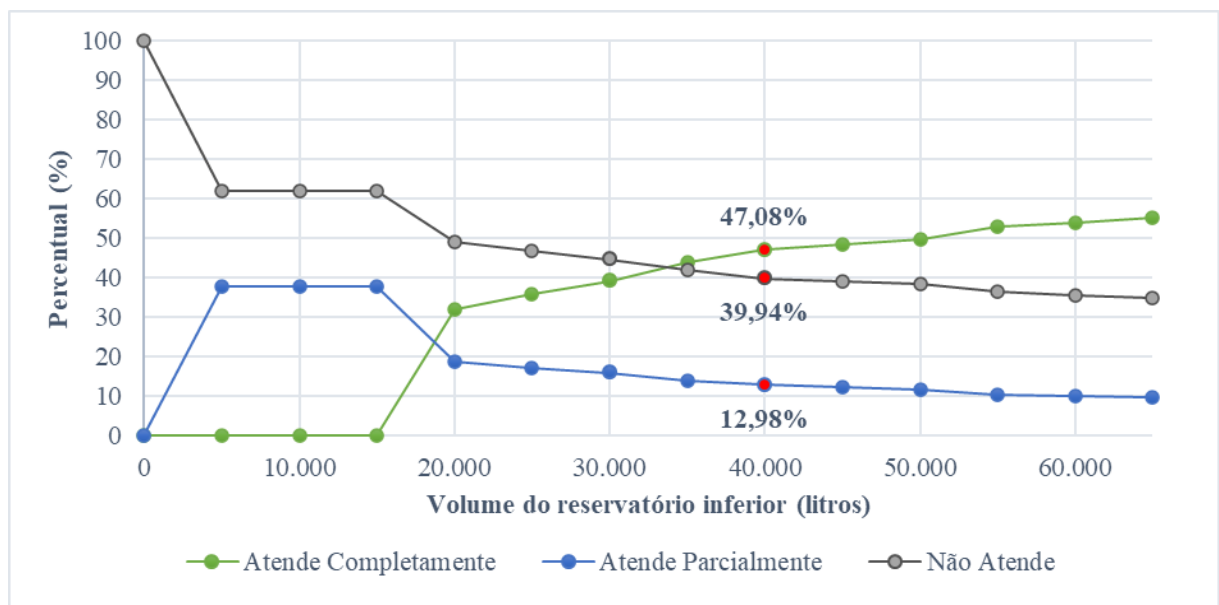
Figura 34 – Relação entre o volume do reservatório e percentual de economia – Campus Jaboatão dos Guararapes Cenário 2



Fonte: o autor (2025).

Com essa modificação, a demanda não potável do Campus seria completamente atendida em 47,08% dos dias, parcialmente atendida em 12,98% dos dias, e não atendida em 39,94% dos dias simulados, como ilustrado na Figura 35.

Figura 35 – Percentuais atendimento da demanda uso de água da chuva – Campus Jaboatão dos Guararapes Cenário 2



Fonte: o autor (2025).

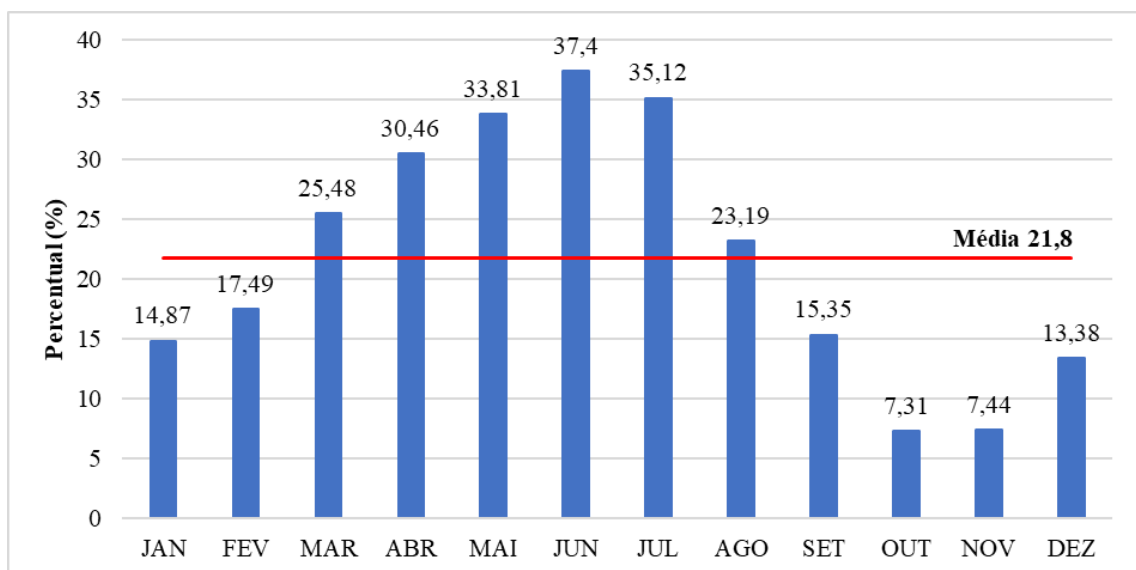
Com base nos resultados apresentados, a ampliação do sistema de captação e aproveitamento de águas pluviais no Campus Jaboaão dos Guararapes é considerada possível e viável. Ambos os cenários de expansão simulados demonstram um aumento significativo no potencial de aproveitamento da água da chuva e na economia potencial em comparação com o sistema atual. Vale ressaltar que a construção de um novo reservatório inferior implicaria em custos adicionais, estimativas que serão detalhadas adiante na análise econômica dessa ampliação.

5.5 ESTIMATIVA DO DA REDUÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA POTÁVEL, DIANTE DA IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS, PARA COMPLEMENTAÇÃO HÍDRICA

5.5.1 Redução no consumo de água potável: Campus Jaboaão dos Guararapes

Cenário1: A Figura 36 apresenta a redução no consumo de água potável no Campus JBG a cada mês. Nota-se que, durante o período chuvoso, é possível economizar até 37,40% da água potável consumida na unidade. A redução média anual foi de 21,8%.

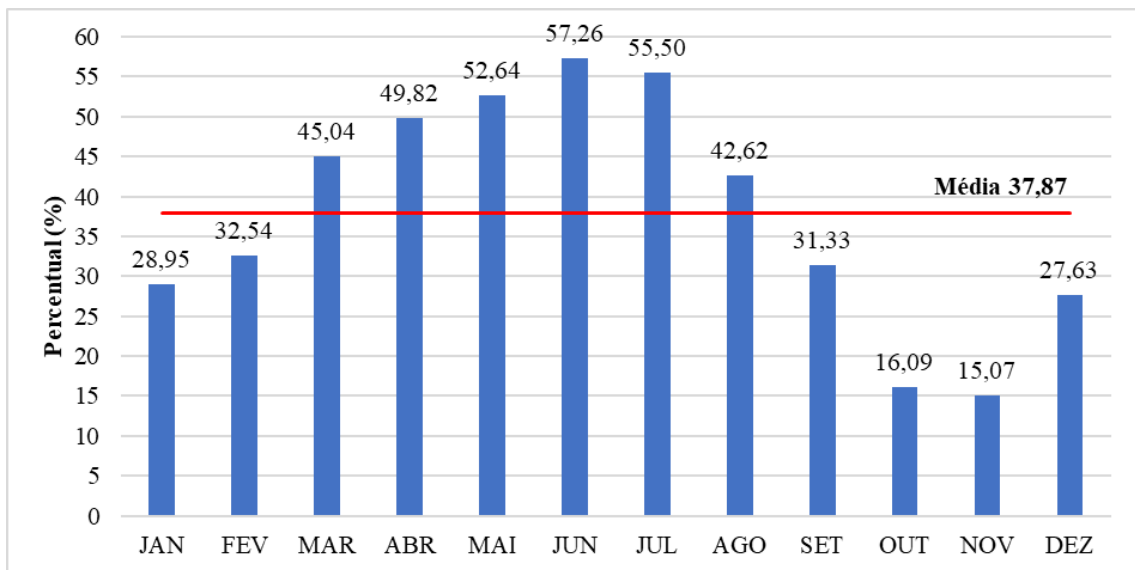
Figura 36 – Cenário 1: Redução percentual de água potável no Campus Jaboaão dos Guararapes



Fonte: o autor (2025).

Cenário 02: A Figura 37 demonstra a redução mensal no consumo de água potável no Campus JBG. Também se observa que, nos meses com maior volume de chuvas, é possível atingir uma economia de até 57,26% do uso de água potável na unidade. Neste cenário a redução média anual foi de 37,9%.

Figura 37 – Cenário 2: Redução percentual de água potável no Campus Jabotão dos Guararapes

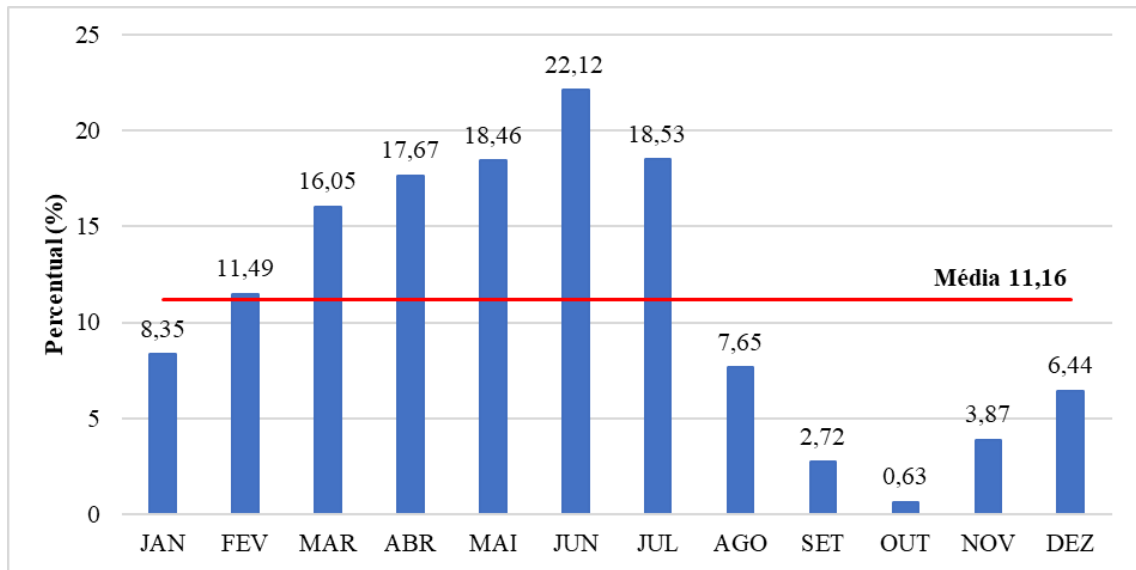


Fonte: o autor (2025).

5.5.2 Redução no consumo de água potável: Campus Pesqueira

A Figura 38 apresenta a redução no consumo de água potável no Campus PES ao longo dos meses. Observa-se que no período chuvoso, é possível reduzir até 22,12% no consumo de água potável do Campus. Com essa implantação, a redução média anual poder chegar a 11,16%.

Figura 38 – Redução percentual de água potável no Campus Pesqueira

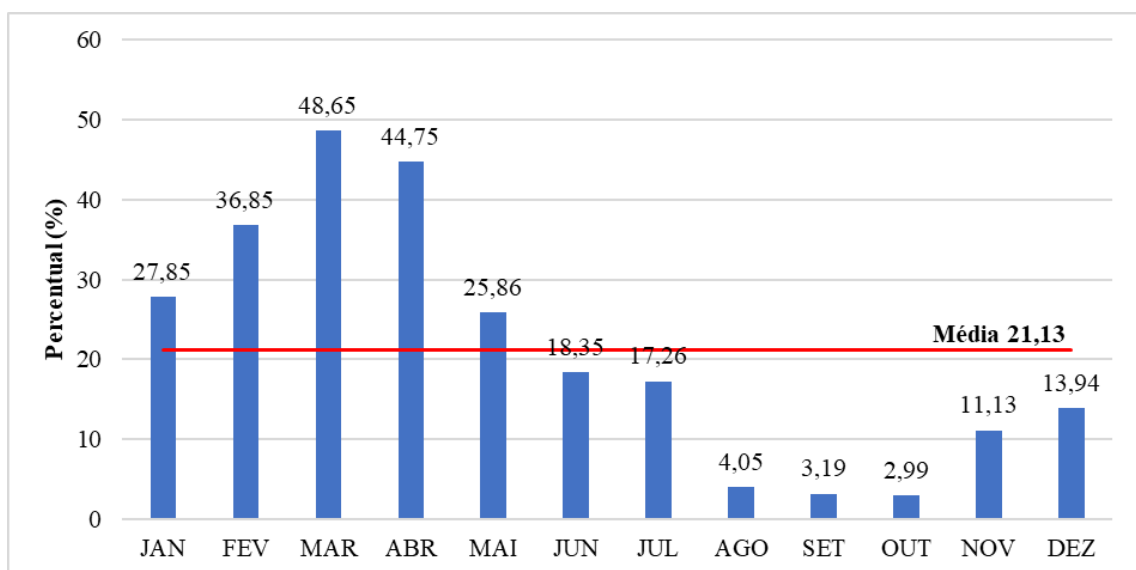


Fonte: o autor (2025).

5.5.3 Redução no consumo de água potável: Campus Afogados da Ingazeira

A Figura 39 apresenta a redução no consumo de água potável no Campus AFI ao longo dos meses. Observa-se que no período chuvoso, é possível reduzir até 48,65% no consumo de água potável do Campus, no mês de maior intensidade pluviométrica. Com essa implantação, a redução média anual poder chegar a 21,13%.

Figura 39 – Redução percentual de água potável no Campus Afogados da Ingazeira



Fonte: o autor (2025).

5.6 VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO

A análise econômica da solução para o sistema de aproveitamento de água pluvial foi realizada por meio de um levantamento quantitativo dos materiais, com base nas dimensões calculadas para os reservatórios e nos projetos de implantação de cada Campus. A determinação dos custos dos materiais e componentes foi feita utilizando como referências as planilhas do SINAPI (01/2025), SBC (03/2025), ORSE (12/2024) e SEINFRA (028). O cálculo dos Benefícios e Despesas Indiretas (BDI) adotado foi de 26,44%, conforme o Acórdão nº 2622/2013 – TCU – Plenário (Brasil, 2013), aplicável à construção de redes de abastecimento de água e construções correlatas.

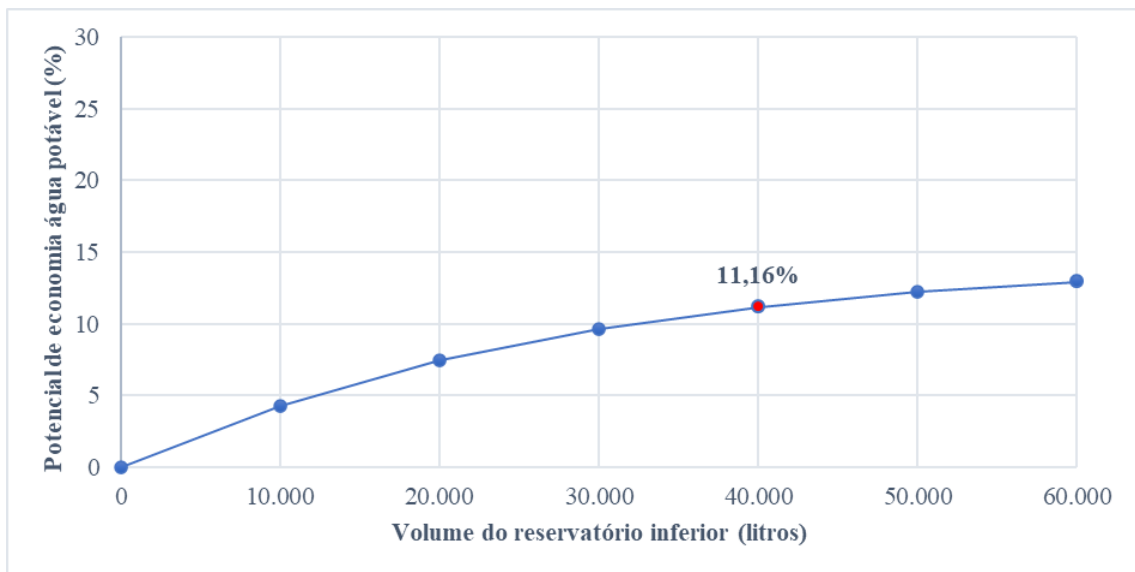
5.6.1 Dimensionamento e Capacidade dos Reservatórios

O dimensionamento dos reservatórios foi realizado utilizando o software Netuno 4, com o objetivo de otimizar o volume necessário para atender adequadamente à demanda de consumo. Para o volume do reservatório superior, foi considerada a demanda diária de água não potável, além das diretrizes estabelecidas pela NBR 5626 (ABNT, 2020), que recomenda que o volume de armazenamento deve ser capaz de atender, no mínimo, 24 horas de consumo. O dimensionamento realizado pelo Netuno 4 seguiu rigorosamente essa recomendação. Adicionalmente, conforme a norma, por questões de segurança, os reservatórios devem ser projetados para suprir, no mínimo, três dias de consumo.

Campus Pesqueira

No Campus PES, o volume adotado para o reservatório superior foi de 35.000 L, ligeiramente superior à demanda diária de 33.720 L. Já o reservatório inferior foi dimensionado com 40.000 L, o que proporcionou uma economia média de 11,16% (Figura 40), considerando um diferencial de economia superior a 0,3% por metro cúbico de água pluvial aproveitada.

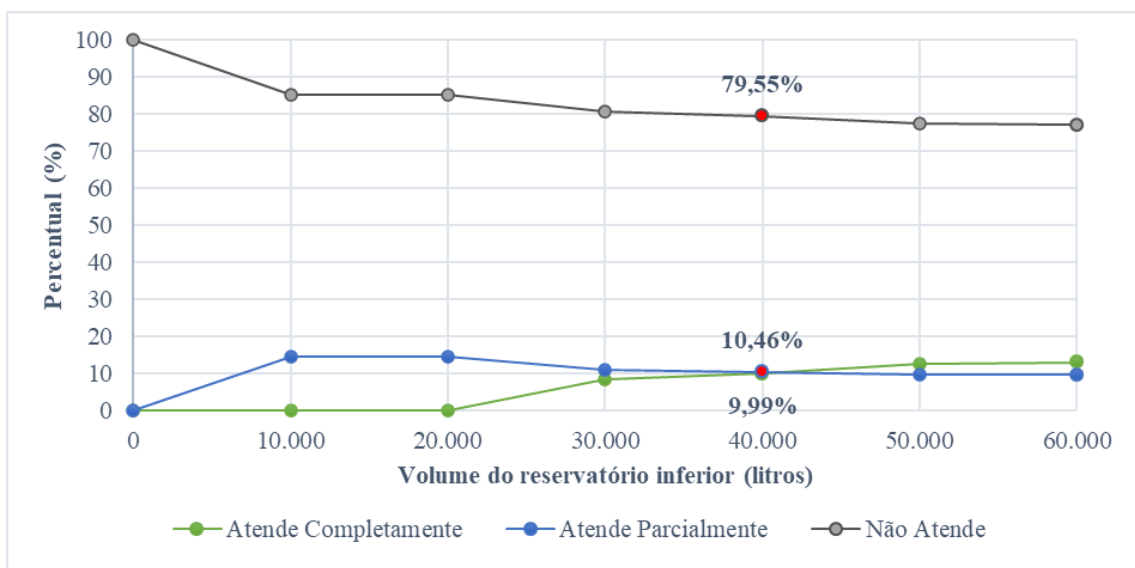
Figura 40 – Relação entre o volume do reservatório e percentual de economia – Campus Pesqueira



Fonte: o autor (2025).

A Figura 41 mostra que esse volume permitiu atendimento total da demanda em 9,99% dos dias, parcial em 10,46%, e ausência de atendimento em 79,55% dos dias, principalmente durante períodos de baixa ou nenhuma precipitação.

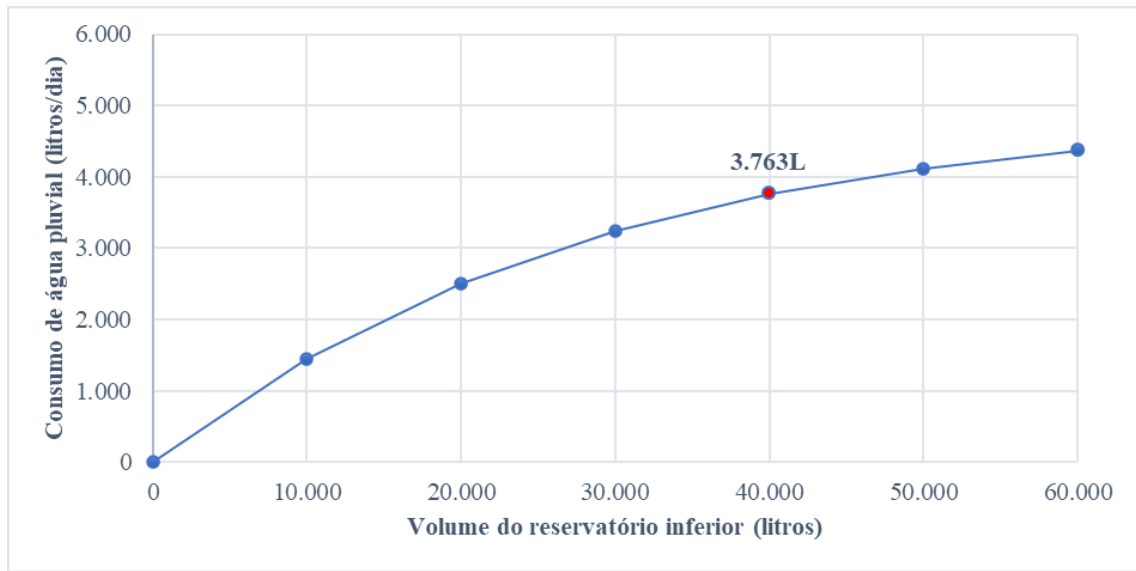
Figura 41 – Percentuais atendimento da demanda uso de água da chuva – Campus Pesqueira



Fonte: o autor (2025).

A variação do consumo diário de água da chuva em função do volume do reservatório está representada na Figura 42. Para o Campus PES, o consumo pluvial médio alcançado foi de 3.763 L, o que corresponde a 15,40% da demanda diária de água não potável.

Figura 42 – Consumo diário de água pluvial de acordo com o volume do reservatório – Campus Pesqueira

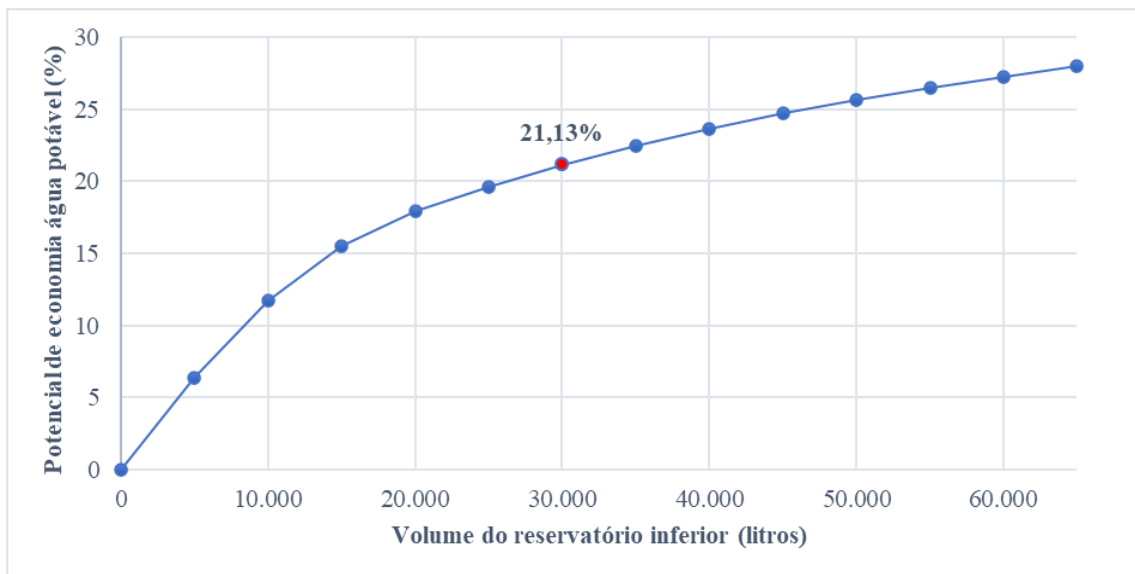


Fonte: o autor (2025).

Campus Afogados da Ingazeira

No Campus AFI, o reservatório superior foi dimensionado com capacidade de 12.000 L, acima da demanda diária de 11.570 L. Para o reservatório inferior, adotou-se 30.000 L, resultando em uma economia média de 21,13% (Figura 43), considerando-se uma diferença entre potenciais de economia de água potável por meio de aproveitamento de água pluvial maior que de 0,3%/m³.

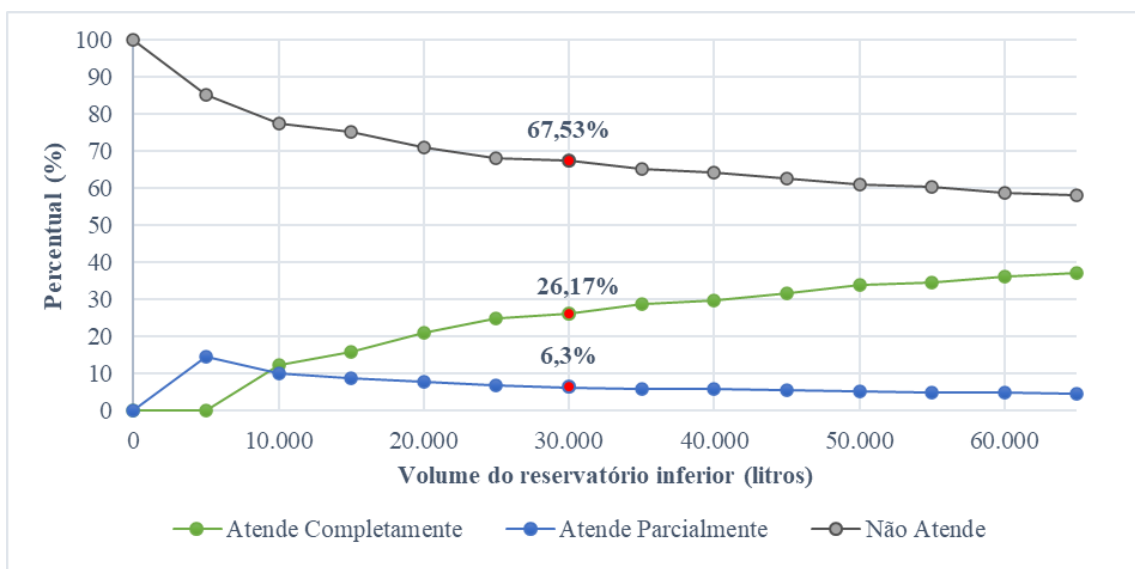
Figura 43 – Relação entre o volume do reservatório e percentual de economia – Campus Afogados da Ingazeira



Fonte: o autor (2025).

A Figura 44 demonstra que esse volume proporcionou atendimento total da demanda em 26,17% dos dias, parcial em 6,30% e ausência de atendimento em 67,53% dos dias simulados.

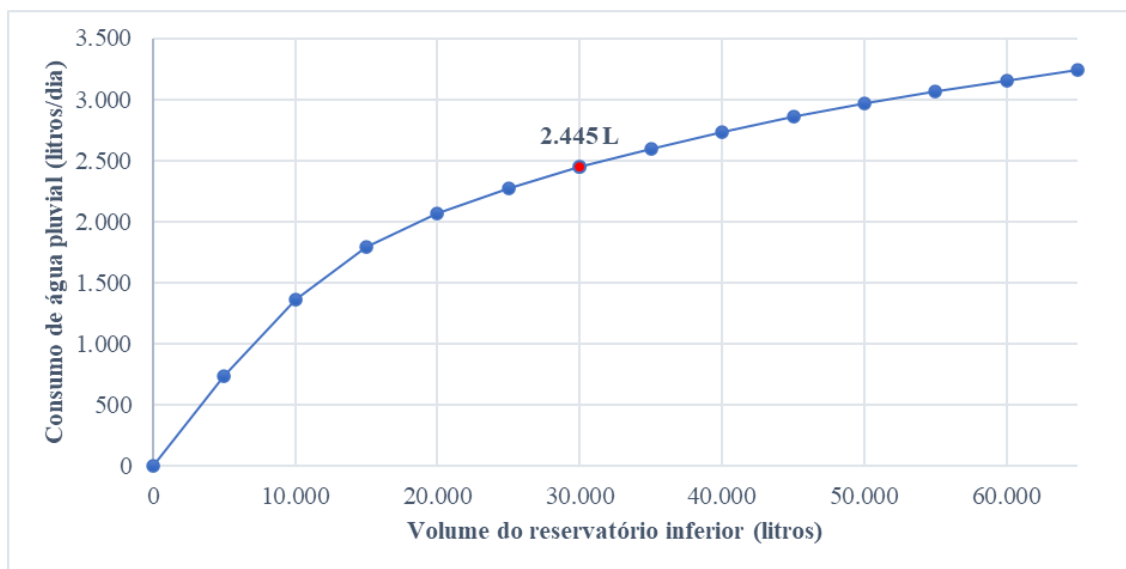
Figura 44 – Percentuais atendimento da demanda uso de água da chuva – Campus Afogados da Ingazeira



Fonte: o autor (2025).

A Figura 45 indica que o volume de 30.000 L permitiu um consumo médio de 2.445 L de água pluvial por dia, atendendo aproximadamente 30,19% da demanda não potável.

Figura 45 – Consumo diário de água pluvial de acordo com o volume do reservatório – Campus Afogados da Ingazeira



Fonte: o autor (2025).

Dimensões dos reservatórios

As dimensões internas dos reservatórios foram definidas com altura útil de 2,00 m, acrescida de 30 cm de separação atmosférica. No Campus PES, o reservatório inferior foi dimensionado com 5,00 m de comprimento e 4,00 m de largura, enquanto o superior com 5,00 m comprimento e 3,50 m de largura. No Campus AFI, o reservatório inferior foi dimensionado medindo 5,00 m e comprimento e 3,50 m de largura, enquanto o superior, 3,00 m de largura e 2,00 m de comprimento, todos com altura total de 2,30 m. Essas configurações foram definidas com base na eficiência hidráulica e na adequação ao espaço disponível nos respectivos *campi*.

5.6.2 Estrutura tarifária considerada para cálculo de economia

Para estimar a economia na conta de água, foram calculados os valores das faturas com base na demanda potável total. Utilizou-se, para isso, a estrutura tarifária da concessionária local, COMPESA, conforme estabelecido pela Agência Reguladora de

Pernambuco (ARPE), por meio da Resolução ARPE nº 289, de 26 de março de 2025. Os valores aplicáveis às entidades públicas estão apresentados na Tabela 28.

Tabela 28 – Estrutura tarifária para o setor público aplicada pela COMPESA

ÁGUA TRATADA	
Setor Público	
Faixa de consumo (m³)	Valor (R\$)
até 10 m³	R\$ 87,84 / mês
acima de 10 m³	R\$ 13,32 / m³ excedente

Fonte: Adaptado de ARPE (2025).

5.6.3 Custos de ampliação do sistema do Campus Jaboatão dos Guararapes

A Tabela 29 apresenta os custos iniciais para a ampliação do sistema de aproveitamento de águas pluviais do Campus JBG, considerando dois cenários distintos, cujos valores foram obtidos com base nas simulações realizadas no software Netuno 4.

Tabela 29 – Custos iniciais de ampliação do sistema do Campus Jaboatão dos Guararapes

ITEM	CENÁRIO 01			CENÁRIO 02		
		AMPLIAÇÃO DO ATENDIMENTO DAS DEMANDAS NÃO POTÁVEIS		AMPLIAÇÃO DO VOLUME DE ARMAZENAMENTO INFERIOR		
1 RESERVATÓRIOS	R\$	-	0,00%	R\$	57.811,27	45,85%
1.1 INFRAESTRUTURA (RESERVATÓRIO INFERIOR)	R\$	-	0,00%	R\$	57.811,27	45,85%
2 INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS	R\$	68.269,02	100,00%	R\$	68.269,02	54,15%
2.1 SISTEMA DE CAPTAÇÃO	R\$	57.677,48	84,49%	R\$	57.677,48	45,75%
2.2 SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO/ALIMENTAÇÃO	R\$	1.428,15	15,51%	R\$	9.163,39	7,27%
3 TOTAL	R\$	68.269,02	100,00%	R\$	126.080,29	100,00%

Fonte: o autor (2025).

Cenário 01: Ampliação do atendimento das demandas não potáveis

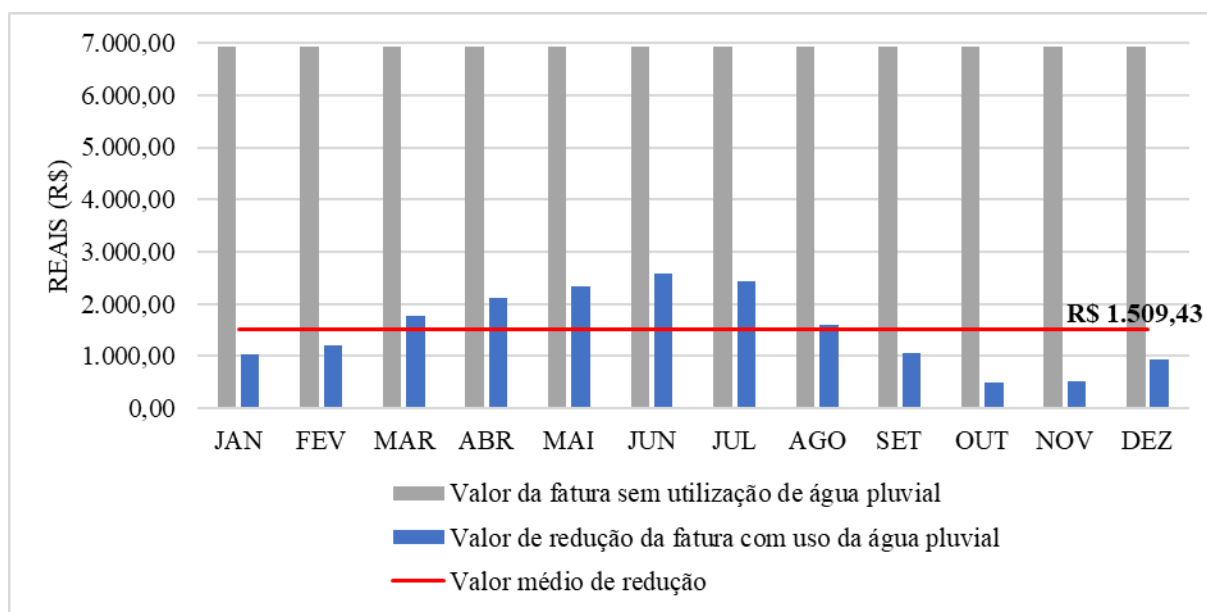
Neste cenário, o custo total da ampliação estimado foi de R\$ 68.269,02. Esse valor foi destinado à ampliação do sistema de captação e distribuição de água pluvial, para atender às demandas não potáveis do Campus.

Para estimar a economia na conta de água caso o Campus JBG fosse abastecido pela COMPESA, foi calculado o valor da fatura com base na demanda potável total, utilizando os

valores apresentados na Tabela 28. Considerando a entrega da COMPESA como fornecedora, os dados demonstram uma redução significativa nos custos ao adotar essa solução.

Conforme ilustrado na Figura 46, a economia média mensal obtida com o uso de águas pluviais estimada foi de R\$ 1.509,43, evidenciando o potencial de redução da dependência do abastecimento convencional, caso esse fosse a forma de abastecimento do Campus.

Figura 46 – Redução no valor da água do Campus Jaboatão dos Guararapes – Cenário 1



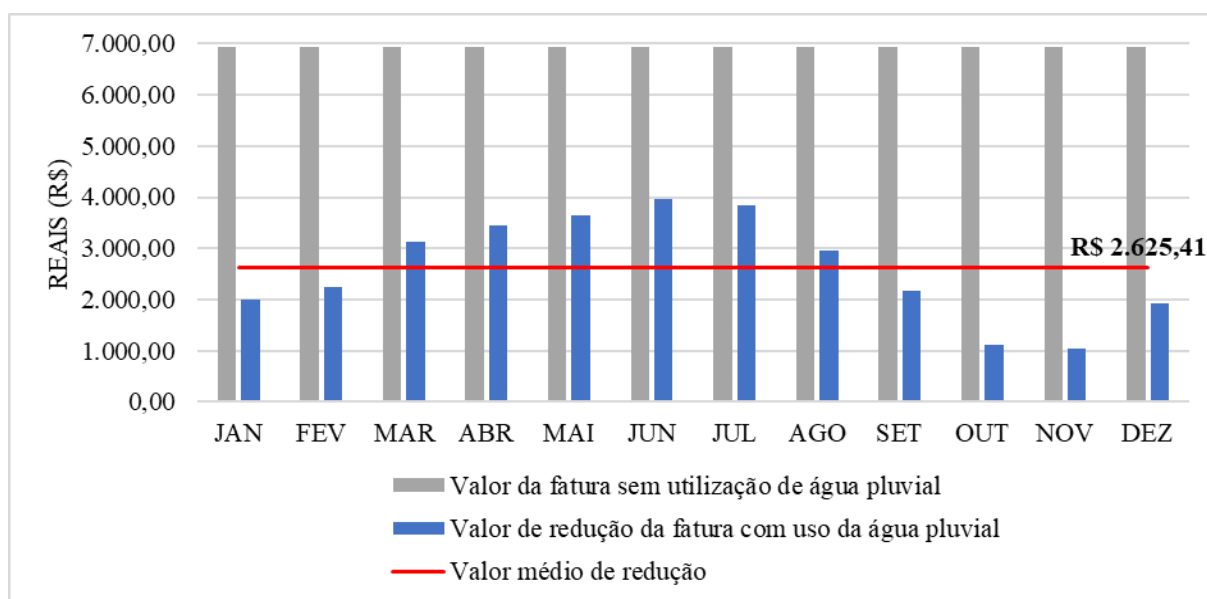
Fonte: o autor (2025).

Cenário 02: Ampliação do Volume de Armazenamento Inferior

Neste cenário, o custo total da ampliação estimado foi de R\$ 126.080,29. Esse valor foi utilizado para ampliar a capacidade de armazenamento inferior, além de expandir o sistema de captação e distribuição. A maior parte do investimento foi direcionada para o reservatório inferior, com um custo de R\$ 57.811,27, representando 45,85% do custo total.

Conforme ilustrado na Figura 47, a economia média mensal obtida com o uso de águas pluviais estimada foi de R\$ 2.625,41, evidenciando o potencial de redução da dependência do abastecimento convencional.

Figura 47 – Redução no valor da água do Campus Jaboatão dos Guararapes – Cenário 2



Fonte: o autor (2025).

A partir das simulações realizadas, foi possível observar um aumento significativo na cobertura da demanda hídrica do Campus por água pluvial. No caso da ampliação para o atendimento das demandas não potáveis, a cobertura anual passou de 8,89% para 21,8%. Já com a ampliação da área de captação e o aumento da capacidade de armazenamento, esse percentual chegou a 37,9%. Esse aumento não só permitirá uma maior utilização da água de chuva, como também contribuirá para a redução do consumo de água potável, representando um avanço importante nas práticas de gestão hídrica sustentável do Campus.

Análise do Retorno do Investimento (Payback Estático)

A partir dos valores apresentados, o tempo de retorno do investimento foi estimado por meio da Equação 8. Para o Cenário 01, o retorno será alcançado em 46 meses, indicando que, após esse período, o Campus JBG teria recuperado o valor investido na ampliação do sistema de aproveitamento de águas pluviais, passando a obter benefícios contínuos com a redução dos custos relacionados ao consumo de água potável. No Cenário 02, o tempo de retorno estimado foi de 48 meses, considerando o investimento necessário para o aumento da capacidade de armazenamento inferior, bem como a expansão do sistema de captação e distribuição de águas pluviais.

Embora o Cenário 01 ofereça um retorno mais rápido, com uma diferença de apenas 2 meses, o Cenário 02 se mostra mais vantajoso a longo prazo. Com uma economia média anual de 37,9%, superior aos 21,7% do Cenário 01, ele proporcionaria uma maior redução de custos ao longo dos anos. Essa diferença percentual representa uma economia acumulada substancial com o passar do tempo, tornando o investimento mais eficiente sob a ótica financeira.

Além disso, a maior capacidade de armazenamento e distribuição prevista no Cenário 02 oferece maior resiliência hídrica, reduzindo a dependência de fontes externas de água potável, especialmente em períodos de estiagem. Essa característica adiciona valor estratégico à escolha, pois pode mitigar riscos relacionados à escassez hídrica e à variação de tarifas de água no futuro.

Embora demande um investimento inicial mais elevado, o Cenário 02 apresenta uma economia mais expressiva, configurando-se como a alternativa mais sustentável e economicamente vantajosa para o Campus JBG.

5.6.4 Custos iniciais implantação nos *campi* Pesqueira e Afogados da Ingazeira

A Tabela 30 apresenta os custos iniciais para a ampliação do sistema de aproveitamento de águas pluviais nos *campi* PES e AFI.

Tabela 30 – Custos iniciais de implantação do sistema nos *campi* Pesqueira e Afogados da Ingazeira

	ITEM		CPES			CAFI	
1	RESERVATÓRIOS	R\$	228.200,09	52,99%	R\$	116.014,33	56,51%
1.1	INFRAESTRUTURA (RESERVATÓRIO INFERIOR)	R\$	112.355,90	26,09%	R\$	67.923,10	33,08%
1.2	SUPERESTRUTURA (RESERVATÓRIO SUPERIOR)	R\$	115.844,19	26,90%	R\$	48.091,23	23,42%
2	INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS	R\$	202.454,29	47,01%	R\$	89.290,34	43,49%
2.1	SISTEMA DE CAPTAÇÃO	R\$	134.329,72	31,19%	R\$	65.687,86	32,00%
2.2	SISTEMA DE RECALQUE	R\$	9.197,47	2,14%	R\$	9.197,47	4,48%
2.3	SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO/ALIMENTAÇÃO	R\$	58.927,10	13,68%	R\$	14.405,01	7,02%
3	TOTAL	R\$	430.654,38	100,00%	R\$	205.304,67	100,00%

Fonte: o autor (2025).

Para o Campus PES, o custo total para a implantação do sistema de aproveitamento de águas pluviais estimado foi de R\$ 430.654,38. A maior parte desse investimento foi

direcionada para os reservatórios, com um custo de R\$ 228.200,09, representando 52,99% do custo total.

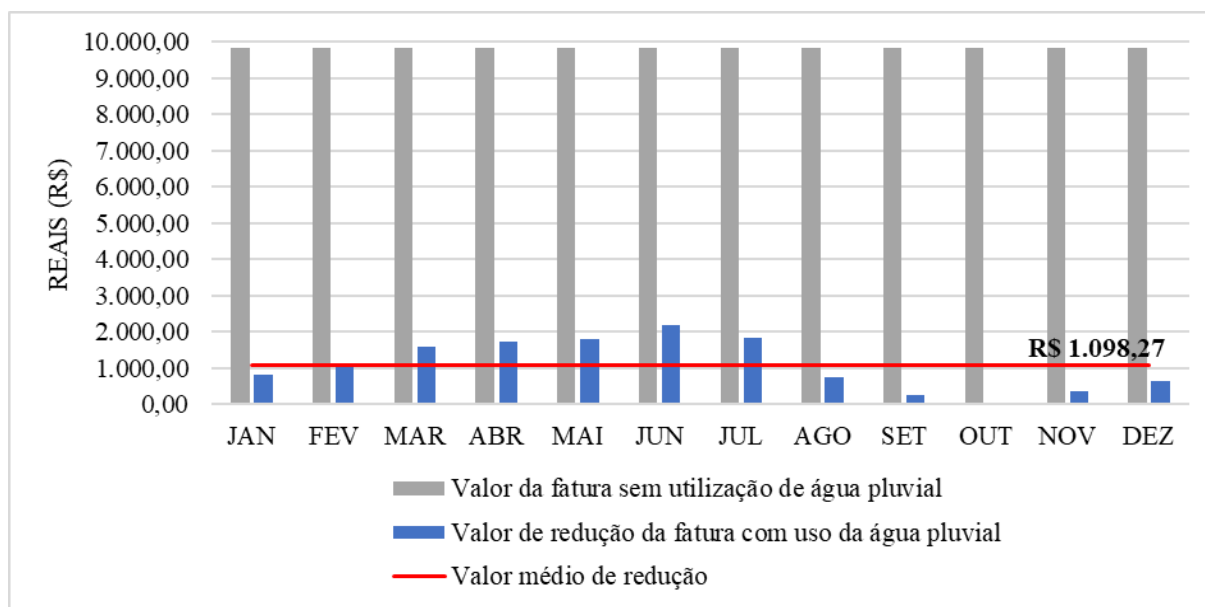
Para o Campus AFI, o custo total para a implantação do sistema estimado foi de R\$ 205.304,67. O maior investimento foi direcionado aos reservatórios, com um custo de R\$ 116.014,33, representando 56,51% do custo total. Nessa simulação caso, a economia média anual da fatura de água foi de 21,13%.

Potencial de economia no Campus Pesqueira e Retorno do Investimento

Para estimar a economia na conta de água caso o Campus PES fosse abastecido pela COMPESA, foi calculado o valor da fatura com base na demanda potável total, utilizando os valores apresentados na Tabela 28. Considerando a entrega da COMPESA como fornecedora, os dados demonstram uma redução significativa nos custos ao adotar essa solução.

Conforme ilustrado na Figura 48, a economia média mensal obtida com o uso de águas pluviais estimada foi de R\$ 1.098,27, evidenciando o potencial de redução da dependência do abastecimento convencional.

Figura 48 – Valor de redução da água do Campus Pesqueira



Fonte: o autor (2025).

O tempo de retorno do investimento para o CPES foi calculado em aproximadamente 33 anos, com uma economia média anual estimada de R\$ 13.179,27, considerando que a unidade fosse abastecida pela COMPESA. Embora esse prazo seja bastante longo para a

recuperação financeira do investimento, é importante destacar que os benefícios ambientais gerados pelo sistema de aproveitamento de águas pluviais são significativos e contínuos ao longo desse período e além.

Entre esses benefícios, destacam-se a redução da dependência de fontes externas de água potável, o que contribui para a segurança hídrica da instituição, e a diminuição da extração de água dos mananciais locais, auxiliando na conservação dos recursos naturais e no equilíbrio dos ecossistemas. Além disso, o sistema incentiva a adoção de práticas sustentáveis, fortalecendo a cultura de uso consciente da água.

A variação e irregularidade na quantidade de chuva ao longo do ano afetam a eficiência do sistema, influenciando diretamente o volume de água captada e armazenada. Mesmo assim, o sistema contribui para a conservação dos recursos hídricos locais e reforça o compromisso da instituição com a sustentabilidade.

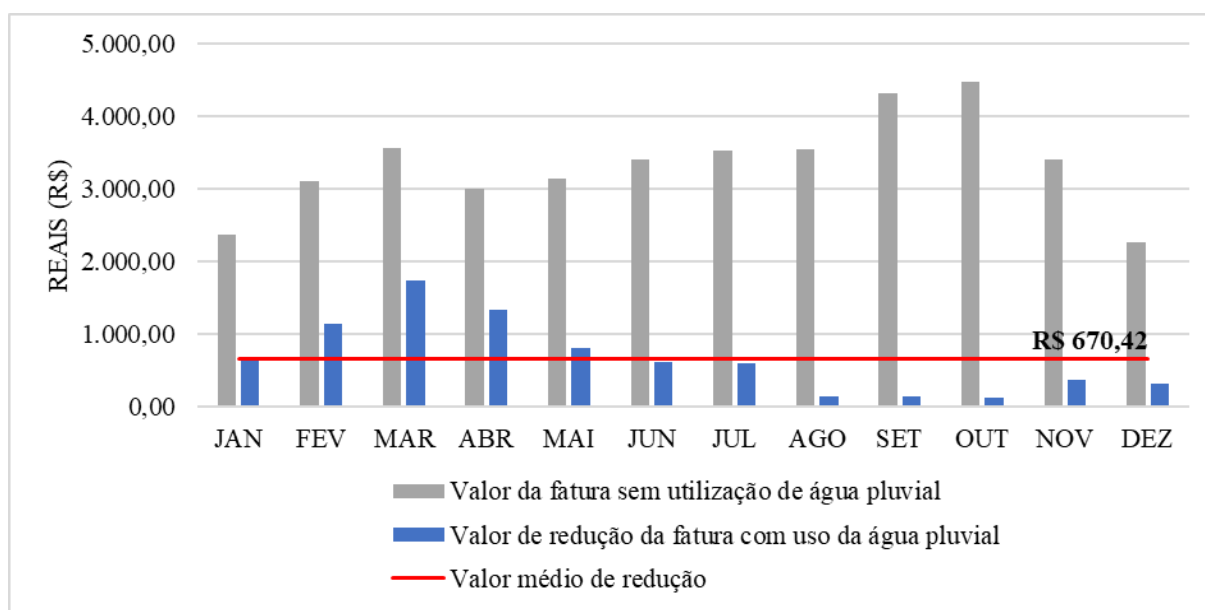
Assim, apesar do retorno financeiro demorado, o investimento proporciona ganhos ambientais importantes, que ajudam a garantir a segurança hídrica do campus e alinham-se às metas de sustentabilidade e à gestão responsável dos recursos naturais.

Potencial de economia no Campus Afogados da Ingazeira e Retorno do Investimento

Para estimar a economia na conta de água do Campus AFI foram consideradas as médias dos valores mensais do período de acesso as faturas de consumo de água fornecida pela COMPESA.

Conforme ilustrado na Figura 49, a economia média mensal obtida com o uso de águas pluviais estimada foi de R\$ 670,42, evidenciando o potencial de redução da dependência do abastecimento convencional. Com destaque para os meses de março e abril, onde a redução pode chegar a 49% e 45% respectivamente.

Figura 49 – Valor de redução da fatura de água do Campus Afogados da Ingazeira



Para o Campus AFI, o tempo de retorno do investimento foi estimado em aproximadamente 26 anos, o que também representa um período consideravelmente longo. Com uma economia média anual de R\$ 8.045,08, destaca-se pela economia média anual de 21,13%.

Embora o tempo de retorno do investimento nos *campi* PES e AFI seja consideravelmente mais longo quando comparado à ampliação do sistema no Campus JBG, os sistemas de aproveitamento de águas pluviais ainda representam uma alternativa ambientalmente responsável. O custo inicial elevado e as limitações pluviométricas impactam a eficiência econômica, especialmente nos *campi* PES e AFI. Contudo, mesmo diante de um retorno mais demorado, os benefícios ambientais, como a redução da demanda por água potável e o aumento da resiliência hídrica, justificam a adoção dessas soluções, alinhando-se com as diretrizes de gestão ambiental institucional. Além disso, esses sistemas promovem impactos sociais positivos, como a conscientização da comunidade acadêmica sobre o uso responsável da água, fortalecendo a cultura de responsabilidade socioambiental no ambiente educacional.

Do ponto de vista econômico, embora o retorno financeiro se estenda ao longo dos anos, o sistema proporciona ganhos em termos de autonomia hídrica e previsibilidade orçamentária. A implantação e a avaliação desses sistemas fornecem informações práticas que embasam o planejamento, apoiam decisões estratégicas e contribuem para o desenvolvimento

de ações voltadas a uma gestão ambiental mais eficaz. Assim, sua adoção pelas instituições de ensino ultrapassa a dimensão operacional, consolidando-se como um instrumento técnico e estratégico de suporte à gestão ambiental sustentável e integrada.

6 CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos, conclui-se que a implantação ou ampliação dos sistemas de aproveitamento de águas pluviais em todos os *campi* analisados é tecnicamente viável e contribui para a redução do consumo de água potável. Verificou-se um potencial médio de substituição de cerca de 70% da demanda total por água não potável, com destaque para o Campus Jaboatão dos Guararapes, onde o sistema pode proporcionar uma economia de até 37,9% no consumo anual de água.

Os dados evidenciaram impactos positivos nos três pilares da sustentabilidade. No aspecto ambiental, a implantação favorece a redução da demanda por água potável, contribuindo para a preservação dos recursos hídricos. Socialmente, identificaram-se indícios de uma conscientização sobre o uso responsável da água. Na dimensão econômica, observou-se potencial de redução nos custos relacionados ao consumo de água.

O Campus Jaboatão dos Guararapes apresentou viabilidade financeira, com retorno do investimento em menos de quatro anos. Já nos *campi* de Pesqueira e Afogados da Ingazeira, embora os prazos de retorno sejam mais longos, as economias anuais — de 11,16% e 21,13%, respectivamente —, associadas aos benefícios ambientais contínuos, como a conservação dos mananciais e o fortalecimento da resiliência hídrica, justificam plenamente os investimentos a longo prazo.

Além disso, os achados desta pesquisa demonstram que o aproveitamento de águas pluviais atende de forma prática a uma parcela significativa da demanda hídrica institucional, especialmente para usos não potáveis, promovendo economia de recursos, maior autonomia e segurança hídrica. Essa iniciativa representa não apenas um avanço técnico, mas também um alinhamento claro com as diretrizes da Agenda 2030 da ONU e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, ao contribuir com os esforços para garantir o acesso universal à água em quantidade e qualidade adequadas.

O uso racional da água, aliado à valorização de fontes alternativas, reforça o compromisso institucional com uma cultura de responsabilidade ambiental, capaz de inspirar mudanças e promover boas práticas no ambiente educacional e além dele.

Portanto, a análise realizada confirma que a adoção de sistemas de captação de águas pluviais, especialmente voltados para usos não potáveis, pode auxiliar efetivamente na gestão ambiental das instituições federais de ensino, ao reduzir a pressão sobre as fontes de água potável e promover economia operacional. A experiência nos *campi* do IFPE evidencia o potencial desses sistemas como uma ferramenta prática e sustentável para atender à crescente demanda por soluções hídricas eficientes nesse contexto.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Limitações do trabalho

As principais limitações deste trabalho foram as seguintes:

- A inexistência de uma setorização de medição da demanda de água potável utilizada nos *campi* do IFPE, objetos deste trabalho;
- A inexistência de hidrômetro nos *campi* Jaboaão dos Guararapes e Pesqueira, de forma a comparar a demanda calculada por meio da aplicação dos questionários, com o volume real consumido e registrado;
- A determinação das possíveis perdas de água nas edificações.

REFERÊNCIAS

AB’SÁBER, A. N. Dossiê Nordeste Seco - Sertões e sertanejos: uma geografia humana sofrida. **Estudos Avançados**. São Paulo, v. 13, n. 36, p. 7-29, 1999. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/eav/article/view/9474>. Acesso em: 02 jun. 2025.

ANDRADE, C. E. S. de (Org.). **Inovação na administração: a criação de vantagem competitiva 2**. Ponta Grossa - PR: Atena, 2024.

AGÊNCIA PERNAMBUCANA DE ÁGUAS E CLIMA (APAC). **A Gestão dos Recursos Hídricos em Pernambuco**. 2019. Disponível em: <https://www.alepe.pe.gov.br/wp-content/uploads/2019/12/RELATORIO-APAC-GESTAO-RECURSOS-HIDRICOS-DEZ-2019.pdf>. Acesso em: 15 out. 2023.

AGÊNCIA PERNAMBUCANA DE ÁGUAS E CLIMA (APAC). **Acumulado mensal de precipitação - Novembro/2022**. 2022. Disponível em: <https://www.apac.pe.gov.br/uploads/NOVEMBRO-2022-.pdf>. Acesso em: 21 jan. 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (Brasil). **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2023: informe anual**. Brasília: ANA, 2024. 118 p.

ALCOFORADO, C. G.; FAUSTINO, R. **Sistema de tratamento de esgoto doméstico em condomínio horizontal e reúso de águas cinzas**. CIENTEC: Revista de ciência, tecnologia e humanidades do IFPE, v. 2, p. 85-99-99, 2018.

ALMEIDA, D. C. **Aproveitamento de águas pluviais em instituição de ensino federal**. 2016. 97f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Mestrado Profissional em Gestão do Desenvolvimento Local Sustentável, Universidade de Pernambuco, 2016.

AGÊNCIA REGULADORA DE PERNAMBUCO - ARPE. **Resolução nº 289, de 26 de março de 2025**. Cria e fixa tarifas de nova categoria de usuários “Tarifa Social Pernambucana”, reequilibra as tarifas das demais categorias, reajusta e homologa a estrutura tarifária resultante a ser cobrada pela Companhia Pernambucana de Saneamento – COMPESA. Diário Oficial do Estado de Pernambuco, Recife, 27 mar. 2025. Disponível em: http://www.arpe.pe.gov.br/images/RESOLUCAO/RESOLUCOES2025/Resoluo-Arpe-289-2025---Tarifa-Social-Pernambucana._compressed.pdf. Acesso em: 27 mar. 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 5626**: Sistemas prediais de água fria e água quente - Projeto, execução, operação e manutenção. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.

_____. **ABNT NBR 10844**: Instalações prediais de águas pluviais - Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 1989.

_____. **ABNT NBR 15527**: Aproveitamento de água de chuva de coberturas para fins não potáveis - Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2019a.

_____. **ABNT NBR 16727-1**: Bacia sanitária - Parte 1: Requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2019b.

_____. **ABNT NBR 16782**: Conservação de água em edificações - Requisitos, procedimentos e diretrizes. Rio de Janeiro: ABNT, 2019c.

_____. **ABNT NBR 16783**: Uso de fontes alternativas de água não potável em edificações. Rio de Janeiro: ABNT, 2019d.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de Cloração de Água em Pequenas Comunidades Utilizando o Clorador Simplificado Desenvolvido pela Funasa** - Fundação Nacional de Saúde – Brasília: Funasa, 2014. 36 p.

_____. **Instrução Normativa nº 01, de 19 de janeiro de 2010**. Dispõe sobre os critérios de sustentabilidade ambiental na aquisição de bens, contratação de serviços ou obras pela Administração Pública Federal direta, autárquica e fundacional e dá outras providências. 2010. Disponível em: <https://www.gov.br/compras/pt-br/aceso-a-informacao/legislacao/instrucoes-normativas/instrucao-normativa-no-01-de-19-de-janeiro-de-2010>. Acesso em: 11 mar. 2024.

_____. **Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos [...]. Presidência da República, 1997. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19433.htm. Acesso em: 15 jul. 2023.

_____. **Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020**. Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera diversas leis. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 16 jul. 2020. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/L14026.htm. Acesso em: 22 abr. 2024.

_____. Ministério da Saúde. **Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021**. Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília: MS, 2021. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2021/prt0888_07_05_2021.html. Acesso em: 14 nov. 2023

_____. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento – SNS. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: **Diagnóstico Temático Serviços de Água e Esgoto** – 2020. Brasília: SNS/MDR, 2022. 56 p.

_____. Tribunal de Contas da União. **Acórdão nº 2.622/2013 – TCU – Plenário**. Brasília, DF: TCU, 2013. Disponível em: <https://pesquisa.apps.tcu.gov.br/doc/acordao-completo/2622/2013/Plen%C3%A1rio>. Acesso em: 10 jan. 2025.

CARDOSO, R. N. C. **Viabilidade econômica de sistemas de captação de água da chuva para fins não potáveis em dois prédios da Universidade Federal do Pará**. 2018, 133p. Dissertação (Mestrado) – UFPA, Belém, 2018. Disponível em: <http://repositorio.ufpa.br/jspui/handle/2011/11194>. Acesso em: 12 out 2024.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO (CBIC). **Guia orientativo das normas de conservação de água, fontes alternativas não potáveis e aproveitamento**

de água de chuva em edificações. Câmara Brasileira da Indústria da Construção. Brasília-DF: CBIC, 2019.

FERNANDEZ, J. C. & Garrido, R. J. **Economia dos recursos hídricos.** Salvador: EDUFBA, 2002.

FRANQUETO, R.; FRANQUETO, R. Otimizando o consumo de água em residências: uma análise de cálculo de demanda hídrica em uma edificação residencial multifamiliar no município de Irati-PR. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, v. 15, p. 1-6, 2023.

FUNDAÇÃO AGÊNCIA DE BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO TIETÊ (FABHAT). **Plano da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê - PBHAT: Relatório Parcial de Diagnóstico (RPD).** São Paulo: FABHAT, 2018. Disponível em: https://drive.google.com/open?id=1KC7gfRRiUnXeJlcGk4atfABkj_-2uHV7. Acesso em: 16 nov. 2023.

GHISI, E.; CORDOVA, M. M. **Netuno 4.** Programa computacional. Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Civil. Disponível em: <http://www.labee.ufsc.br/>. 2014.

GNADLINGER, J. **Captação de água de chuva: uma ferramenta para atendimento às populações rurais inseridas em localidades áridas e semiáridas.** In: Medeiros, S.; Gheyim H. R.; Galvão, C.; Paz, V. P. (Org.). Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas. Campina Grande: Instituto Nacional do Semiárido, 2011.

_____. **Água de chuva no manejo integrado dos recursos hídricos em localidades semiáridas: aspectos históricos, biofísicos, técnicos, econômicos e sociopolíticos.** Captação, manejo e uso de água de chuva. 1ed., 2015, v. 1, p. 37-74.

GONÇALVES, R. F. (coordenador). **Uso Racional da Água em Edificações.** Projeto PROSAB. Rio de Janeiro: ABES, 2006. 352 p.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo 2022.** De 2010 a 2022, população brasileira cresce 6,5% e chega a 203,1 milhões. 2023. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/37237-de-2010-a-2022-populacao-brasileira-cresce-6-5-e-chega-a-203-1-milhoes#:~:text=A%20popula%C3%A7%C3%A3o%20do%20pa%C3%ADs%20chegou,foi%20de%200%2C52%25>. Acesso em: 31 ago. 2023.

IFPE – Instituto Federal de Educação, ciência e Tecnologia de Pernambuco. **Painel IFPE em Números.** 2024. Disponível em: < <https://lookerstudio.google.com/u/0/reporting/1698017d-c2cc-4f11-b0c4-b6b70fdc4cd2/page/u7UuD>>. Acesso em: 08 jan. 2025.

LAMBERTS, R. (coordenador); ANDRADE, M.; MARINOSKI, A. K.; BECKER, H. R. **Casa Eficiente: uso racional da água.** Florianópolis: UFSC/LABEE, 2010. v. 3. 72 p.

LISBOA, M. B. **Proposição e avaliação de tecnologias para sistemas de aproveitamento de água da chuva.** 2011. 215 p. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2011.

MAPBIOMAS, 2021. **A dinâmica da superfície de água do território brasileiro. Principais resultados do mapeamento anual e mensal da superfície de água no Brasil entre 1985 até 2020.** Disponível em: <https://mapbiomas.org>. Acesso em: 16 jun. 2024.

MARCHESAN, J. *et al.* (organização). **V Seminário sobre Água e Desenvolvimento Regional: análises e propostas para a gestão das águas no Território do Alto Uruguaí Catarinense.** Mafra: UnC, 2022.

MAY, S. **Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações.** 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil e Urbana) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2004.

MENDEZ, C. B.; KLENZENDORF, J. B.; AFSHAR, B. R.; SIMMONS, M. T.; BARRETT, M. E.; KINNEY, K. A.; KIRISITS, M. J. **The effect of roofing material on the quality of harvested rainwater.** *Water Research.* n. 45, p. 2049-2059. 2011.

NUNES, L. G. C. F. *et al.* Water consumption in public schools: a case study. **Journal of Water, Sanitation and Hygiene for Development**, v. 9, n. 1, p. 119–128, 2019.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável.** 2022. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em 23 out. 2023.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **46% da população global vive sem acesso a saneamento básico.** *ONU News*, 2023. Disponível em: <https://news.un.org/pt/story/2023/03/1811712>. Acesso em: 22 ago. 2023.

PALHARES, J. C. P. **Captação de água de chuva e armazenamento em cisterna para uso na produção animal.** São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2016. 32p.

PETERS, M. R. **Potencialidade de uso de fontes alternativas de água para fins não potáveis em uma unidade residencial.** 2006. 109f.

PREETI, P.; RAHMAN, A. A Case Study on Reliability, Water Demand and Economic Analysis of Rainwater Harvesting in Australian Capital Cities. **Water**, v. 13, n. 19, 2021.

SANTANA, L; SANT'ANA, D. R. Análise do potencial de redução do consumo de água potável em unidades básicas de saúde. **Paranoá.** n.34, jan/jun 2023. DOI <http://doi.org/10.18830/issn.1679-0944.n34.2023.15>.

SANT'ANA, D. R. (coordenador); MEDEIROS, L. B. P. **Aproveitamento de águas pluviais e reúso de águas cinzas em edificações: Padrões de qualidade, critérios de instalação e manutenção.** Relatório Final. Brasília, 2017. Disponível em: https://www.adasa.df.gov.br/images/storage/area_de_atuacao/abastecimento_agua_esgotamento_sanitario/regulacao/reuso_aguas_cinza_aproveitamento_aguas_pluviais/reusodf_2_padroes_qualidade.pdf. Acesso em: 06 nov. 2023.

SÃO PAULO. Secretaria da Educação do Estado de São Paulo. Fundação para o Desenvolvimento da Educação - FDE. **Manual de operação e manutenção do sistema de aproveitamento de água de chuva.** São Paulo, 2015. Disponível em:

<https://produtostecnicos.fde.sp.gov.br/Pages/CatalogosTecnicos/Default.aspx>. Acesso em: 20 ago. 2023.

SCHUTT, J.D.C.; KALBUSCH, A.; HENNING, E. Modelagem do consumo de água em escolas públicas da cidade de Joinville-SC. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 19, 2022, Canela. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2022. p. 1-11.

SHIGUANG, C.; YU, Z. **Economic Feasibility Analysis of Rainwater Harvesting System at Typical Public Buildings in Guangzhou**. *Jornal da Sociedade Coreana de Engenharia Ambiental*, v. 43, n. 3, 2021.

SCHULTT, J. D. C.; KALBUSCH, A.; HENNING, E. Modelagem do consumo de água em escolas públicas da cidade de Joinville, SC. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 24, e131093, jan./dez. 2024. ISSN 1678-8621 Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212024000100743>

SILVA, A.; SOUSA, W.; SANTOS, G.; TORRES SALES, A. Análise da viabilidade de sistema de aproveitamento de água de chuva em um prédio público: um estudo de caso na escola municipal Cordeiro Filho, em Lagoa dos Gatos - PE. **Revista Brasileira de Tecnologias Sociais**, v. 10, p. 14-27, 2023. DOI: 10.14210/rbts.v10n2.p14-27

SILVA, B. A. S. R.; SILVA, J. S.; CUNHA, K. M. Aproveitamento de águas pluviais - Estudo de caso: ESAT/UEA. Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 24., 2021, Belo Horizonte. **Anais [...]**. Porto Alegre: ABRH, 2021, p. 4. Disponível em: <https://anais.abrhidro.org.br/job.php?Job=13590>. Acesso em: 15 abr. 2024.

SILVA, M. S. L. *et al.* **Práticas de manejo de solo e água para agroecossistemas de caprinos leiteiros do Semiárido do Nordeste brasileiro**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2022a. 17 p. (Embrapa Solos. Comunicado técnico, 81).

SILVA, S. T. B. *et al.* Influência da deposição seca e da modificação em dispositivo de desvio automático sobre a qualidade da água de chuva. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 27, n. 2, p. 385–393, mar. 2022b. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-415220200227>. Acesso em: 12 fev. 2024.

SOUSA, D. L.; ARAUJO, R. B. A.; CARVALHO STUDART, T. M. O exemplo de Israel: técnicas para o combate à seca no estado do Ceará. **Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade**, [S. l.], v. 11, n. 23, p. 72–88, 2023. Disponível em: <https://www.revistasuninter.com/revistameioambiente/index.php/meioAmbiente/article/view/1035>. Acesso em: 24 out. 2024.

SOUZA, T. M. R. **Potencial de aproveitamento de água de chuva e reuso de águas cinzas na UFPE: estudo de caso do prédio da faculdade de medicina**. 2018, 104 folhas. Dissertação. Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2018. Disponível em: <https://attena.ufpe.br/handle/123456789/32585>. Acesso em: 20 jul. 2024.

TOMAZ, P. **A Economia de Água para Empresas e Residências – Um Estudo Atualizado sobre o Uso Racional da Água**. Navegar Editora, São Paulo, 2001.

TOMAZ, P. Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis. São Paulo: Navegar, 2011, 278p.

VASCONCELOS, A. H. A. de; CRUZ, T. L.; SANTANA, A. C; CARVALHO, V. S. de; BARBOSA, I. M. B. R. Avaliação do uso da água no IFPE através do diagnóstico das instalações hidrossanitárias e hábitos de consumo. Revista CIENTEC, Vol. 7, no 1, 56–64, 2015.

VIEIRA, P. C. C. Sistemas de água e esgoto nas edificações: dimensionamento e patologias. 2º Ed. São Paulo: LEUD, 2023.

ZANELLA, L.; ALVES, W. C. Aproveite a água da chuva, mesmo que escassa. Portal AECWeb, 24 de setembro, 2021.

APÊNDICE A - PRODUTO TÉCNICO (CARTILHA)



CARTILHA BÁSICA PARA IMPLANTAÇÃO DE SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS

CARTILHA BÁSICA PARA IMPLANTAÇÃO DE SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS

AUTOR

TARCISIO DA SILVA LAURINDO

COLABORAÇÃO

PROF. DR. JOSÉ COELHO DE ARAÚJO FILHO

PROF. DR. RONALDO FAUSTINO DA SILVA



RECIFE-PE

2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Laurindo, Tarcisio da Silva

Cartilha básica para implantação de sistemas de aproveitamento de águas pluviais [livro eletrônico] / Tarcisio da Silva Laurindo ; colaboração José Coelho de Araújo Filho, Ronaldo Faustino da Silva. -- Recife, PE : Ed. do Autor, 2025.

PDF

Bibliografia.

ISBN 978-65-01-51153-5

1. Águas pluviais 2. Gestão ambiental
3. Recursos hídricos 4. Sustentabilidade I. Araújo Filho, José Coelho de . II. Silva, Ronaldo Faustino da. III. Título.

25-277258

CDD-333.91

Índices para catálogo sistemático:

1. Recursos hídricos : Gestão 333.91

Eliete Marques da Silva - Bibliotecária - CRB-8/9380

APRESENTAÇÃO



Esta cartilha é fruto da dissertação de mestrado do autor Tarcisio da Silva Laurindo, desenvolvida no âmbito do Mestrado Profissional em Gestão Ambiental (MPGA) do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco (IFPE). O conteúdo apresentado resulta da pesquisa intitulada: "Uso de Águas Pluviais para Complementação Hídrica, em Instituições de Ensino, como Subsídio para Gestão Ambiental", orientada pelo Prof. Dr. José Coelho de Araújo Filho e coorientação do Prof. Dr. Ronaldo Faustino da Silva.

O principal objetivo desta cartilha é servir como um guia prático sobre a concepção, implantação e manutenção de sistemas de captação de águas pluviais, funcionando como um recurso de apoio pedagógico voltado especialmente para alunos de formação técnica. Inspirada em materiais de referência na área, busca consolidar o conhecimento técnico e as diretrizes normativas brasileiras, adaptando-as para subsidiar futuras implementações em diversas edificações, com ênfase em instituições de ensino.

Esperamos que este material contribua para a adoção de práticas sustentáveis, promovendo a gestão eficiente dos recursos hídricos.

AUTORES

TARCISIO DA SILVA LAURINDO

Autor

Possui graduação e Engenharia Civil pela Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco (UPE/POLI - 2018); Especialização em Engenharia de Estruturas de Concreto Armado pela Universidade Cândido Mendes (UCAM - 2019); Mestrado em Gestão Ambiental pelo Instituto Federal de de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco (IFPE - 2025); e Técnico em Edificações pela ETE Professor Agamemnon Magalhães (ETEPAM - 2012).

PROF. DR. JOSÉ COELHO DE ARAÚJO FILHO

Orientador

Possui graduação em Agronomia pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (1983); Mestrado em Agronomia - Ciência do Solo também pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (1992); Doutorado em Ciências - área de concentração: Geoquímica e Geotectônica - pela Universidade de São Paulo (2004); e Pós-Doutorado pela Universidade Técnica de Berlim - Alemanha (2009). É revisor de artigos científicos em periódicos nacionais e internacionais (RBCS, PAB, Agriambi, Catena, Geoderma etc). Atualmente é pesquisador em ciência do solo (Pedologia) na Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Tem experiência na área de Agronomia, com ênfase em Gênese, Morfologia, Classificação e levantamentos de Solos, classificação de terras para irrigação, Zoneamentos Agroecológicos. Tem realizado pesquisas sobre a coesão em solos dos Tabuleiros Costeiros assim como sobre cimentações pedogenéticas. É professor credenciado pela Universidade Federal de Pernambuco no Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA) onde orienta e coorienta alunos do referido programa. Tem dezenas de publicações em artigos científicos, em periódicos nacionais e internacionais, além de livros e capítulos de livros.

PROF. DR. RONALDO FAUSTINO DA SILVA

Coorientador

Engenheiro Agrônomo pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (1985), Licenciado em Ciências Agrícolas pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (1996). Especialização em Engenharia de Irrigação pela Universidade de Pernambuco, Escola Politécnica (1990). Engenheiro de Segurança do Trabalho pela Universidade Cândido Mendes (2017). Mestre em Gestão e Políticas Ambientais pela Universidade Federal de Pernambuco (2000). Doutor em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Pernambuco (2007). Pós-graduação em Ecological Sanitation pelo Stockholm Environment Institute da Suécia (2009). Professor Titular do Instituto Federal de Pernambuco.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO: POR QUE APROVEITAR A ÁGUA DE CHUVA?	5
2	O QUE É O SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL?	7
3	COMPONENTES DO SISTEMA	7
4	NORMAS E LEGISLAÇÕES APLICADAS	10
5	CONCEPÇÃO E DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA	11
6	USOS NÃO POTÁVEIS E INSTALAÇÕES PREDIAIS	13
7	QUALIDADE DA ÁGUA E TRATAMENTO	15
8	OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO	16
9	BENEFÍCIOS E CONSCIENTIZAÇÃO	17
10	RECURSOS ADICIONAIS	17
	REFERÊNCIAS	18



1. INTRODUÇÃO

POR QUE APROVEITAR A ÁGUA DE CHUVA?

A água da chuva é gratuita, aproveitá-la é um ato de inteligência ambiental.

A água é um recurso essencial e estratégico, tanto para o consumo humano quanto para diversas atividades produtivas e instalações prediais. Contudo, cenários de escassez hídrica têm se tornado cada vez mais frequentes em diversas regiões. Diante disso, buscar fontes alternativas de abastecimento e promover a conservação dos recursos hídricos disponíveis torna-se fundamental.

O aproveitamento de águas pluviais (água da chuva) surge como uma prática simples e eficaz para complementar o abastecimento de água em edificações, especialmente para usos que não requerem água potável.



BENEFÍCIOS DO APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL



FONTE ALTERNATIVA

Reduz a dependência da água fornecida pela rede pública, liberando água potável para usos prioritários.

ECONOMIA

Potencial de redução nos custos com a tarifa de água, dependendo da estrutura tarifária local e do volume substituído.

CONSERVAÇÃO AMBIENTAL:

Contribui para a sustentabilidade ao diminuir a pressão sobre mananciais e reduzir o escoamento superficial, que pode causar erosões e enchentes.

SIMPLICIDADE E ECONOMIA

A tecnologia envolvida é relativamente simples e econômica para implementação.

EDUCAÇÃO E CONSCIENTIZAÇÃO

Em instituições de ensino, a implantação de um sistema serve como laboratório vivo e ferramenta de educação ambiental para alunos, professores e comunidade.

2. O QUE É O SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL?

É um conjunto de elementos de tecnologia relativamente simples e econômica que tem como objetivo captar e armazenar a água de chuva para uso futuro, especificamente para usos não potáveis. Funciona coletando a água da chuva em superfícies impermeáveis (geralmente telhados) e direcionando-a para um reservatório após passar por etapas de pré-tratamento.

3. COMPONENTES DO SISTEMA

Um sistema típico de aproveitamento de água pluvial para usos não potáveis é composto pelos seguintes elementos principais:

ÁREA DE CAPTAÇÃO

É a superfície impermeabilizada, geralmente telhados, onde a água da chuva é coletada. A área projetada na horizontal é considerada a área de captação. A qualidade da água captada e a eficiência da coleta são influenciadas pelo tipo de material do telhado e sua inclinação. Telhados com inclinação facilitam o escoamento. É importante evitar áreas de captação onde haja circulação de pessoas ou animais para minimizar contaminações. Materiais como folhas de ferro galvanizado apresentam excelente qualidade de água e alto coeficiente de escoamento. Telhas cerâmicas ou de cimento amianto podem apresentar mofo, lodo ou rachaduras quando velhas, influenciando a qualidade. Telhados orgânicos como sapê resultam em água de pior qualidade devido à matéria orgânica.

CALHAS E CONDUTORES

As calhas coletam a água no perímetro das áreas de captação (telhados e coberturas). Os condutores (verticais e horizontais) transportam essa água coletada até o reservatório de armazenamento. Devem ser construídos com materiais resistentes à corrosão, duráveis e com superfície lisa, como PVC, chapas galvanizadas, alumínio, ferro fundido ou fibra de vidro. Seu dimensionamento é crucial e deve seguir as diretrizes da ABNT NBR 10844, considerando a vazão de projeto e o coeficiente de rugosidade do material.

DISPOSITIVOS DE PRÉ-TRATAMENTO

São instalados antes do reservatório para remover ou desviar materiais indesejados e melhorar a qualidade da água antes do armazenamento.

FILTRO

Remove sólidos grosseiros como folhas, gravetos e insetos. Telas ou grades nas calhas ou condutores são métodos simples e eficazes. Existem também filtros pré-fabricados ou que podem ser construídos com materiais de baixo custo. Devem ser de fácil manutenção.

RESERVATÓRIO DE DESCARTE DA ÁGUA DE LIMPEZA (PRIMEIRA CHUVA)

Desvia a água inicial do escoamento do telhado, que geralmente contém maior concentração de poluentes acumulados na superfície seca. O volume a ser descartado pode ser dimensionado pelo projetista, mas na falta de dados, a norma ABNT NBR 15527/2019 recomenda o descarte dos primeiros 2 mm de precipitação. Existem diversas técnicas e dispositivos para este descarte, que podem ser automáticos. É essencial que estes dispositivos não prejudiquem o desempenho hidráulico das calhas e condutores.

RESERVATÓRIO DE ARMAZENAMENTO

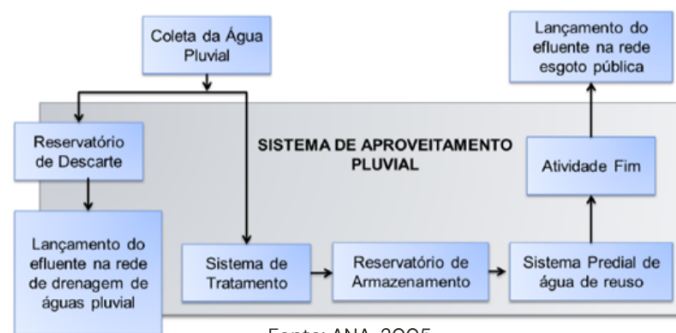
Local onde a água pluvial é armazenada para uso futuro. Costuma ser o componente de maior custo do sistema. Seu dimensionamento deve ser criterioso. Deve ser fechado para evitar a entrada de insetos, roedores e outros animais, e protegido da luz solar direta para evitar a proliferação de algas e deterioração da qualidade. Requer uma base plana e nivelada capaz de suportar a carga da água. Deve possuir abertura (visita) para inspeção e limpeza, extravasor para excesso de água, e dispositivo de esgotamento. A retirada da água para uso deve ser feita próxima à superfície (cerca de 15 cm abaixo) para minimizar a captação de sólidos decantados. É importante minimizar o turbilhonamento no reservatório. O reservatório deve ser devidamente identificado como contendo água não potável. Em caso de necessidade de suprimento com água potável (em períodos de estiagem, por exemplo), deve ser utilizado um sistema de realimentação com separação atmosférica para evitar a contaminação da rede potável (retrossifonagem).

RESERVATÓRIO DE DISTRIBUIÇÃO

Recebe a água do reservatório de armazenamento, geralmente por bombeamento, e a distribui por gravidade para os pontos de consumo. Usualmente localizado em um ponto mais alto da edificação. Possui características técnicas semelhantes aos de armazenamento.

PARA MELHOR VISUALIZAR O SISTEMA, OBSERVE O FLUXOGRAMA ABAIXO:

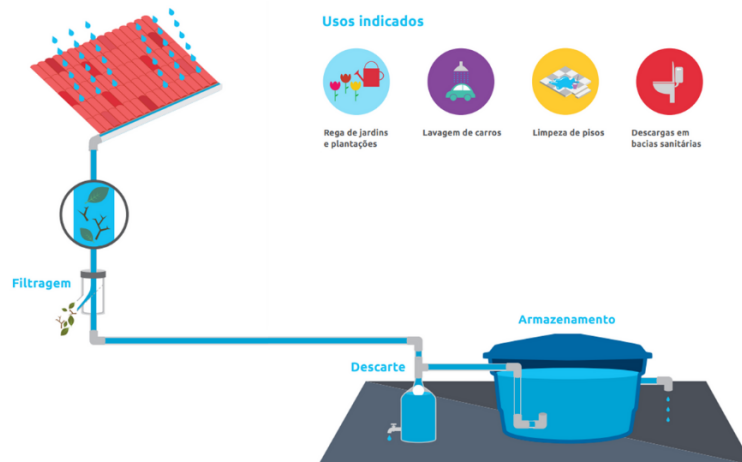
Fluxograma de um sistema de captação pluvial



Fonte: ANA, 2005

Esta figura ilustra de forma clara e didática a sequência dos componentes, desde a área de captação até o reservatório de armazenamento e os pontos de uso, mostrando o caminho da água da chuva no sistema.

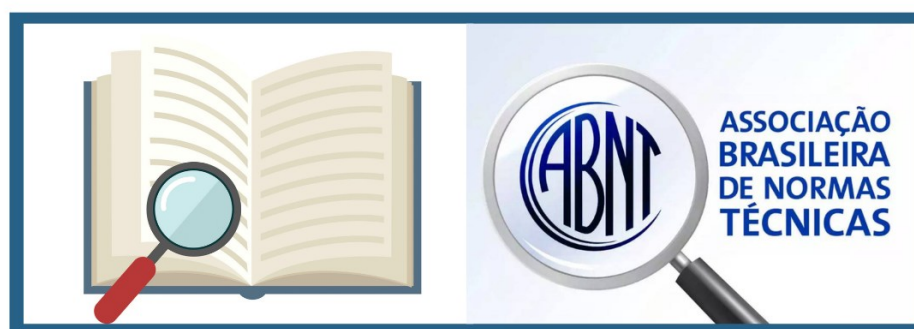
Sistema de captação pluvial



Fonte: Zanella, 2015

4. NORMAS E LEGISLAÇÕES APLICÁVEIS

A implantação de sistemas de aproveitamento de águas pluviais no Brasil deve considerar as normas técnicas da ABNT, indicada abaixo.



ABNT NBR 15527:2019

Esta é a norma específica para o **aproveitamento de água de chuva de coberturas para fins não potáveis em áreas urbanas**. Ela estabelece requisitos para a concepção, projeto, instalação, operação e manutenção dos sistemas.

ABNT NBR 10844:1989

Norma que trata das **instalações prediais de águas pluviais**. É fundamental para o dimensionamento correto de calhas e condutores.

ABNT NBR 16782:2019

Esta norma aborda a **conservação de água em edificações**. Menciona o uso de fontes alternativas não potáveis (como água de chuva) como parte da gestão da oferta de água. Incentiva a análise de viabilidade técnica e econômica.

ABNT NBR 5626:2020

Norma para **instalações prediais de água fria e quente** (para uso potável). É relevante para garantir a separação total entre os sistemas potável e não potável, evitar conexões cruzadas e retrossifonagem, e para requisitos relacionados a reservatórios potáveis e bombeamento. Embora para água potável, suas diretrizes sobre separação e bombeamento são aplicáveis.

Outras normas e legislações podem ser relevantes, como a **Portaria GM/MS nº 888/2021 do Ministério da Saúde**, que estabelece padrões de potabilidade e controle, incluindo requisitos para o residual de cloro, o que é importante caso a desinfecção seja utilizada.

5. CONCEPÇÃO E DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA

A implantação de um sistema de aproveitamento de águas pluviais envolve um estudo e projeto cuidadosos, seguindo uma visão sistêmica.



CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL

Obter informações gerais do local, incluindo dados de precipitação pluviométrica (históricos e sintéticos). Ferramentas como o HIDROWEB podem ser úteis para obter dados de estações pluviométricas.

DETERMINAÇÃO DA ÁREA DE CAPTAÇÃO

Definir a área impermeável disponível para coletar a água da chuva (geralmente a projeção horizontal dos telhados).

ESTIMATIVA DO VOLUME DISPONÍVEL

Calcular o potencial volume de água de chuva que pode ser captado. A ABNT NBR 15527/2019 e a dissertação apresentam a seguinte fórmula:

$$V_{disp} = P \times A \times C \times \eta$$

Onde:

- **V_{disp}**: Volume disponível (anual, mensal ou diário) em Litros (L).
- **P**: Precipitação média (anual, mensal ou diária) em milímetros (mm).
- **A**: Área de coleta em metros quadrados (m²).
- **C**: Coeficiente de escoamento superficial da cobertura (runoff), depende do material do telhado.
- **η**: Eficiência do sistema de captação (considerando descarte de sólidos e primeiro escoamento). Pode ser fornecido pelo fabricante ou estimado. Na falta de dados, recomenda-se 0,85.

CARACTERIZAÇÃO DA DEMANDA

Identificar quais usos não potáveis serão atendidos pelo sistema e estimar a demanda total de água para essas atividades. Isso pode envolver levantamento dos pontos de consumo e suas vazões ou frequência de uso.

AVALIAÇÃO DO BALANÇO HÍDRICO

Confrontar a oferta potencial de água de chuva (volume disponível) com a demanda estimada para usos não potáveis. Isso ajuda a determinar o percentual da demanda que pode ser atendido pela água pluvial.

DIMENSIONAMENTO DE CALHAS E CONDUTORES

Utilizar as diretrizes da NBR 10844, seguindo a Equação de Manning-Strickler, para garantir que as calhas e condutores suportem a vazão de projeto, evitando transbordamentos.

DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO DE ARMAZENAMENTO

O volume deve ser dimensionado considerando a área de captação, o regime pluviométrico e a demanda a ser atendida.

A ABNT NBR 15527:2007 (versão anterior, mas métodos ainda válidos) recomenda métodos como o de Rippl ou o Prático Australiano. O software Netuno 4 é uma ferramenta computacional que auxilia nesse dimensionamento, permitindo simular diferentes volumes e cenários de atendimento à demanda. Ele requer dados de pluviometria, área de captação, demanda e coeficiente de escoamento. O dimensionamento deve também atender requisitos de segurança e reserva técnica, como o volume capaz de atender no mínimo 24 horas de consumo e, por segurança, três dias, conforme NBR 5626.

1. Determinar a vazão de projeto (Q);
2. Determinar as dimensões da calha;
3. Determinar o material de fabricação das calhas que definirá o seu coeficiente de rugosidade (n);
4. Calcular a vazão da calha (Q) utilizando a fórmula de Manning-Strickler:

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

Onde:

Q = vazão da calha (l/min);

K = 60.000;

S = área de seção molhada (m²);

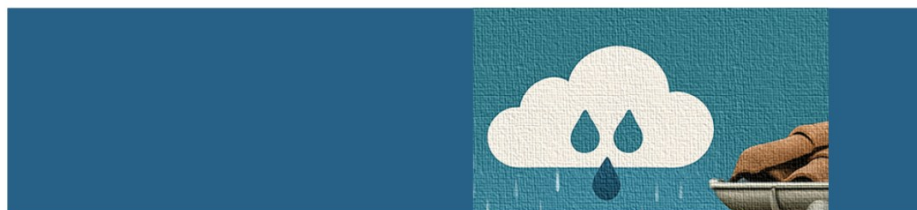
n = coeficiente de rugosidade do material da calha;

Rh = raio hidráulico (m);

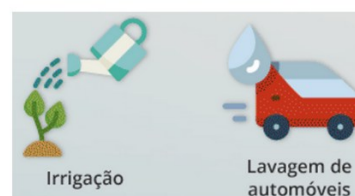
i = declividade da calha (m/m).

6. USOS NÃO POTÁVEIS E INSTALAÇÕES PREDIAIS

A água de chuva coletada, mesmo após o pré-tratamento, não é potável e deve ser destinada apenas a usos específicos, conforme permitido pela ABNT NBR 15527/2019.



- Descarga de bacias sanitárias e mictórios;
- Irrigação para fins paisagísticos (rega de jardins);
- Lavagem de veículos e pisos;
- Reserva técnica de incêndio;
- Uso ornamental (fontes, chafarizes, lagos);
- Sistemas de resfriamento a água (com ressalvas para parâmetros de qualidade específicos do equipamento).



Fonte: Coshc

Para outros usos, um profissional habilitado deve avaliar os parâmetros de qualidade necessários.

É fundamental e obrigatório garantir a total separação física entre o sistema de água potável e o sistema de água não potável. Não deve haver nenhuma conexão cruzada que possa permitir a contaminação da rede potável.

IDENTIFICAÇÃO DAS TUBULAÇÕES

As tubulações e pontos de uso de água não potável devem ser claramente identificados. A norma recomenda a cor magenta (**Munsell 2.5RP 3/10 ou similar**) e/ou etiquetas com a inscrição "**ÁGUA NÃO POTÁVEL**". Os pontos de consumo (como torneiras de jardim) devem ser de uso restrito e também identificados com placa de advertência. Em reformas, deve-se prever como identificar tubulações embutidas.

Sugestão de identificação gráfica para peças e pontos de utilização de água não potável



Fonte: ABNT NBR 16783 (2019)

DISPOSITIVOS DE PREVENÇÃO

O sistema deve incluir dispositivos que impeçam refluxo e contaminação. A separação atmosférica é crucial onde há suprimento de água potável complementar no reservatório.

BOMBEAMENTO

Se necessário, para alimentar o reservatório de distribuição, o sistema de bombeamento deve seguir as diretrizes da NBR 5626.

MANUAIS

É importante que o projeto contemple as informações para a elaboração de um manual de uso, operação e manutenção, conforme ABNT 14037. Este manual orientará os usuários e responsáveis pela manutenção sobre o sistema e os cuidados necessários.

7. QUALIDADE DA ÁGUA E TRATAMENTO

A qualidade da água de chuva coletada varia dependendo de fatores como o material do telhado, a poluição atmosférica e a eficácia dos pré-tratamentos. Para os usos não potáveis permitidos, a ABNT NBR 15527/2019 estabelece parâmetros mínimos de qualidade.

MONITORAMENTO

Recomenda-se que, no início da operação, seja feita uma caracterização físico-química e microbiológica da água. Inspeções visuais periódicas (cor, turbidez, cheiro) são importantes para detectar problemas. Análises laboratoriais periódicas na saída do reservatório ou após tratamento são recomendadas pela NBR 15527/2019 para verificar a conformidade com os parâmetros de qualidade. Análises devem ser feitas por laboratório reconhecido.

PRÉ-TRATAMENTOS

Conforme visto na seção de componentes, a remoção de sólidos grosseiros (gradeamento/filtro) e o descarte da primeira chuva são pré-tratamentos essenciais para melhorar a qualidade inicial da água.

Fitro autolimpante



Fonte: Eco Sustentável (2023).

TRATAMENTO ADICIONAL

O tratamento necessário após a reservação depende do uso final da água.

Desinfecção: Para alguns usos, a desinfecção é importante para inativar micro-organismos patogênicos. A cloração é um método comum e eficaz, pois tem capacidade residual na rede. O controle da dosagem de cloro é importante, e a **Portaria GM/MS nº 888/2021** estabelece requisitos para o residual de cloro em sistemas de distribuição (embora para água potável, serve como referência para controle em sistemas não potáveis que utilizam cloração). O profissional responsável deve garantir a dosagem correta. Outros tratamentos como sedimentação no tanque também ocorrem naturalmente.

8. OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO

Uma operação e manutenção adequadas são vitais para garantir a qualidade da água, a durabilidade do sistema e a segurança dos usuários. Um programa de manutenção deve ser elaborado e implantado.

MONITORAMENTO

A NBR 15527/2019 recomenda frequências de manutenção que podem ser ajustadas com base no regime pluviométrico. As principais atividades de manutenção incluem:

- Limpeza regular das áreas de captação, calhas e condutores para remover detritos;
- Limpeza periódica dos filtros e dispositivos de descarte da primeira chuva;
- Inspeção e limpeza dos reservatórios.

Frequências de manutenção recomendadas, adaptado da NBR 15527/2019.

Frequência de manutenção dos componentes do sistema

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

Fonte: Adaptado de ABNT NBR 15527 (2019)

Esta tabela fornece um cronograma sugerido para as atividades de manutenção, como a limpeza trimestral do reservatório de primeira chuva e a limpeza anual do reservatório de armazenamento. A limpeza do reservatório de armazenamento é preferencialmente feita no período mais seco do ano. O sistema de captação flutuante no reservatório de armazenamento deve ser limpo mensalmente.

É essencial seguir as recomendações de segurança durante a manutenção, especialmente ao limpar reservatórios.

9. BENEFÍCIOS E CONSCIENTIZAÇÃO

A implantação de um sistema de aproveitamento de águas pluviais vai além da economia de água e pode gerar impactos positivos nos pilares ambiental, econômico e social da sustentabilidade. Ambientalmente, contribui para a preservação dos recursos hídricos e a gestão da drenagem urbana. Economicamente, pode reduzir custos operacionais. Socialmente, promove a conscientização e a educação ambiental.

Em edificações, especialmente em instituições de ensino, um plano de comunicação é importante para informar os usuários sobre o sistema, seus usos e, crucialmente, alertar sobre os cuidados e riscos associados à utilização de água não potável. A identificação clara dos pontos de uso e tubulações é parte essencial dessa comunicação.

A adoção desses sistemas contribui para a autonomia hídrica e a previsibilidade orçamentária das edificações, consolidando-se como um instrumento de suporte à gestão ambiental sustentável.

10. RECURSOS ADICIONAIS

Para aprofundamento e auxílio no dimensionamento, o software Netuno 4, Laboratório de Eficiência Energética em Edificações da Universidade Federal de Santa Catarina (LabEEE - UFSC) por Ghisi e Cordova (2014), é uma ferramenta recomendada. Informações sobre o programa, seu manual e dados de exemplos podem ser encontrados online.

A consulta a profissionais habilitados e a busca por informações atualizadas são sempre recomendadas.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 5626**: Sistemas prediais de água fria e água quente – Projeto, execução, operação e manutenção. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 10844**: Instalações prediais de águas pluviais – Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 1989. 13 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15527**: Aproveitamento de água de chuva de coberturas para fins não potáveis – Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2019. 10 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 16782**: Conservação de água em edificações – Requisitos, procedimentos e diretrizes. Rio de Janeiro: ABNT, 2019. 22 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 16783**: Uso de fontes alternativas de água não potável em edificações. Rio de Janeiro: ABNT, 2019. 19 p.

BRASIL. **Instrução Normativa nº 01, de 19 de janeiro de 2010**. Dispõe sobre os critérios de sustentabilidade ambiental na aquisição de bens, contratação de serviços ou obras pela Administração Pública Federal direta, autárquica e fundacional e dá outras providências. 2010. Disponível em: <https://www.gov.br/compras/pt-br/aceso-a-informacao/legislacao/instrucoes-normativas/instrucao-normativa-no-01-de-19-de-janeiro-de-2010>. Acesso em: 11 mar. 2024.

BRASIL. **Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020**. Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera diversas leis. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 16 jul. 2020. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/L14026.htm. Acesso em: 22 abr. 2024.

BRASIL. **Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos [...]. Presidência da República, 1997. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm. Acesso em: 15 jul. 2023.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021**. Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE (FEAM); FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DE MINAS GERAIS (FIEMG). **Aproveitamento de Água Pluvial**. Belo Horizonte, [s.d.]. 41 p.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE (FUNASA). **Manual de Cloração de Água em Pequenas Comunidades Utilizando o Clorador Simplificado Desenvolvido pela Funasa**. Brasília: Funasa, 2014. 36 p.

GHSI, E.; CORDOVA, M. M. **Netuno 4**. Programa computacional. Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Civil. Disponível em: <http://www.labeee.ufsc.br/>. 2014.

SILVA, S. T. B. *et al.* **Influência da deposição seca e da modificação em dispositivo de desvio automático sobre a qualidade da água de chuva**. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 27, n. 2, p. 385–393, mar. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-415220200227>. Acesso em: 12 fev. 2024.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis**. São Paulo: Navegar, 2011, 278p.

ZANELLA, Luciano. **Manual para captação emergencial e uso doméstico de água de chuva**. São Paulo: IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 2015.

ISBN: 978-65-01-51153-5



9 786501 511535

APÊNDICE B – FORMULÁRIO GOOGLE

QUESTIONÁRIO DE PESQUISA – "USO DE ÁGUAS PLUVIAIS PARA COMPLEMENTAÇÃO HÍDRICA EM INSTITUIÇÕES DE ENSINO" – MPGA/IFPE

Meu nome é Tarcisio Laurindo, sou aluno do Programa de **Mestrado Profissional em Gestão Ambiental (MPGA) do IFPE**.

Estou desenvolvendo o projeto de pesquisa intitulado "**Uso de Águas Pluviais, para Complementação Hídrica, em Instituições de Ensino como Subsídio para Gestão Ambiental.**" O estudo tem como objetivo investigar como o aproveitamento de águas pluviais pode contribuir para a gestão hídrica em instituições de ensino, analisando o perfil de consumo dos usuários do campus e propondo soluções mais sustentáveis e eficientes.

Conto com sua colaboração!



* Indica uma pergunta obrigatória

1. Em qual *Campus* do IFPE você trabalha ou estuda? *

- Afogados da Ingazeira
- Jaboatão dos Guararapes
- Pesqueira

2. Qual seu vínculo com o IFPE? *

- Aluno
- Docente
- Técnico administrativo
- Profissional Terceirizado

3. Qual a sua faixa etária? *

- até 19 anos
- entre 20 e 59 anos
- 60 anos ou mais



Pedir acesso de edição

4. Qual turno frequenta o IFPE? *

- Manhã
- Tarde
- Noite
- Integral

5. Em um dia típico, quantas vezes você costuma usar a descarga das bacias sanitárias nas dependências do IFPE? *

- 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
-

6. Em um dia típico, quantas vezes você costuma usar o mictório nas dependências do IFPE? *

- 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
-

7. Após usar o banheiro, qual é o tempo médio de uso da torneira do lavatório nas dependências do IFPE? *

- Entre 5 e 10 segundos
- Entre 10 e 15 segundos
- Entre 15 e 20 segundos
- Entre 20 e 25 segundos
- Entre 25 e 30 segundos

Enviar

Página 1 de 1

Limpar formulário

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google. - [Entre em contato com o proprietário do formulário](#) - [Termos de Serviço](#) - [Política de Privacidade](#)

Este formulário parece suspeito? [Relatório](#)

Google Formulários



Pedir acesso de edição