

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS
BACHARELADO EM SEGURANÇA PÚBLICA E DO TRABALHO

ANDREW JHONATAN AMARAL ROSAS

**CAPTAÇÃO DE ÁGUA PLUVIAL PARA USO NÃO POTÁVEL NO 1º BATALHÃO
DO CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO MARANHÃO: uma proposta de
sustentabilidade ambiental**

São Luís

2021

ANDREW JHONATAN AMARAL ROSAS

**CAPTAÇÃO DE ÁGUA PLUVIAL PARA USO NÃO POTÁVEL NO 1º BATALHÃO
DO CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO MARANHÃO: uma proposta de
sustentabilidade ambiental**

Monografia apresentada ao Curso de Bacharelado em Segurança Pública e do Trabalho da Universidade Estadual do Maranhão para o grau de Bacharel em Segurança Pública e do Trabalho.

Orientadora: MSc Sarah Raquel Pinto Alves –
2º Tenente QOCBM

São Luís

2021

Rosas, Andrew Jhonatan Amaral.

Captação de água pluvial para uso não potável no 1º Batalhão do Corpo de Bombeiros Militar do Maranhão: uma proposta de sustentabilidade ambiental / Andrew Jhonatan Amaral Rosas. – São Luís, 2021.

81 f

Monografia (Graduação) – Curso de Formação de Oficiais BM-MA, Universidade Estadual do Maranhão, 2021.

Orientador: Profa. Ma. Sarah Raquel Pinto Alves.

1.Sustentabilidade. 2.Água pluvial. 3.Sistema de captação. I.Título.

CDU: 356.13:502.13(812.1)

ANDREW JHONATAN AMARAL ROSAS

**CAPTAÇÃO DE ÁGUA PLUVIAL PARA USO NÃO POTÁVEL NO 1º BATALHÃO
DO CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO MARANHÃO: uma proposta de
sustentabilidade ambiental**

Monografia apresentada junto ao curso de Bacharelado em Segurança Pública e do Trabalho da Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), para obtenção de grau de Bacharel em Segurança Pública e do Trabalho.

Aprovado em: 26/07/2021

BANCA EXAMINADORA



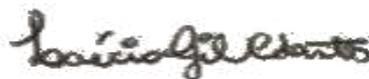
MSc Sarah Raquel Pinto Alves (Orientadora)

2º Tenente do Quadro de Oficiais Combatentes do Corpo de Bombeiros Militar do Maranhão
Mestre em Recursos Aquáticos e Pesca – UEMA



Prof.ª Dra. Rossane Cardoso Carvalho

Doutora em Desenvolvimento Sustentável – UnB
Mestre em Engenharia de Produção – UFSC



Laécio Gil Coelho Santos

1º Tenente do Quadro de Oficiais Combatentes do Corpo de Bombeiros Militar do Maranhão
Bacharel em Segurança Pública e do Trabalho – UEMA

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida, saúde e muitas outras bênçãos na minha vida.

A minha família, pelo suporte e incentivo durante toda minha jornada educacional, em especial a minha mãe, Joelma, e meu falecido pai, Raimundo.

Aos meus amigos, em especial a Tamires, Gaya, Luma e Rodrigo que estiveram sempre do meu lado, me apoiando nos momentos difíceis.

Aos meus colegas de trabalho, em especial, ao Fabrício, pelo suporte, parceria e troca de experiência para meu desenvolvimento não somente profissional.

A minha orientadora, pelo suporte e disponibilidade que me ajudaram a concluir este trabalho.

Aos professores e instrutores, pela paciência, conselhos, ensinamentos que foram primordiais e guiaram meu aprendizado ao longo do curso.

As instituições UEMA e ABMJM, por todo aprendizado que adquiri e que me servirá por toda vida.

A todas as atividades extraclasse que participei e que me deram oportunidade de ampliar minha qualificação profissional.

RESUMO

A presente pesquisa apresenta um estudo sobre a utilização de água pluvial para fins não potáveis no 1º Batalhão do Corpo de Bombeiros Militar do Maranhão. A utilização de água pluvial para fim não potável trata-se de uma ação de responsabilidade socioambiental, que visa o uso adequado de um recurso natural que se encontra atualmente em crise em cenário mundial. Para obtenção dos dados foram consultados os índices pluviométricos do município de São Luís (Maranhão) de 1º de janeiro de 1990 a 31 de dezembro de 2020. Foram levantados, também, dados referentes ao volume de água pluvial que poderia ser captada através da área do telhado. Além disso, foram dimensionados reservatórios para armazenamento de água pluvial, o sistema de captação e análise técnica caso fosse implementado o sistema no local pretendido. Concluiu-se que o volume de água pluvial que poderia ser captado, junto ao consumo de água e a obtenção de um reservatório ideal podem suprir a demanda no local de pesquisa.

Palavras-chave: Sustentabilidade. Água pluvial. Sistema de captação.

ABSTRACT

This research presents a study on the use of rainwater for non- drinking purposes in the 1st Battalion of the Military Fire Department of Maranhão. The use of rainwater for non-drinking purposes is a social and environmental responsibility action, which aims at the proper use of a natural resource that is currently in crisis on the world stage. To obtain the data, the rainfall in the municipality of São Luís (Maranhão) from January 1, 1990 to December 31, 2020 was consulted. Data regarding the volume of rainwater that could be captured through the roof area were also collected. In addition, reservoirs were designed for storing rainwater, capture system and technical analysis if the system were to be implemented in the intended location. It was concluded that the volume of rainwater that could be captured, together with water consumption and obtaining an ideal reservoir can meet the demand at the research site.

Keywords: Sustainability. Rainwater. Capture system.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Ciclo da água.....	25
Figura 2 – Consumo e distribuição da água.	27
Figura 3 – Água per capita (2000).....	28
Figura 4 – Distribuição dos recursos hídricos no Brasil.....	28
Figura 5 – Cisterna no século XX.	32
Figura 6 – Partes de um sistema de captação de água da chuva.....	35
Figura 7 – Telhas.	36
Figura 8 – Configuração hidráulica de reservatórios de retenção (cisternas) de águas pluviais.	38
Figura 9 – Exemplos de filtros pluviais.....	39
Figura 10 – Sistema isolado da edificação para o aproveitamento de águas pluviais em usos externos.....	40
Figura 11 – Sistema integrado à edificação para o aproveitamento de águas pluviais em usos internos e externos.	41
Figura 12 – Localização do município de São Luís (MA).	43
Figura 13 – Localização do 1º BBM.	44
Figura 14 – Cálculo de área para superfície inclinada.....	44
Figura 15 – Precipitação anual no município de São Luís no período de 1990 a 2020.	53
Figura 16 – Precipitação média mensal no município de São Luís no período de 1990 a 2020.	54
Figura 17 – Volume diário de água possível de captar entre 1990 a 2014 (m ³).....	55
Figura 18 – Volume do reservatório, de suprimento e confiança.....	59
Figura 19 – Diferença entre MS e MPA sobre suprimento e extravasamento (em %).	60
Figura 20 – Esboço do projeto de captação de água pluvial.	61
Figura 21 – Potencial e economia média mensal de água.	65
Figura 22 – Economia de consumo de água após instalação de sistema de captação de água pluvial.	66

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Projetos de Leis Federais acerca do aproveitamento da água da chuva.	18
Tabela 2 – Percentual de distribuição da água no planeta.	26
Tabela 3 – Consumo médio de água no Brasil.	30
Tabela 4 – Frequência de manutenção.	42
Tabela 5 – Coeficientes de Runoff médios.	46
Tabela 6 – Informações para a aplicação dos métodos.	56
Tabela 7 – Resultados dos volumes dos reservatórios pelos dos métodos de dimensionamento.	56
Tabela 8 – Dimensionamento reservatório com dados de precipitação mensais.	58
Tabela 9 – Dimensionamento de calhas.	62
Tabela 10 – Dimensionamento de condutores verticais.	62
Tabela 11 – Dimensionamento de condutores horizontais.	62
Tabela 12 – Consumo, custos e economia para a sistema de captação de água pluvial.	64

LISTA DE SIGLAS E SÍMBOLOS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ANA – Agência Nacional da Água

BBM – Batalhão de Bombeiros Militar

CBMMA – Corpo de Bombeiros Militar do Maranhão

CF – Constituição Federal

L – Litros

m² – metros quadrados

m³ – metros cúbicos

MA – Maranhão

MS – Método da Simulação

mm – milímetros

MPA – Método Prático Australiano

ABNT – Norma Brasileira

NT – Norma Técnica

OBM – Organização Bombeiro Militar

PL – Projeto de Lei

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1	Meio ambiente e a legislação no Brasil	14
2.2	Legislação sobre aproveitamento da água pluvial	16
2.3	Sustentabilidade como preocupação ambiental	20
2.4	Ética e responsabilidade em sociedade	23
2.5	Abordagem sobre água e sistema de captação	23
2.5.1	Ciclo hidrológico.....	24
2.5.2	Disponibilidade e consumo de água.....	26
2.5.3	Escassez de água no mundo	31
2.5.4	Histórico de utilização da água pluvial	31
2.5.5	Sistema de captação de água pluvial.....	34
3	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	43
3.1	Local da pesquisa	43
3.2	Medições para sistema de captação de água pluvial	44
3.2.1	Área de contribuição	44
3.2.2	Característica da precipitação	44
3.2.3	Métodos para dimensionamento de reservatório.....	45
3.2.4	Bombeamento da água	49
3.2.5	Viabilidade econômica da proposta	50
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	53
4.1	Aproveitamento de água pluvial em São Luís	53
4.2	Dimensionamento do reservatório de armazenamento da água da chuva	55
4.3	Dimensionamento da proposta de implementação	61
4.4	Viabilidade econômica do sistema	64
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	68
	REFERÊNCIAS	69
	APÊNDICE A – ÍNDICE PLUVIOMÉTRICO DE SÃO LUÍS (MA)	77
	APÊNDICE B – SIMULAÇÃO PELO MÉTODO DE RIPPL	78
	APÊNDICE C – SIMULAÇÃO PELO MÉTODO PRÁTICO INGLÊS	78
	APÊNDICE D – SIMULAÇÃO PELO MÉTODO DA ABNT 15.527	78

APÊNDICE E – SIMULAÇÃO PELO MÉTODO PRÁTICO BRASILEIRO.....	78
APÊNDICE F – SIMULAÇÃO PELO MÉTODO PRÁTICO ALEMÃO	78
APÊNDICE G – SIMULAÇÃO PELO MÉTODO PRÁTICO AUSTRALIANO..	79
APÊNDICE H – SIMULAÇÃO PELO MÉTODO DA SIMULAÇÃO	79
APÊNDICE I – ESBOÇO DO PROJETO DE CAPTAÇÃO NO TELHADO.....	80
APÊNDICE J – ESBOÇO DA VISTA LATERAL DO PROJETO DE CAPTAÇÃO ATÉ O RESERVATÓRIO	81

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, a sociedade tem se preocupado em relação à conservação dos recursos naturais. Neste aspecto, a água, além de ser um recurso vital e de extrema importância como fator de produção em diversas atividades, é fonte essencial para que haja desenvolvimento econômico e tecnológico em todo mundo (MACCARINI, 2015).

Mais da metade da superfície da Terra é coberta por oceanos. O volume total de água na Terra é estimado em torno de 1,35 milhões de quilômetros cúbicos, sendo que 97,5% deste volume é de água salgada, encontrada em mares e oceanos. Já 2,5% são de água doce, porém localizados em regiões de difícil acesso, como aquíferos (águas subterrâneas) e geleiras. Apenas 0,007% da água doce encontra-se em locais de fácil acesso para o consumo humano, como lagos, rios e na atmosfera (UNIÁGUA, 2010).

De posse dos valores de precipitação de chuvas em um local e da área de cobertura para captação (telhado), através de métodos de dimensionamento, pode-se aferir a quantidade de água pluvial que poderia ser coletada e utilizada. Acrescentando a estas medidas, a quantidade estimada de água utilizada para fins não potáveis, pode-se fazer socioambiental de uma proposta de captação de água pluvial para diminuição do consumo de água tratada.

Neste contexto, esta pesquisa teve como objetivo geral propor redução do uso de água tratada por água pluvial em atividades não potáveis no 1º Batalhão do Corpo de Bombeiros Militar do Maranhão (1º BBM). Além disso, teve como objetivos específicos: verificar a viabilidade econômica, técnica e ambiental de um sistema de captação de água da chuva; analisar e comparar métodos de dimensionamento de reservatório para armazenamento de água e estimar a economia financeira sobre o abastecimento de água tratada.

A água é um recurso natural renovável (renova-se continuamente em seu ciclo) e, em teoria, infinita. Porém, não há distribuição igualitária deste recurso pelo mundo e nem toda água é apropriada para consumo e uso humano. Soma-se a isso o constante crescimento da população mundial e com isso a produção de alimentos e outras atividades que demandam este recurso também aumenta, em uma proporção bem maior do que a utilizada em residências. Esses fatos ratificam a realidade que o mundo atravessa: crise hídrica (MACCARINI, 2015).

O Brasil possui 13% das reservas de água doce do Planeta. A imensa extensão continental do país e a grande oferta de água, favoreceu uma ideia de fonte inesgotável. No Brasil, a taxa de desperdício de água é de 70%, o que reforça a falta de preocupação ou irresponsabilidade da população com a possível escassez de água, pois a oferta de recursos

naturais oferecidos pela natureza e o pensamento de uma fonte infinita, levam a estas atitudes de descomprometimento com a proteção e o equilíbrio ecológico. O tema sustentabilidade tem bastante relevância e notoriedade na sociedade, que aumenta o acesso à informação e adota consciência em problemas públicos (TOCCHETTO E PEREIRA, 2008).

Assim, utilizar de forma sustentável esse vital recurso é o dever de toda população, em todos seus níveis e setores em sociedade. E o Corpo de Bombeiros Militar do Maranhão (CBMMA), uma instituição pública, pode servir de exemplo não somente com economia de água tratada, mas com a missão do CBMMA, que é “vidas alheias e riquezas salvar”, podendo conquistar mais respeito e credibilidade perante a sociedade, além da proteção e desenvolvimento sustentável do meio ambiente.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Meio ambiente e a legislação no Brasil

No decorrer de milhares de anos, a principal atividade dos povos era conquistar territórios para obtenção de poder econômico e político. A partir dessa situação surgiu um grande desequilíbrio social e, em consequência, ambiental no mundo, causando modificações dos ecossistemas naturais. Isso dificultou que povos pudessem usufruir de recursos naturais para satisfazer suas necessidades básicas e de sobrevivência. A criação da indústria trouxe enormes mudanças no meio ambiente em todo o planeta. Houve extração desenfreada dos recursos naturais, movida pela ganância humana, que desejava obter lucro com rapidez e sem se preocupar com o meio ambiente. A cobiça pela busca de riquezas deixou em escassez recursos que se imaginava ser ilimitados além de danos à própria saúde devido a industrialização (MACCARINI, 2015).

A partir do momento em que a natureza não conseguia renovar seus recursos e retornar a sua situação original, surgiram normas que visam regular as ações humanas perante o meio ambiente e para que se obtenha consumo racional dos recursos naturais. A partir destas normas, surgiu um novo ramo jurídico, o Direito Ambiental, que cresceu a partir da criação da Constituição Federal de 1988, quando o direito ao meio ambiente saudável foi incluído, também, como um direito constitucional fundamental. As leis que dominam no Brasil sobre a proteção ao meio ambiente surgiram através de várias normas dispersas pelas quais surgiram instrumentos legais afetos a determinados setores, como o de recursos florestais e hídricos. Posteriormente, para a proteção do patrimônio histórico e artístico nacional, pesca, mineração, entre outros (BORGES, REZENDE e PEREIRA, 2009, p. 449).

São exemplos de ferramentas legais de proteção ao meio ambiente, a Lei de Crimes Ambientais, a Política Nacional do Meio Ambiente, a Política Nacional dos Recursos Hídricos, dentre outras.

No Código Civil de 1916, apesar de se orientar para a proteção da propriedade, também tem relação com o meio ambiente, pois coíbe uso nocivo da propriedade. Na Seção V, “Dos Direito de Vizinhança do Uso Nocivo da Propriedade”, o artigo 554 versa que o proprietário, ou inquilino de um prédio tem o direito de impedir que o mau uso da propriedade vizinha possa prejudicar a segurança, o sossego e a saúde dos que o habitam (BRASIL, 1916).

A relação com a questão ambiental fica mais clara no artigo 584 do mesmo Código Civil, de 1916, que versa que são proibidas construções capazes de poluir, ou inutilizar para o uso ordinário, a água de poço ou fonte alheia, a elas preexistente. Inclusive, passível de pena no artigo 586, que prevê que aquele que violar as disposições dos art. 580 e seguintes é obrigado a demolir as construções feitas, respondendo por perdas e danos (BRASIL, 1916)

Na década de 1930, houve a criação das primeiras leis para proteção ambiental, como o Código Florestal (Decreto nº 23.793/1934), substituído posteriormente pela atual Lei Federal nº 4.771/1965, o Código das Águas (Decreto nº 24.643/1934), o Código de Caça e Pesca (Decreto nº 23.672/1934), o Decreto de proteção aos animais (Decreto nº 24.645/1934) e o Decreto nº 25/1937 que estabeleceu a proteção ao Patrimônio Histórico e Artístico Nacional. Mas o período de maior importância na questão Ambiental, aconteceu na década de 1960, quando importantes legislações sobre questões ambientais foram criadas, como o Estatuto da Terra (Lei nº 4.504/1964), o novo Código Florestal (Lei nº 4.771/1965), a nova Lei de Proteção da Fauna (Lei nº 5.197/1967), a Política Nacional do Saneamento Básico (Decreto nº 248/1967) e a criação do Conselho Nacional de Controle da Poluição Ambiental (Decreto nº 303/1967) (MACCARINI, 2015).

O termo “ecológico” é empregado pela primeira vez na Emenda Constitucional de 1969. As Constituições brasileiras anteriores, de 1946 e de 1967, não versavam sobre o meio ambiente e nem se utilizava essa expressão. O artigo 172 da Constituição Federal (CF) de 1969 versa que: “A lei regulará, mediante prévio levantamento ecológico, o aproveitamento agrícola de terras sujeitas a intempéries e calamidades. O mau uso da terra impedirá o proprietário de receber incentivos e auxílios do Governo”. A atenção ao meio ambiente e aos recursos dele oriundos aumentou nos anos em sequência no Brasil, devido à grande influência externa, principalmente por parte da Conferência de Estocolmo em 1972, que despertou os governos no mundo sobre o esgotamento de recursos naturais e suas possíveis consequências (MACHADO, 2013).

Somente na Constituição da República Federativa do Brasil de 1988 que o termo “meio ambiente” foi utilizado. O artigo 5º, inciso LXXIII, versa sobre a ação popular, permitindo que qualquer cidadão dê entrada com uma ação para anular ato prejudicial ao meio ambiente e ao patrimônio cultural e histórico. Porém, a partir do Título VIII da CF, que versa sobre a Ordem Social, mais precisamente em seu capítulo VI, intitulado “Do Meio Ambiente”, pode observar-se fortalecimento do tema dentro da legislação brasileira (BRASIL, 1988).

O artigo 225 (primeiro artigo do Título supracitado), *caput*, diz: “Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações”. É importante salientar que o artigo impõe que é de responsabilidade coletiva, em relação ao Poder Público (federal, estadual e municipal) a manutenção do meio ambiente ecologicamente equilibrado (BRASIL, 1988).

Desenvolvimento sustentável é “a tentativa de conciliar produtividade e proteção ambiental atendendo às necessidades do presente sem comprometer a capacidade de as gerações futuras atenderem às suas”. E a sociedade tem se despertado em manter os recursos naturais protegidos, atentando-se a necessidade de criação de mecanismos para gerar desenvolvimento sustentável (BRUNDTLAND, 1988).

O CBMMA, corporação que pertence à esfera estadual, possui como missão institucional “vidas alheias e riquezas salvar”, participa em ações para proteção da natureza, como prevenção e combate a incêndios florestais, mas não há projetos ou planejamentos específicos na área ambiental. Formalizar esse tipo de atividades é de suma importância para maior envolvimento e inclusão em atividades que visam preservar o meio ambiente.

2.2 Legislação sobre aproveitamento da água pluvial

O Decreto 24.643, de 1934, versa sobre o uso de águas para fins industriais, produção de energia e também sobre a utilização da água pluvial. No Título V, de título Águas Pluviais, contém:

Art. 102. Consideram-se águas pluviais, as que procedem imediatamente das chuvas.

Art. 103. As águas pluviais pertencem ao dono do prédio onde caírem diretamente, podendo o mesmo dispor delas a vontade, salvo existindo direito em sentido contrário. Parágrafo único. Ao dono do prédio, porém, não é permitido:

1º, desperdiçar essas águas em prejuízo dos outros prédios que delas se possam aproveitar, sob pena de indenização aos proprietários dos mesmos;

2º, desviar essas águas de seu curso natural para lhes dar outro, sem consentimento expresso dos donos dos prédios que irão recebê-las.

Art. 104. Transpondo o limite do prédio em que caírem, abandonadas pelo proprietário do mesmo, as águas pluviais, no que lhes for aplicável, ficam sujeitas as regras ditas para as águas comuns e para as águas públicas.

Art. 105. O proprietário edificará de maneira que o beiral de seu telhado não despeje sobre o prédio vizinho, deixando entre este e o beiral, quando por outro modo não o possa evitar, um intervalo de 10 centímetros, quando menos, de modo que as águas se escoem.

Art. 106. É imprescritível o direito de uso das águas pluviais.

Art. 107. São de domínio público de uso comum as águas pluviais que caírem em lugares ou terrenos públicos de uso comum.

Art. 108. A todos é lícito apanhar estas águas.

Parágrafo único. Não se poderão, porém, construir nestes lugares ou terrenos, reservatórios para o aproveitamento das mesmas águas sem licença da administração (BRASIL, 1934).

A Lei 9.433, de 1997, instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos. Esta lei, que ficou conhecida como a Lei das Águas, muniu ferramentas para uma melhor gestão sistemática deste recurso. E somou-se aos objetivos para garantir disponibilidade de água à atual e futuras gerações com padrões de qualidade adequados.

A captação de água de chuva tem uma relação indireta com os objetivos dessa Política, já que estimula o uso racional e ao mesmo tempo previne contra os eventos hidrológicos críticos, tanto às secas, devido à promoção da reserva, quanto às inundações, devido à diminuição do escoamento superficial. A inclusão da captação de água de chuva no Plano, indica o esforço da política de recursos hídricos na busca da transversalidade e no gerenciamento integrado das águas. (SENRA; BRONZATTO; VENDRUSCOLO, 2007)

Não há nenhuma outra lei brasileira que regulamente especificamente sobre o tema em nível federal, porém existem Projetos de Lei (PL) em tramitação na Câmara dos Deputados que vem sendo protelados ao longo dos anos, em especial os PL nº 411/2007 e PL nº 432/2011. O primeiro estabelece ferramentas para incentivar a instalação de sistemas de coleta, armazenamento e utilização de águas pluviais. O segundo versa sobre a reutilização de águas servidas em edificações públicas e privadas e incentiva adoção de critérios voltados para o amortecimento e a retenção das águas pluviais em áreas urbanas, através de aproveitamento da água precipitada (VELOSO E MENDES, 2013).

Destaca-se, também, o PL nº 7818/2014 que obriga a inclusão de sistemas de captação de água pluvial em projetos de obras públicas e particulares de uma determinada área, além de trazer incentivos de financiamento para tal. Os Projetos de Lei em tramitação estão presentes na Tabela 1.

Tabela 1 – Projetos de Leis Federais acerca do aproveitamento da água da chuva.

Projeto de Lei	Ementa
PL 7818/2014	Define normas e incentivos econômicos para a captação e a reutilização da água das chuvas em municípios com mais de 100 mil habitantes e em cidades com histórico de enchentes ou seca.
PL 4109/2012	Institui o Programa Nacional de Conservação, Uso Racional e Reaproveitamento das Águas.
PL 2457/2011	Altera a Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001 da Cidade), e a Lei nº 4.380, de 21 de agosto de 1964, que dispõe sobre o Sistema Financeiro da Habitação, para instituir mecanismos de estímulo à instalação de sistemas de coleta, armazenamento e utilização de águas pluviais em edificações públicas e privadas.
PL 1310/2011	Dispõe sobre a Política Nacional de Gestão e Manejo Integrado de Águas Urbanas e dá outras providências.
PL 682/2011	Torna obrigatória a execução de reservatório para as águas coletadas por coberturas e pavimentos em lotes, edificados ou não, nas condições que menciona, e dá outras providências.
PL 242/2011	Dispõe sobre a utilização de energia solar e reaproveitamento da água da chuva na construção de habitações populares.
PL 2565/2007	Dispõe sobre a instalação de dispositivos para captação de águas de chuvas em imóveis residenciais e comerciais.
PL 1069/2007	Dispõe sobre a contenção de águas de chuvas nas áreas urbanas.
PL 6250/2009	Dispõe sobre a utilização de energia solar e reaproveitamento da água da chuva na construção de habitações populares
PL 3322/2004	Dispõe sobre a obrigatoriedade de reservatórios ou cisternas para o acúmulo de água da chuva no território brasileiro.
PL 2750/2003	Estabelece o uso eficiente das águas e dá outras providências.

Fonte: Veloso e Mendes (2013).

A gestão de águas deve descentralizar-se e contar com a participação do Poder Público, dos usuários do recurso e das comunidades, como determina a Política Nacional de Recursos Hídricos.

No estado do Maranhão, a Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Naturais (SEMA/MA) é o órgão responsável pelo licenciamento ambiental e pela coordenação do Sistema Estadual de Meio Ambiente do Maranhão. Além da SEMA/MA, o sistema é composto pela Câmara Estadual de Compensação Ambiental (CECA) e pelos Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos (CONERH) e Meio Ambiente (CONSEMA).

A Lei Estadual (MA) nº 10.309, de 16 de setembro de 2015, estabelece as diretrizes para Programa Estadual de Conscientização, Conservação e Uso Racional da Água. Em seu parágrafo 2º, está presente o objetivo deste programa:

O objetivo do Programa Estadual de Conscientização, Conservação e Uso Racional da Água é estabelecer bases para que o Estado do Maranhão desenvolva e institua políticas regionais que induzam à conservação, uso racional e utilização de fontes alternativas para a captação e reuso, bem como a conscientização permanente dos usuários sobre a importância da conservação da água (MARANHÃO, 2015).

Ainda sobre outra utilização da água pluvial, também presente na Lei Estadual (MA) nº 10.309, de 2015, em seu parágrafo 5º, inciso VIII:

Análise criteriosa de viabilidade e adequação de sistema de retenção de águas pluviais ao local, minimizando a área impermeável com soluções como pavimentos permeáveis, valas de infiltração, poços de infiltração, planos de infiltração, coberturas/ tetos verdes ou técnicas de baixo impacto incorporado ao paisagismo, [...] (MARANHÃO, 2015).

Para utilização do solo, há na Lei Estadual (MA) nº 5.405, de 1992, em seu artigo 107, parágrafo 1º, que também abrange sobre águas pluviais:

O parcelamento do solo para fins urbanos considerará, necessariamente, as condições e exigências relacionadas com a natureza de ocupação urbana, caracterizando o número e dimensão dos lotes de forma a manter o equilíbrio de sua utilização com o potencial da infraestrutura a ser instalada, das bases de sustentação ambiental, das condições de saneamento básico e do escoamento das águas pluviais (MARANHÃO, 1992).

A Lei Estadual (MA) nº 8.149, de 2004, em seu Capítulo II, de título Dos Objetivos, no artigo 3º, versa:

I - assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos; [...]
 III - a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrentes de uso inadequado dos recursos naturais, que ofereçam riscos à saúde e à segurança pública, e prejuízos econômicos e sociais; [...]
 V - o aproveitamento múltiplo dos recursos hídricos e o rateio dos custos das respectivas obras;
 VI - a gestão do uso e da ocupação do solo urbano e a de coleta, tratamento e disposição de resíduos sólidos e líquidos; [...] (MARANHÃO, 2004).

Em Curitiba, Paraná, existe legislação sobre o tema, que trata da implantação de sistemas de captação de água da chuva através da Lei nº 10.785, de 18 de setembro de 2003, criou o Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações (PURA), com objetivo de criar medidas para induzir à conservação, uso racional e utilização de fontes alternativas para captação de água nas novas edificações, além da conscientização dos usuários sobre a importância da conservação da água (MACCARINI, 2015).

Art. 7°. A água das chuvas será captada na cobertura das edificações e encaminhada a uma cisterna ou tanque, para ser utilizada em atividades que não requeiram o uso de água tratada, proveniente da Rede Pública de Abastecimento, tais como: a) rega de jardins e hortas, b) lavagem de roupa; c) lavagem de veículos; d) lavagem de vidros, calçadas e pisos.

Art. 10. O não cumprimento das disposições da presente lei implica na negativa de concessão do alvará de construção, para as novas edificações (PARANÁ, 2003).

No Rio de Janeiro foram publicadas normas que exigem a instalação de reservatórios para captação de armazenamento de águas pluviais, além de seu aproveitamento em usos menos que exigentes, como descargas sanitárias, manutenção de jardins, áreas verdes, lavagens de veículos para combate a incêndios. Estas normas são aplicáveis em reformas ou novas construções e em edifícios com grande área impermeabilizada (MACCARINI, 2015).

Já em Santa Catarina, há o Decreto nº 099, de 1º de março de 2007, que torna obrigatória a instalação de sistema de captação de água da chuva em construções novas e reformas de prédios públicos:

Art. 1°. Todas as construções novas e reformas de prédios públicos deverão prever sistema para captação de águas pluviais, coletadas por telhados, coberturas, terraços e pavimentos descobertos.

Art. 2°. Todas as construções privadas, beneficiadas por incentivos ou financiamentos de órgãos do Governo do Estado, deverão ter seus projetos arquitetônicos e de engenharia final em conformidade com artigo 1º deste Decreto (SANTA CATARINA, 2007).

Essa tendência presente alguns municípios e estados brasileiros segue o exemplo de outros países, como por exemplo Tóquio, Japão, onde há lei que:

Obriga a todos os prédios que possuam área superior a 30.000 m² ou que utilize mais de 100 m³ por dia de água para fins não potáveis, façam a utilização da água de chuva. É exigido também que se construam reservatórios que retenha a água em áreas de terrenos maiores que 10.000m² ou em edifícios que possuam mais que 3.000m² de área construída (TOMAZ, 2003).

2.3 Sustentabilidade como preocupação ambiental

O termo sustentabilidade foi primeiramente utilizado na silvicultura, para representar que não se deveria ser extraído mais da floresta do que esta poderia ofertar de nova matéria orgânica na temporada em seguida. Com o passar dos anos, o conceito passou a ser utilizado por variados e diferentes setores da ciência, como Thomas Malthus, que em 1798, publicou um aclamado trabalho sobre o tema. O trabalho de título “Um Ensaio sobre o Princípio da População” descrevia que o crescimento populacional mundial seria geométrico, ao passo

que a produção de alimentos se apresentaria de forma aritmética, ou seja, muito inferior em comparação aquele. Como consequência desses diferentes tipos de crescimentos, a falta de alimentos causaria graves problemas sociais, econômicos e ambientais (WIERSUM, 1995 apud KUHLMAN; FARRINGTON, 2010).

Uma comparação pode ser feita com outro recurso abundantemente utilizado pela humanidade: a água. Esta é considerada um recurso natural renovável por possuir um ciclo que se repete constantemente e pela quantidade utilizada ficar novamente disponível após um período de tempo. Todavia, um recurso renovável não significa ser um recurso infinito e interminável. Além disso, ao se utilizar um recurso, na maioria das vezes, ele é transformado ou alterado em algo que não pode mais ser aproveitado, como a lenha, que é queimada para gerar calor e por entropia vira cinzas, que a torna basicamente inútil para as atividades humanas. Dessa forma, os recursos naturais não conseguem renovar-se na mesma velocidade do crescimento populacional, e conseqüentemente não se tornará possível garantir a oferta de muitos recursos, inclusive da água, para consumo humano. A partir disso, hábitos sustentáveis, com a participação de todos, são essenciais no atual panorama mundial (PIO, 2000).

Entre as principais recomendações, foram destacadas a realização de ações locais, nacionais e internacionais, baseadas nos princípios que considerem a água um recurso finito e vulnerável, essencial para a manutenção da vida, do desenvolvimento e do meio ambiente, dotada de valor econômico para todos os usos, e o gerenciamento e o desenvolvimento dos recursos hídricos de forma participativa, envolvendo usuários, planejadores, governos de todos os níveis e a sociedade civil. Para tanto, serão necessários investimentos substanciais e imediatos, campanhas públicas de conscientização, mudanças legais e institucionais, desenvolvimento tecnológico e programas de capacitação (PIO, 2000).

A temática sustentável ganhou notoriedade depois que o “desenvolvimento sustentável” foi definido pelo Relatório Brundtland (na Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento), em 1987, como o desenvolvimento que satisfaz as necessidades presentes, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprir suas próprias necessidades. Esse termo tem sido, desde então, largamente utilizado em diversas esferas no mundo, inclusive sobre a exploração de recursos naturais (INYANG *et al.*, 2009).

É importante registrar o projeto EUROWATER (*Institutional Mechanisms for Water Management in the Context of European Environmental Policies*), elaborado de 1993 a 1995, cujo principal objetivo foi contribuir para o melhor conhecimento dos sistemas institucionais relacionados ao gerenciamento dos recursos hídricos na Europa, focado,

inicialmente, em seis países: França, Alemanha, Holanda, Portugal, Inglaterra e País de Gales (CORREIA, 2000).

Em março de 2000, o II Fórum Mundial da Água, foi realizado em Haia (Holanda), e foi emitida a Declaração Ministerial de Haia sobre a Segurança da Água no Século XXI. Um dos temas abordados foi a importância dos países em desenvolvimento na oferta de água no mundo, o que revela uma preocupação pelo volume de água disponível para consumo no mundo e pelo processo de poluição que poderá ocorrer nesses países e seus possíveis cenários de degradação ambiental, caso não haja planejamento adequado na produção e no tratamento de efluentes (CAMPOS, 2005, p. 21).

Todo esforço da ONU e de outras entidades internacionais tem induzido vários países a aprofundar a discussão sobre a melhor forma de gestão, bem como a aperfeiçoar e implementar modelos de gerenciamento de recursos hídricos já consagrados e com resultados positivos em alguns países, como, por exemplo, o modelo francês, base do sistema de gerenciamento dos recursos hídricos no Brasil (CAMPOS, 2005, p. 21).

O progresso em cada uma das três dimensões do desenvolvimento sustentável (social, econômica, ambiental) está vinculado às restrições impostas por recursos hídricos limitados e muitas vezes vulneráveis, e à forma como tais recursos são geridos para provisionar serviços e benefícios (UNESCO, 2015).

A redução ou esgotamento de um recurso natural pode trazer sérios problemas em diferentes dimensões. Uma redução de oferta de um recurso representa dificuldade de ser encontrado ou tratado, e, assim, seu custo aumenta, gerando um problema econômico e social, já que nem todos teriam condições de obtê-lo. Já o progressivo esgotamento de um recurso pode acarretar em problemas não solucionáveis dependendo no quão importante é o recurso. Em se tratando da água, os problemas seriam mais relevantes, já que água potável é indispensável para o consumo humano e também para diversas atividades corriqueiras como agricultura, indústria e pecuária (MACCARINI, 2015, p. 20 e 21).

A gestão de recursos hídricos é responsabilidade de muitos tomadores de decisão nos setores público e privado e o CBMMA, que está envolvido nessa esfera, deve também contribuir para o desenvolvimento sustentável, a partir da implementação de medidas sustentáveis nas atividades rotineiras tanto do serviço operacional quanto no expediente diário (UNESCO, 2015).

2.4 Ética e responsabilidade em sociedade

O termo “responsabilidade social” se refere ao comprometimento e contribuição de uma entidade para o desenvolvimento da comunidade na qual está inserida, melhorando a qualidade de vida e bem estar de seus habitantes e, conseqüentemente, de toda a sociedade. Seu conceito é tratar as partes interessadas da empresa eticamente ou de forma responsável (MACCARINI, 2015, p. 21).

Responsabilidade social é o compromisso de uma organização com a sociedade, expresso por meio de atos e atitudes que a afetem positivamente, agindo de forma proativa e coerente no que se refere ao seu papel específico na sociedade (ASHLEY, 2002).

Responsabilidade e ética social envolvem os funcionários, o ambiente da organização, e também as pessoas fora desta, inclusive aquelas que nunca ouviram falar da empresa e até mesmo de quem nem nasceu ainda (BARROS NETO, 2005).

A organização não pode se imaginar como uma entidade alheia ao seu meio, como se só existisse para prover um serviço ou para alcançar lucro. A entidade faz parte do meio, sendo responsável direta por sua manutenção, crescimento e por sua expansão quando se diz respeito a operações. Portanto, não é apenas por motivos éticos que uma empresa deve contribuir positivamente com a sociedade, mas até mesmo por motivos econômicos e de imagem, uma vez que uma empresa que notoriamente contribui com o seu meio se torna muito mais atrativa para o seu consumidor do que uma que não contribui da mesma forma (MACCARINI, 2015, p. 21).

O CBMMA, como uma organização pública, não precisa tornar-se, de forma direta, mais atrativo para seu consumidor em termos econômicos. Entretanto, como toda organização inserida em um meio, em conjunto com o resto da sociedade, tem a responsabilidade e o dever de utilizar de forma responsável os recursos naturais.

Portanto, a corporação, assim como todos os corpos de bombeiros do mundo, deve administrar de forma responsável o uso da água. Para isto, pode minimizar o uso de água tratada, que poderia ser consumida ou utilizada para fins mais específicos. Utilizar água da chuva, que é menos tratada seria uma importante ação de responsabilidade social.

2.5 Abordagem sobre água e sistema de captação

A água é um recurso natural essencial para a sobrevivência de todas as espécies que habitam a Terra. No organismo humano a água atua, entre outras funções, para a troca de substâncias e para a manutenção da temperatura, representando cerca de 70% de sua massa

corporal. E além de ser considerada solvente universal, é uma das poucas substâncias que encontramos nos três estados físicos: gasoso, líquido e sólido (CONSUMO SUSTENTÁVEL, 2005, p.26).

A água participa diretamente da produção de alimentos que consumimos, para higiene pessoal, lavar roupas e utensílios além da manutenção de limpeza de habitações. É um recurso essencial na produção de energia elétrica, na limpeza das cidades, na construção de obras, no combate a incêndios, na irrigação de jardins, entre outros. As indústrias utilizam grandes quantidades de água, como matéria-prima, para remoção de impurezas, na geração de vapor e na refrigeração. Porém, é a agricultura a atividade humana que mais consome água: cerca de 70% de toda a água consumida no planeta é utilizada pela irrigação (CONSUMO SUSTENTÁVEL, 2005, p.26).

2.5.1 Ciclo hidrológico

O ciclo hidrológico é um fenômeno pelo qual a água passa do globo terrestre para a atmosfera, na fase de vapor, e regressa a ela nas fases sólida e líquida. Pode-se afirmar então que o ciclo hidrológico consiste na circulação de água no planeta devido às mudanças de seu estado físico (DERISIO *et al.*, 2004).

Na natureza, a água se encontra em contínua circulação, fenômeno conhecido como ciclo da água ou ciclo hidrológico. A água dos oceanos, dos rios, dos lagos, da camada superficial dos solos e das plantas evapora por ação dos raios solares. O vapor formado vai constituir as nuvens que, em condições adequadas, condensam-se e precipitam-se em forma de chuva, neve ou granizo. Parte da água das chuvas infiltra-se no solo, outra parte escorre pela superfície até os cursos de água ou regressa à atmosfera pela evaporação, formando novas nuvens. A porção que se infiltra no solo vai abastecer os aquíferos, reservatórios de água subterrânea que, por sua vez, vão alimentar os rios e os lagos (CONSUMO SUSTENTÁVEL, 2005, p.27).

A evaporação é a mudança do volume de água no estado líquido para a atmosfera. O vapor de água é transportado pela circulação atmosférica e se condensa após variados percursos. A partir da água condensada há formação de nevoeiros e nuvens e a precipitação através de ambos (CARVALHO, 2010, p. 12).

Precipitação é toda forma de água que cai sobre uma determinada área. A classificação das chuvas é feita através do tipo de formação que ela foi submetida, podendo ser convectivas, frontais e orográficas. (ANDRADE e BASCH, 2012, p. 50 e 51).

A precipitação pode acontecer na fase líquida (chuva, chuveiro) ou na fase sólida (neve, granizo). A precipitação também inclui a água que passa da atmosfera para o globo terrestre por condensação do vapor de água (orvalho) ou por congelamento daquele vapor (geada). Parte da água precipitada regressa diretamente para a atmosfera através da evaporação; outra parte retorna através do escoamento em leitos dos rios e pelos fluxos subterrâneos de água, e uma parte acaba se infiltrando no interior do solo (JAQUES, 2005).

Todo esse processo do ciclo hidrológico faz com que a quantidade de água total da Terra permaneça constante. Esse processo está relacionado ao desenvolvimento da biosfera e com o fluxo de luz e calor que vem do Sol e do interior da Terra. A energia solar é a fonte da energia térmica necessária para a passagem da água das fases líquida e sólida para a fase do vapor; é também a origem das circulações atmosféricas que transportam vapor de água e deslocam as nuvens, conforme a Figura 1 (JAQUES, 2005).

Figura 1 – Ciclo da água.



Fonte: Adaptado de Hyper Physics (2015).

O ser humano participa, também, desse ciclo, não apenas consumindo água, mas também através de sua retenção em represas, o que altera o regime das chuvas, da ação na vegetação, da irrigação de solos secos e da poluição. Todo esse processo do ciclo hídrico, e influenciado por seus inúmeros fatores, causam esse processo dinâmico e se estende por todo planeta (JAQUES, 2005).

2.5.2 Disponibilidade e consumo de água

O volume total de água na Terra não aumenta nem diminui, é sempre o mesmo. A água ocupa aproximadamente 70% da superfície do nosso planeta. Mas 97,5% da água do planeta é salgada. Da parcela de água doce, 68,9% encontra-se nas geleiras, calotas polares ou em regiões montanhosas, 29,9% em águas subterrâneas, 0,9% compõe a umidade do solo e dos pântanos e apenas 0,3% constitui a porção superficial de água doce presente em rios e lagos, conforme a Tabela 2 (CONSUMO SUSTENTÁVEL, 2005, p. 27)

Tabela 2 – Percentual de distribuição da água no planeta.

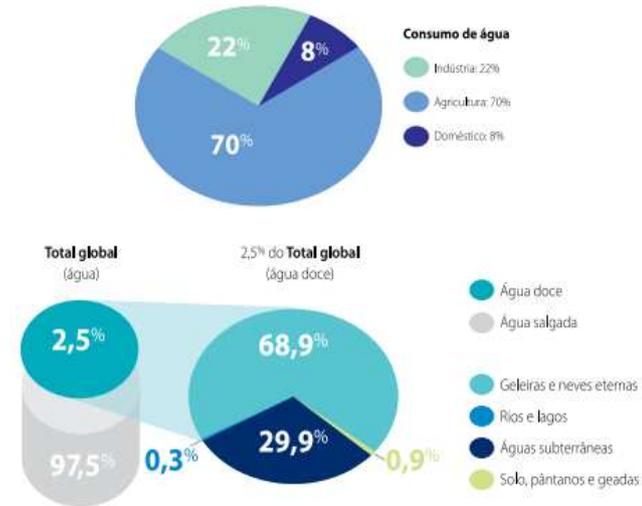
Local	Volume (km³)	Porcentual do total (%)
Oceanos	1.370.000	97,61
Calotas polares e geleiras	29.000	2,08
Água subterrânea	4.000	0,29
Água doce de lagos	125	0,009
Água salgada de lagos	104	0,008
Água misturada no solo	67	0,005
Rios	1,2	0,00009
Vapor d'água na atmosfera	14	0,0009

Fonte: Cavalcante (2001).

A água doce não está distribuída uniformemente no mundo, e depende principalmente dos ecossistemas que compõem o território de cada país. Conforme o Programa Hidrológico Internacional da Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO), a América do Sul contém cerca de 26% do total de água doce disponível no planeta e apenas 6% da população mundial, enquanto o continente asiático possui 36% do total de água e abriga 60% da população mundial (OLIVEIRA, 2005).

A Figura 2 mostra o consumo e distribuição de água.

Figura 2 – Consumo e distribuição da água.



Fonte: Plano Nacional de Recursos Hídricos (2010).

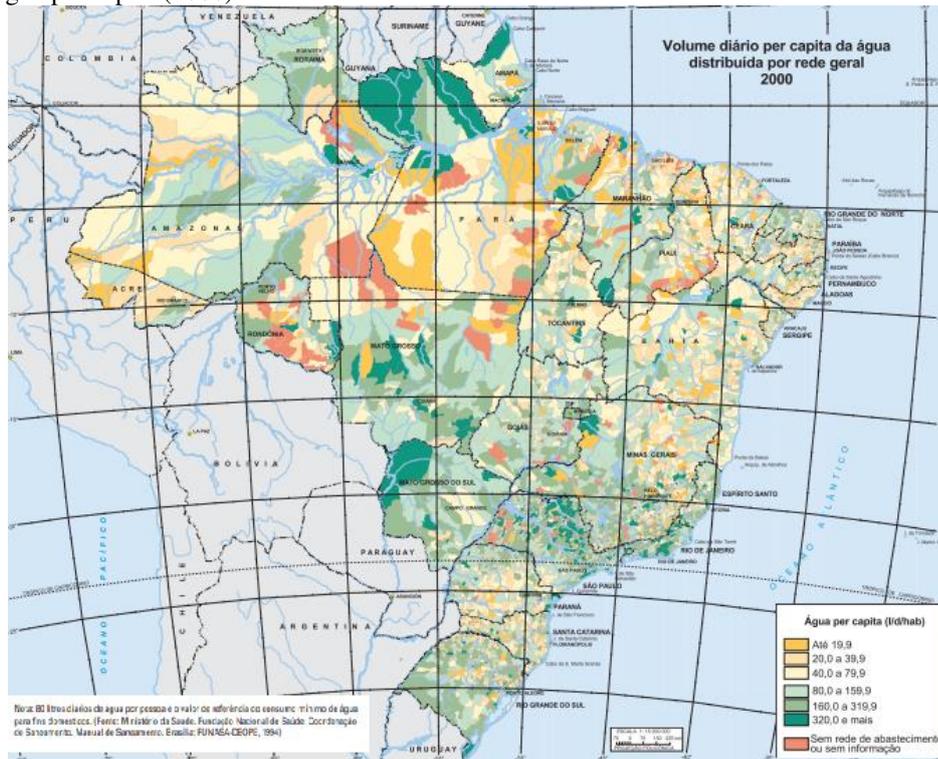
O consumo diário de água varia no mundo. E está relacionado diretamente à disponibilidade do recurso no local, com o nível de desenvolvimento do país e com o nível de renda da sociedade. Uma pessoa necessita de, no mínimo, 40 litros de água por dia para beber, tomar banho, escovar os dentes, lavar as mãos, cozinhar, etc. Porém, dados da ONU apontam que um europeu, que contém 8% da água doce, consome, em média, 150 litros de água por dia. Já um indiano, consome 25 litros por dia (OLIVEIRA, 2005).

O uso final da água em diversas regiões do mundo, como Reino Unido, Colômbia e Estados Unidos utilizadas para fins não-potáveis variou entre 45 e 55% da água destinada ao uso doméstico (OLIVEIRA, 2005).

O Brasil é um país privilegiado quanto ao volume de recursos hídricos, pois abriga 13,7% da água doce do mundo. A água subterrânea é bastante explorada. Estima-se que existam no Brasil pelo menos 400.000 poços. A água de poços e fontes vem sendo utilizada para diversos fins, tais como o abastecimento humano e industrial, irrigação e lazer. No Brasil, 15,6% dos domicílios utilizam exclusivamente água subterrânea, 77,8% faz uso de rede de abastecimento de água e 6,6% usam outras formas de abastecimento (IBGE, 2000).

A Figura 3 mostra o mapa de distribuição de água por pessoa.

Figura 3 – Água per capita (2000).

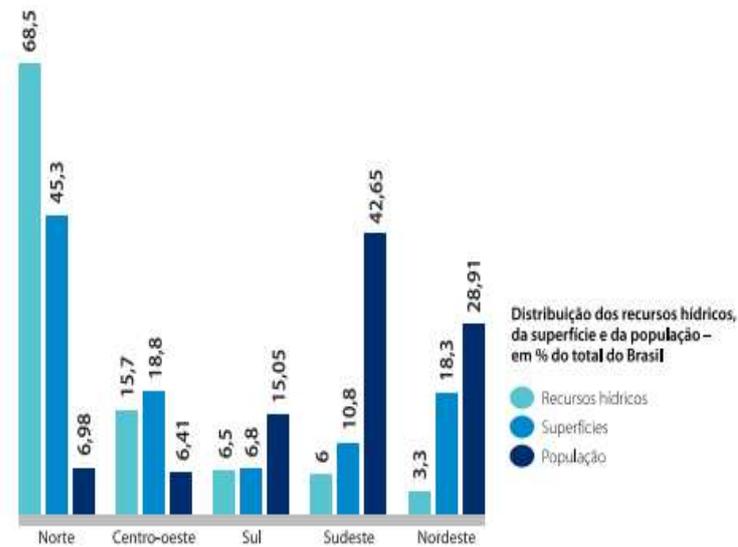


Fonte: IBGE, 2000.

Apesar disso, a disponibilidade desses recursos não é uniforme. Mais de 73% da água doce disponível no país encontra-se na bacia Amazônica, onde a população é de apenas 5%. Os 27% restantes respondem pelo abastecimento de 95% da população (LIMA, 1999).

A Figura 4 demonstra a distribuição dos recursos hídricos no Brasil.

Figura 4 – Distribuição dos recursos hídricos no Brasil.



Fonte: Consumo Sustentável, 2005.

A oferta de água tratada também reflete os contrastes no desenvolvimento dos estados brasileiros. Os locais mais populosos são ironicamente os que possuem menos água; em controvérsia, onde há muita água ocorre baixo índice populacional. Enquanto na região Sudeste (com 43% do total de habitantes do país) 87,5% dos domicílios são atendidos por rede de distribuição de água, no Nordeste a porcentagem é de apenas 58,7%. Já na região Norte, que compreende a Bacia Amazônica, apresenta 69% de água disponível, mas contando com apenas 8% da população brasileira (GHISI, 2006).

Além disso, segundo o especialista em Recursos Hídricos e superintendente adjunto de Regulação da ANA, Patrick Thômas, os gastos estão relacionados a um mau hábito cultural e ao histórico de cada região:

Essas diferenças de consumo estão relacionadas, sim, com a vivência da população de já ter passado por crises hídricas. Tem cidades no Nordeste que têm a prática habitual de fazer racionamento. Mas isso tem a ver também com o desenvolvimento econômico das regiões. Então, de um lado esse consumo na região Sudeste é maior por conta de haver aquela cultura de que havia uma abundância, mas por outro também por um desenvolvimento maior dessa região (THÔMAS, 2020).

O estado com maior consumo médio de água per capita/dia é o Rio de Janeiro (253 litros) e o estado de menor consumo é o Alagoas, que não chega a 100 litros de água por dia (99,6 litros). O estado do Maranhão é o segundo com consumo mais alto do país, consumindo diariamente uma média per capita/dia de 230,8 litros. A Organização das Nações Unidas (ONU) recomenda um volume de 110 litros por pessoa diariamente como quantidade suficiente para que se possa consumir e desenvolver o resto de suas atividades (ABRANTES, 2015).

Tabela 3 – Consumo médio de água no Brasil.

Estado	Consumo diário por pessoa (L)
Rio de Janeiro	253,08
Maranhão	230,8
Amapá	194,88
Distrito Federal	189,91
São Paulo	187,97
Rondônia	183,89
Mato Grosso	165,09
Minas Gerais	159,36
Amazonas	159,25
Santa Catarina	157,1
Pará	156,58
Mato Grosso do Sul	155,54
Rio Grande do Sul	152,19
Goiás	146,12
Acre	144,62
Paraná	143,77
Roraima	142,05
Paraíba	139,13
Piauí	134,88
Tocantins	132,96
Ceará	128,39
Sergipe	123,41
Rio Grande do Norte	114,78
Bahia	110,57
Pernambuco	105,3
Alagoas	99,65

Fonte: Abrantes (2015).

Os dados da Tabela 3 se referem a água potável, que chega às residências através da rede pública. Entretanto, não necessariamente o uso desta água é destinado a atividades que necessitariam de água potável, e uma quantidade considerável poderia ser substituída por água pluvial (ABRANTES, 2015).

O Brasil possui a matriz consumidora de água repartida de modo que 61% da água são destinados ao setor agrícola, 18% ao setor industrial e 21% ao consumo humano. Para o uso doméstico 40% são utilizados em vasos sanitários e lavatórios, 36% em chuveiros, 6% e 5% na cozinha e para bebidas, respectivamente, 5% para lavar roupas e 9% para fins menos nobres como limpeza e irrigação de jardins (BRASIL, 2016).

O Brasil registra também grande desperdício: de 20% a 60% da água tratada para consumo é perdida na distribuição até o consumidor. O desperdício também é grande em residências, envolvendo atividades como tomar banho, em descargas no vaso sanitário, a

lavagem da louça com água corrente, no uso da mangueira como vassoura na limpeza de calçadas, na lavagem de carros etc. (BRASIL, 2016).

Para uma finalidade em que não se faz necessária o uso de água potável, pode-se utilizar a água pluvial. Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), por meio da ABNT 15.527/2007, as águas da chuva podem ser aplicadas a usos não potáveis como descargas em bacias sanitárias, irrigação de gramados, lavagem de veículos, limpeza de calçadas e de ruas. Somado a isso, é recomendado por alguns fabricantes para uso na máquina de lavar roupas (GRAF-WATER, 2015).

2.5.3 Escassez de água no mundo

Os recursos hídricos do planeta estão se esgotando gradativamente e, além da poluição dos rios e dos mananciais, o consumo irresponsável e sem fundamentação sustentável no desenvolvimento econômico é um fator relevante no processo de redução da água. Com relação ao nordeste brasileiro, pelos resultados de estudos realizados pela ANA, de que 70% de 1,3 mil municípios do semiárido brasileiro podem ter problemas de abastecimento de água até 2025, quando uma população de mais de 30 milhões corre o risco de sofrer uma crise hídrica. A estimativa demográfica para o semiárido é de 53,6 milhões de habitantes em 2025 (SUZUKI, 2006).

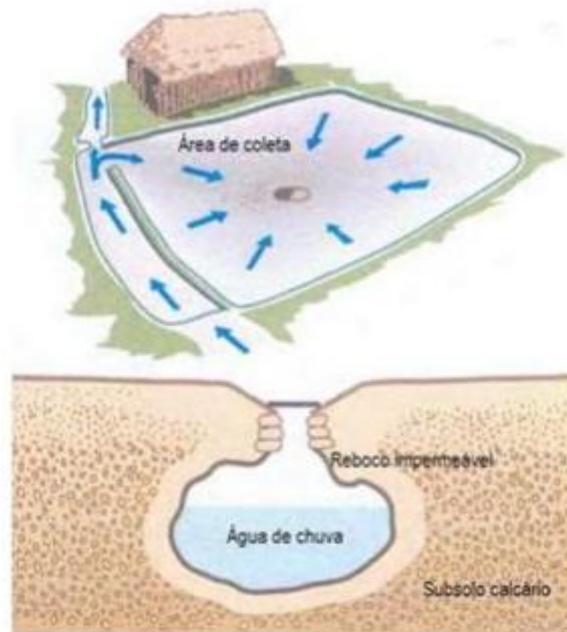
Observando-se essa estimativa, até 2025, a agricultura irrigada terá de produzir 70 por cento dos alimentos do mundo para alimentar dois bilhões de pessoas a mais do que hoje, pois as necessidades hídricas mundiais devem dobrar nos próximos 25 anos, sendo que quatro bilhões de pessoas poderão enfrentar a escassez de água até o ano 2025. Esses estudos reforçam a hipótese de um imenso problema que poderá se instalar na humanidade, diante das dificuldades de sobrevivência que podem resultar de uma situação com falta de água, já sentida e vivida por muitas pessoas no planeta inteiro (THOMAS, 2003, p.1).

2.5.4 Histórico de utilização da água pluvial

Em um contexto histórico, a água da chuva é utilizada pela humanidade há milhares de anos. Existem inúmeras cisternas escavadas em rochas no Oriente Médio, utilizadas para aproveitamento de água pluvial, que são anteriores a 3.000 a.C. Em Israel, encontra-se um dos exemplos mais conhecidos, a fortaleza de Masada, com dez reservatórios escavados na rocha,

tendo como capacidade total 40 milhões de litros. No México, existem cisternas ainda em uso, que datam de antes da chegada de Cristóvão Colombo à América (TOMAZ, 2003).

Figura 5 – Cisterna no século XX.



Fonte: Gnadlinger (2000).

Sistemas de captação de águas pluviais vêm sendo mais utilizados nos países europeus e asiáticos, onde são oferecidos financiamentos para a construção e utilização deste sistema. Na Alemanha, o governo participa com apoio financeiro, oferecendo financiamentos para a construção de sistemas de captação de água pluvial, incentivando a economia de água potável para suprir as futuras populações e novas indústrias, conservando as águas subterrâneas que são utilizadas como fontes de recurso hídrico em muitas cidades do país (GROUP RAINDROPS, 2002).

Um dos países que mais utiliza sistemas de aproveitamento de água pluvial e promove estudos e pesquisas nessa área, é o Japão. Em Tóquio, há regulamentos do governo metropolitano que obriga que todos os prédios com área construída maior que 30.000 m² que utilizem mais de 100 m³ por dia de água para fins não potáveis, façam reciclagem da água de chuva e de água servida (água de lavatórios, chuveiros e máquinas de lavar roupas). Além disso, a fim de evitar enchentes, deve-se construir reservatórios de detenção de água de chuva em áreas de terrenos maiores de 10.000 m² ou em edifícios que tenham mais que 3.000 m² de área construída (TOMAZ, 2001).

Países como Estados Unidos, Austrália e Cingapura também estão desenvolvendo pesquisas referentes ao aproveitamento de água pluvial. Em 1992, iniciou-se um sistema de uso de água de chuva no Aeroporto de Chagi, em Cingapura. A água pluvial captada nas pistas de decolagem e aterrissagem é coletada e utilizada para descarga dos banheiros, evitando transtornos com enchentes nas pistas. Essa iniciativa abriu oportunidades para novas áreas de pesquisa de aproveitamento de águas pluviais nesses países (GROUP RAINDROPS, 2002).

No Brasil, as águas pluviais vêm sendo utilizadas nos estados do Nordeste, devido à grande falta de recursos hídricos, e essa água captada, é usada como fonte de suprimento de necessidades de uso doméstico e das atividades na agricultura. O clima semiárido brasileiro foi o pioneiro em captação de águas pluviais (MONTIOIA, 2010).

Atualmente, já existe no país a Associação Brasileira de Manejo e Captação de Água de Chuva (ABCMAC), que é responsável por divulgar estudos e pesquisas, reunir equipamentos, instrumentos e serviços sobre o assunto.

Em Blumenau, cidade localizada no estado de Santa Catarina, foi instalado um sistema de aproveitamento de água pluvial em um hotel com 569,50 m² de área de cobertura (área de captação). O volume da cisterna utilizada é 16.000 L, estimando-se a economia anual de água potável em torno de 684.000 L (BELLA CALHA, 2010).

Nos últimos três anos, o Brasil conseguiu construir mais de 100 mil cisternas, capazes de armazenar cerca de 1,5 bilhão de litros de água, na região do semiárido brasileiro. Atualmente, a captação de água da chuva possui dois principais objetivos: para uso e para se evitar que a água da chuva em demasia se acumule nas ruas, causando enchentes. Esta segunda, é bastante importante em grandes cidades que apresentam altas porcentagens de superfície pavimentada, o que impede a infiltração da água no solo. A ausência de um sistema que possa absorver a água proveniente da chuva pode causar vários tipos de problemas, principalmente para locais que possuem a peculiaridade de se situar abaixo do nível do mar, caso típico da Holanda. Mas, este não é um problema somente de localidades com essa característica, já que uma cidade que for urbanizada sem planejamento pode enfrentar o mesmo tipo de problema, como as cidades de São Paulo e Tóquio. Pode ser mais grave ainda em cidades urbanizadas que estejam localizadas próximas de rios ou bacias hidrográficas ou possuam outras características geomorfológicas (MONTIOIA, 2010).

Existem, ainda, cidades que sofrem de outros tipos de problemas: escassez de água em determinada área de sua extensão e, em outras áreas sofrem os problemas do excesso de água, por possuir superfície selada e com características impermeáveis. É o caso de cidades que

criaram com pouco planejamento urbano e sistemas de infraestrutura falhos, como Nairóbi, Quênia. A coleta da água pluvial para seu aproveitamento posterior é uma medida importante para amenizar os efeitos negativos e reduzir as consequências socioeconômicas provenientes deles (OIRERE, 2009).

2.5.5 Sistema de captação de água pluvial

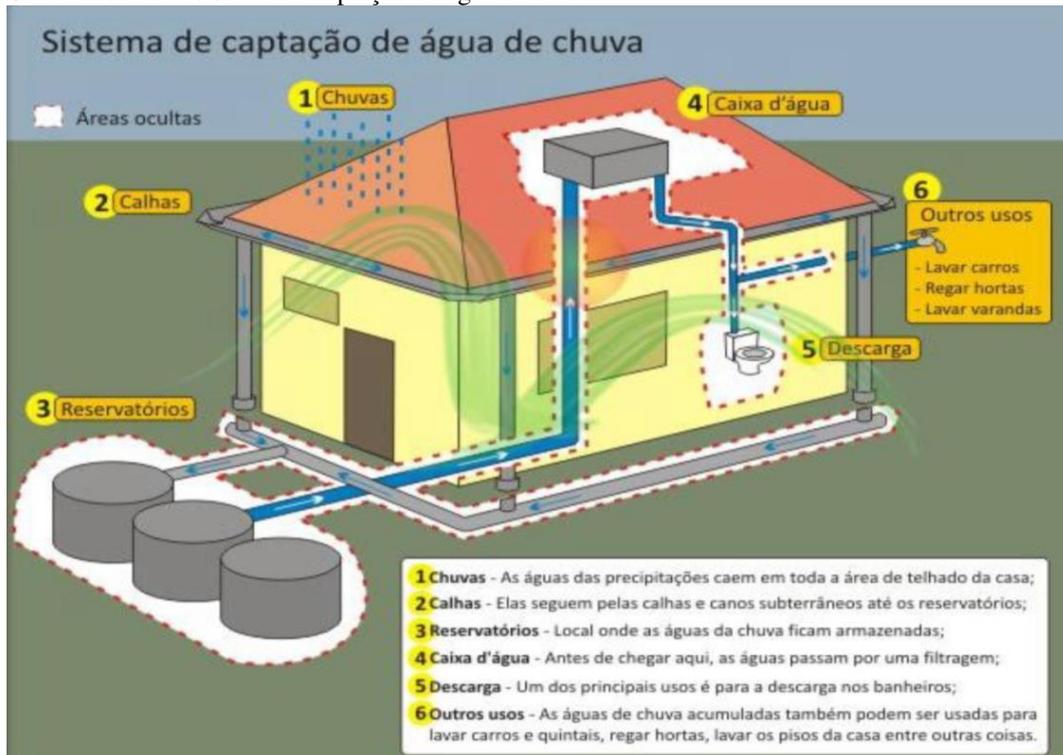
Um exemplo de implementação do sistema é no Corpo de Bombeiros do Distrito Federal, onde 13 das 28 unidades da corporação foram construídas com princípios sustentáveis (DAMACENO, 2016).

O aproveitamento de águas pluviais tem como objetivo deixar de escoar (totalmente) a água da chuva para captá-la por uma superfície impermeável, para então ser armazenada e utilizada como fonte alternativa de abastecimento (WATERFALL, 2002).

Um sistema de captação da água pluvial pode ter instalação simples ou complexa. Os sistemas simples possuem basicamente três elementos: precipitação, condutos horizontais e verticais e reservatório de armazenamento. Os sistemas complexos são indicados para empreendimentos de grande porte, pois dependem de assistência profissional, investimentos e reservatórios maiores ou interligados para armazenar grandes volumes de água (WATERFALL, 2002).

Para viabilização da implantação do sistema de captação de água da chuva, as condições ambientais locais, climatológicas, fatores econômicos e espaciais devem ser analisados, para os dois tipos de sistemas que podem ser adotados. Destaca-se, ainda, que a interligação da estrutura ocorre através de condutos horizontais (calhas) e verticais (canos), grades, filtros e caixa de armazenamento da primeira chuva, quando necessário, conforme a Figura 6. O sistema poderá trabalhar por gravidade ou através da inserção de bombas para realizar a condução da água para outros reservatórios (FAVRETTO, 2016).

Figura 6 – Partes de um sistema de captação de água da chuva.



Fonte: Favretto (2016).

Os componentes para a captação e armazenamento da água dependem das características das edificações, mas são compostos, basicamente, de uma bacia coletora (que irá captar a água), calhas e tubulações (que irão transportar o material recolhido); peças, como peneiras (para reter materiais sólidos), cisterna, filtros de areia (para reter certas impurezas), bombas centrífugas (para alimentar os filtros de areia), reservatório de retro lavagem, uma unidade de desinfecção, além de um sistema de pressurização, que irá destinar a água, já tratada, para os locais nos quais ela será utilizada (FAVRETTO, 2016).

O tratamento da água pluvial depende do destino que a ela é dado. Em atividades não potáveis, não há necessidade de longos processos de purificação. Em um tratamento simples, podem-se usar processos de sedimentação natural, filtração simples e cloração. Já a água captada que será dada para consumo humano, recomenda-se utilizar tratamentos mais complexos, como desinfecção por ultravioleta ou osmose reversa (MAY & PRADO, 2004).

No quesito alagamento, aproveitamento de água pluvial pode ser útil como fonte de abastecimento de água não potável, mas pouco contribui para o controle de alagamentos (TUCCI, 2007).

O processo de coleta equivale a captação da água da chuva que cai nos telhados ou lajes das edificações. A quantidade de água que é escoada depende das características do telhado, como sua inclinação e a constituição de seu material: por exemplo, telhas esmaltadas

escoam melhor que telhas cerâmicas, que absorvem uma certa quantidade da água da chuva. Entretanto, telhados dos mais variados materiais são apropriados para utilizar um sistema de captação de água da chuva, tais como: zinco, aço galvanizado, plástico, vidro, acrílico. Na Figura 7 estão presentes exemplos de telhas supracitadas (ANNECCHINI, 2005).

Figura 7 – Telhas.



Fonte: Barreto (2020).

Conceitos e padrões que devem ser seguidos de acordo com cada tipo de material que seja utilizado para construção da calha, fornecem fórmulas para que se possa fazer o cálculo da vazão do projeto e fórmulas para cada tipo de telhado. Na cobertura, água captada se dirige ao ponto mais baixo, ao beiral ou ao encontro com outros planos inclinados ou ralos (ABNT 10.884, 1989).

As coberturas horizontais de laje devem ser projetadas para evitar empoçamento, exceto aquele tipo de acumulação temporária de água, durante tempestades, que pode ser permitido onde a cobertura for especialmente projetada para ser impermeável sob certas condições (ABNT 10.884, 1989).

A água, então, é conduzida para o local de armazenamento, através de calhas e condutores horizontais e verticais. Para o dimensionamento dos condutores verticais devem ser utilizados parâmetros de vazão, altura de lâmina de água na calha e o comprimento do condutor,

devem ser utilizados tubos e conexões de ferro fundido, fibrocimento, PVC rígido, aço galvanizado, cobre, chapas de aço galvanizado, folhas-de-flandres, chapas de cobre, aço inoxidável, alumínio ou fibra de vidro (ABNT 10.884, 1989).

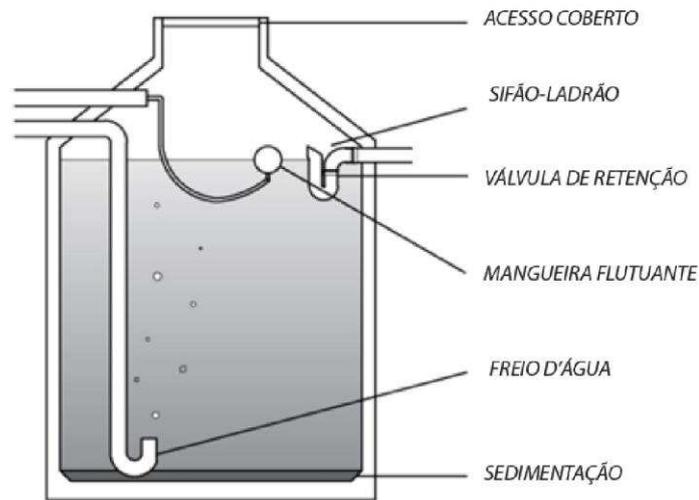
Já os condutores horizontais devem, sempre que possível, possuir declividade uniforme de valor mínimo de 0,5% (de modo que garanta o escoamento das águas pluviais até os pontos de drenagem previstos) e devem ser utilizados tubos e conexões de ferro fundido, fibrocimento, PVC rígido, aço galvanizado, cerâmica vidrada, concreto, cobre, canais de concreto ou alvenaria (ABNT 10.884, 1989).

A água então é armazenada em um reservatório que pode estar localizado abaixo (enterrado ou semienterrado) ou acima da superfície (apoiado sobre o solo ou elevado). Podem ser construídos de diferentes materiais como concreto armado, alvenaria, fibra de vidro, aço, polietileno e podem ter diversas formas. Quando não aproveitada, a água pode ser liberada no solo, reabastecendo, assim, o lençol freático (ANNECCHINI, 2005; PRECISÃO CONSULTORIA, 2008).

O reservatório deve ser posicionado de acordo com a disponibilidade na área do terreno, do tipo de material que o reservatório é feito e de como a água do reservatório será, de fato, utilizada. Em alguns casos, é possível ainda o posicionamento do reservatório logo abaixo do telhado, ficando, portanto, em uma altura elevada. Assim a expulsão da água seria dotada de alta pressão. Caso o reservatório seja enterrado ou semienterrado, é necessária a utilização de uma bomba de recalque ou pressurizadora para expulsão da água (ANNECCHINI, 2005).

Para reservatórios de grande porte, recomenda-se uma configuração hidráulica que garanta a qualidade da água armazenada; para isso deve conter um dispositivo de descarte e/ou filtro, freio d'água, mangueira flutuante, sifão-ladrão e ventilação, conforme a Figura 8 (ANNECCHINI, 2005).

Figura 8 – Configuração hidráulica de reservatórios de retenção (cisternas) de águas pluviais.



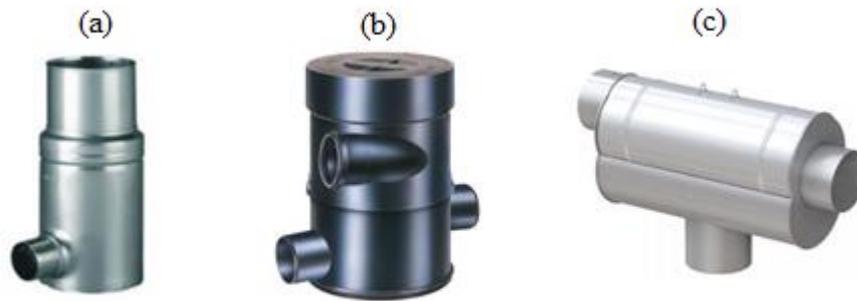
Fonte: Sant'Ana e Medeiros (2017).

Não é recomendável a utilização da água das primeiras chuvas, pois estas concentram poluentes tóxicos na atmosfera dos grandes centros, principalmente após um longo período de estiagem, que costuma ter excesso de matéria orgânica como folhas, poeira, insetos, excremento de pássaros e outras partículas sólidas transportadas pelo vento. A ABNT 15.527/2007 recomenda que sejam descartados os 02 mm iniciais de precipitação (ANNECCHINI, 2005).

Dispositivos de descarte tem a função de reter as impurezas presentes nas primeiras precipitações, desviando o escoamento inicial da chuva a um recipiente que, ao encher, é barrado por uma válvula ou bola flutuante para direcionar as águas mais limpas para a cisterna. Podem ser montados utilizando materiais hidráulicos (tubos, conexões, flutuantes, bombonas, etc.) e instalados próximos de condutores verticais (ANNECCHINI, 2005).

A filtração atua na remoção de partículas que possam poluir a água através de um material poroso ou em malha. Os diversos tipos de filtros e diferentes formas de filtragem podem ser aplicadas antes e depois do armazenamento da água pluvial. Porém, recomenda-se a filtração da água pluvial antes de armazená-la no reservatório de retenção, para evitar a entrada de grande parte da contaminação encontrada na cobertura (como terra, poeira ou outros detritos) e evitar a degradação da água pela decomposição de matéria orgânica (folhas, galhos, dentre outros). Os filtros pluviais podem ser instalados em condutores verticais (Figura 9a), em condutores horizontais (Figura 9b) ou dentro do reservatório (Figura 9c). Quando a filtração ocorre após armazenamento, podem ser utilizados filtros de malhas finas, cartuchos ou areia e carvão (ANNECCHINI, 2005).

Figura 9 – Exemplos de filtros pluviais.



Fonte: Wisy (2020).

Mas, mesmo após filtração ou descarte das primeiras águas pluviais, ainda podem haver partículas finas e sólidos dissolvidos na água armazenada. Com o passar do tempo, há a decantação (separação de misturas heterogêneas) das partículas mais densas que a água, que se acumulam no fundo do reservatório. Para evitar movimentação dos sedimentos acumulados no fundo do reservatório, é recomendado conduzir alguma tubulação de entrada no fundo do reservatório e instalar um freio d'água capaz de promover a contenção da entrada da água. O freio d'água pode ser montado utilizando tubos e conexões ou ele pode ser adquirido comercialmente (SANT'ANA E MEDEIROS, 2017).

As impurezas menos densas que a água se acumulam na superfície da água armazenada. Então é recomendada a extração da água armazenada no seu ponto mais limpo: logo abaixo da superfície. A instalação de uma mangueira flexível presa a uma bola flutuante é capaz de extrair esta água. A mangueira flutuante pode ser instalada com a uma bomba d'água (externa ou submersa) para retirar a água por sucção. Um filtro de malha fina pode ser fixado entre o flutuador e a mangueira para evitar impurezas antes da extração, além de preservar a vida útil da bomba (SANT'ANA E MEDEIROS, 2017).

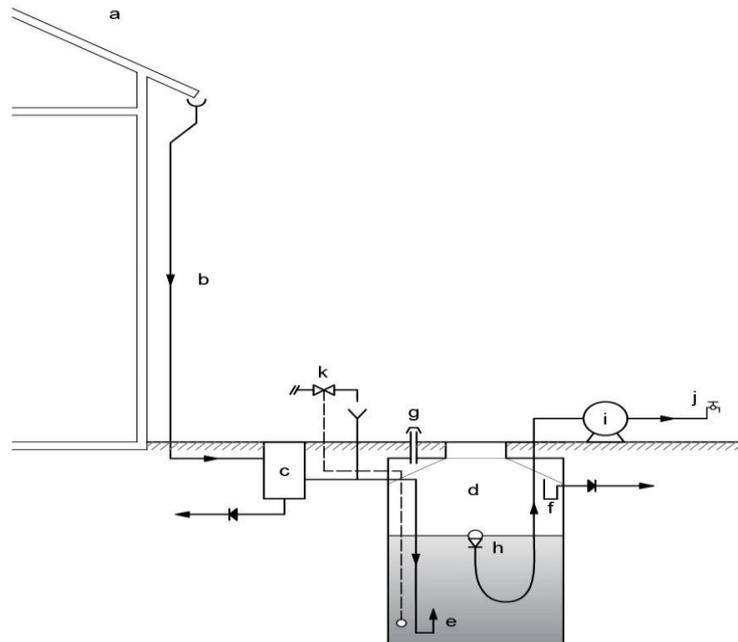
Para a remoção das impurezas que se acumulam na superfície da água armazenada, recomenda-se que ocorra o transbordamento da água armazenada pelo menos duas vezes ao ano. Nos locais de saída em reservatórios, recomenda-se a adoção de um sifão com válvula de retenção para evitar a entrada de gases, insetos e roedores nas canalizações de drenagem. O sifão-ladrão pode ser montado utilizando tubos e conexões, desde que uma válvula de retenção seja instalada junto ao extravasor (tubulação para escoar um casual excesso de água), ou o dispositivo pode ser adquirido pronto comercialmente, provido com válvula de retenção com proteção para evitar a entrada de roedores (SANT'ANA E MEDEIROS, 2017).

2.5.5.1 Sistemas isolados

Sistemas de aproveitamento de águas pluviais isolados das edificações, fazem a distribuição direta em pontos de uso externo através de bombeamento. Geralmente são de baixo custo e de fácil adaptação predial em edifícios já construídos. São independentes e possuem rede de distribuição própria, dentre seus usos não potáveis estão a irrigação paisagística, lavagem de pisos, lavagem de veículos e para fins ornamentais, como em espelhos d'água e chafarizes (SANT'ANA E MEDEIROS, 2017).

A Figura 10 apresenta um exemplo em um sistema isolado.

Figura 10 – Sistema isolado da edificação para o aproveitamento de águas pluviais em usos externos.



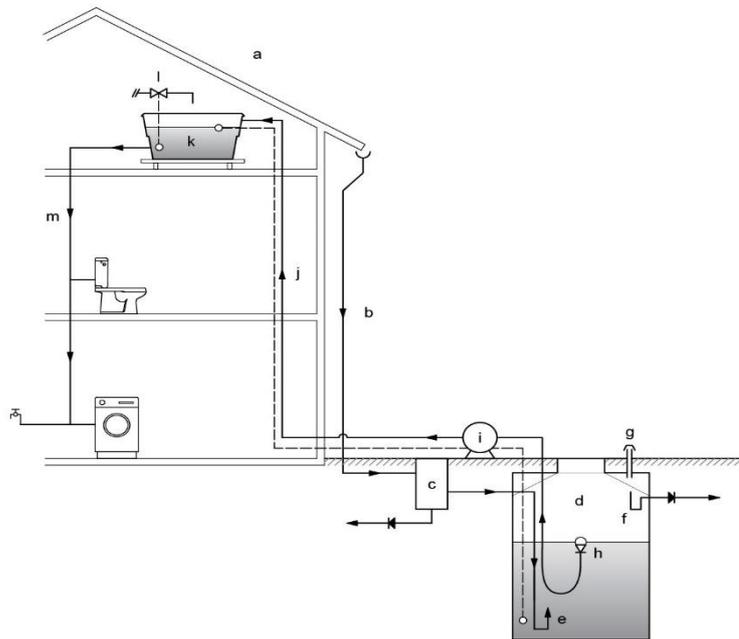
Fonte: Sant'Ana e Medeiros (2017).

A água de chuva captada pela cobertura (a), é transportada por uma rede coletora (b) e tratada inicialmente por um filtro ou dispositivo de descarte (c). Para garantir a qualidade da água armazenada na cisterna (d), recomenda-se o emprego de um freio d'água (e) para evitar o turbilhonamento de sedimentos decantados no fundo do reservatório e de um sifão-ladrão (f) instalado junto ao extravasor para limpeza da superfície da água. A instalação de um duto de ventilação (g) pode ser benéfica para preservar a qualidade da água armazenada, mas este deve ser protegido com tela de mosquito para evitar a entrada de insetos no interior do reservatório. A extração da água é feita em seu ponto mais limpo, logo abaixo da superfície, por uma mangueira flutuante (h), podendo ter em si, um filtro fino antes de seu bombeamento (i) aos pontos de uso não potável (j) (SANT'ANA; MEDEIROS, 2017).

2.5.5.2 Sistemas integrados

Sistemas integrados às edificações promovem a distribuição indireta de água interna e/ou externa. Geralmente realizam a transferência da água armazenada para um reservatório de distribuição localizado na cobertura da edificação. Por ação da gravidade, a distribuição é realizada para descarga sanitária, tanque, máquinas de lavar roupa, torneiras de uso geral, torneiras de jardim, entre outros (ou seja, para uso não potável). Uma outra opção é tornar mista a distribuição da água: através de uma bomba pressurizadora, que é utilizada para abastecimento direto em pontos de usos externos e para abastecimento indireto por meio de transferência ao reservatório de distribuição (SANT'ANA E MEDEIROS, 2017).

Figura 11 – Sistema integrado à edificação para o aproveitamento de águas pluviais em usos internos e externos.



Fonte: Sant'Ana e Medeiros (2017).

O funcionamento do sistema integrado perpassa por esta ordem: captação (Figura 11a), rede coletora (Figura 11b), filtro ou dispositivo de descarte (Figura 11c), cisterna (Figura 11d), freio d'água (Figura 11e), sifão-ladrão (Figura 11f), duto de ventilação (Figura 11g), mangueira flutuante (Figura 11h), bomba de água (Figura 11i), diferenciando com a presença de um recalque (Figura 11j) da água tratada para um reservatório de distribuição (Figura 11k) que alimenta, por gravidade, pontos de uso não potável usando uma rede de distribuição independente (Figura 11m), evitando uma conexão conjunta com a rede de água potável. Na falta de água pluvial, torna-se necessária a alimentação automática de água potável (Figura 11l) de maneira segura, para evitar contaminação (SANT'ANA E MEDEIROS, 2017).

2.5.5.3 Manutenção do sistema

Os componentes do sistema de captação de água pluvial devem ter manutenção, além de haver desinfecção do sistema. A ABNT 15.527/2007 recomenda uma frequência de manutenção, mas há estudos internacionais, como o da Organização Mundial de Saúde (em inglês *World Health Organization – WHO*), que considera outros prazos quanto a manutenção dos componentes nesse sistema, presentes na Tabela 4:

Tabela 4 – Frequência de manutenção.

Componentes do sistema	ABNT 15.527	WHO	Leggett <i>et al.</i> (2001)
Limpeza manual de filtros	Limpeza mensal	-	Trimestral
Retro lavagem	Inspeção mensal Limpeza trimestral	-	Três meses ou após cada checagem
Telhado e calhas	Semestral	Semestral	Anual ou semestral
Cartuchos de filtros	-	-	Limpeza a cada três meses ou substituição
Desinfecção por ultravioleta	Mensal	-	Substituição a cada seis meses ou uma vez por ano dependendo do sistema.
Desinfecção por cloro	Mensal	-	Substituição Mensal
Bombas	Mensal	-	Anual
Reservatório	Limpeza e desinfecção anual	Anual	Anual

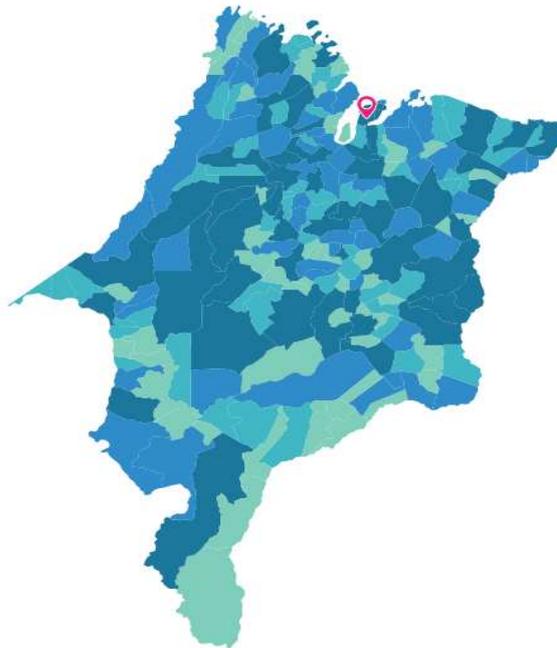
Fonte: Sant’Ana e Medeiros (2017).

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

3.1 Local da pesquisa

O município de São Luís está localizado no estado do Maranhão, no nordeste do Brasil, dentro da ilha de São Luís. Tem latitude 2°31'51" S (sul), longitude 44°18'24" O (oeste) e altitude de 17 m (Figura 12). Conta com área total de aproximadamente 834,8 km² (IBGE, 2020).

Figura 12 – Localização do município de São Luís (MA).



Fonte: IBGE (2020).

A pesquisa realizou-se no 1º Batalhão de Bombeiros Militar do CBMMA, quartel operacional, localizado na Avenida Alexandre de Moura, sem número, no centro da cidade (Figura 13). O local compreende 17.372 m² de área de terreno e 548,96 m² de área construída, onde funcionam atividades operacionais e administrativas além de contar com 05 veículos para realizar estas atividades (CBMMA, 2020).

Figura 13 – Localização do 1º BBM.



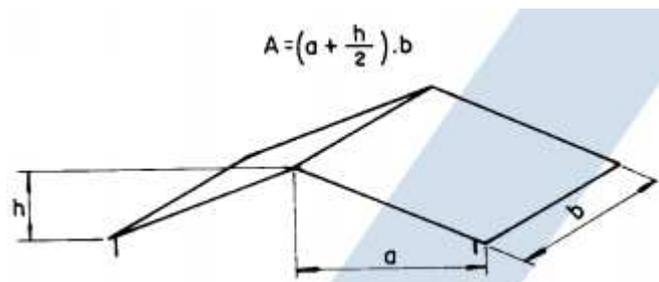
Fonte: CBMMA (2020).

3.2 Medições para sistema de captação de água pluvial

3.2.1 Área de contribuição

Para captação da água pluvial utilizou-se a área do telhado da Organização Bombeiro Militar (OBM). Em telhados com superfície inclinada o cálculo da área é realizado conforme presente na Figura 14.

Figura 14 – Cálculo de área para superfície inclinada.



Fonte: ABNT 10.844 (1989).

3.2.2 Característica da precipitação

Para a coleta de dados foi utilizada uma série histórica de precipitação

pluviométrica, de 1º de janeiro de 1990 a 31 de dezembro de 2020 (total de 31 anos), para o município de São Luís, no estado do Maranhão, obtidas da Agência Nacional de Águas (ANA) e Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), com auxílio do Núcleo Geoambiental (NUGEO) da Universidade Estadual do Maranhão (UEMA). As séries históricas foram organizadas utilizando planilhas do Microsoft Excel 2019.

Para o preenchimento de falhas utilizou-se o Método de Regressão Linear Múltipla (RLM) onde as precipitações de um ponto com falhas e vários pontos vizinhos são relacionadas. A partir disto, foram geradas equações de regressão com seus respectivos coeficientes de regressão. Ao utilizar vários métodos de regressão linear para preenchimento de falhas em estações meteorológicas concluiu-se que a RLM apresentou a melhor correlação Linear (DE MELLO *et al.*, 2017).

3.2.3 Métodos para dimensionamento de reservatório

Um reservatório para armazenamento de água deve ser construído com material resistente à corrosão ou ter, internamente, revestimento anticorrosivo (ABNT 5.626, 1998).

A ABNT 15.527/2007 prevê métodos para dimensionar um de reservatório de água da chuva. Alguns destes métodos foram analisados e aplicados para se verificar o volume de reservatório viável, dadas as condições espaciais, técnicas e econômicas do local de pesquisa deste trabalho. Considerou-se nesta análise, um reservatório abaixo do nível do solo, como uma cisterna.

3.2.3.1 Método de Rippl

Este método resulta em um valor extremo do volume do reservatório e deve ser referência diante de volumes obtidos em aplicação de outros métodos. Baseia-se em séries históricas de precipitações diárias ou mensais, no consumo de água e na área de captação. A soma do volume de chuva e da demanda em um mesmo período determina o excesso ou a falta de água disponível em um reservatório. Com acumulos de volume, obtem-se o volume máximo atingido, que é considerado para o dimensionamento do reservatório, presente nas Equações 1,2 e 3 (TOMAZ, 2003; ABNT 15.527, 2007).

$$Q_{(t)} = \frac{P_{(t)} \times A \times C}{1000} \quad (\text{Equação 1})$$

Sendo:

$Q(t)$: Volume de chuva captada no tempo t (m^3);

$P(t)$: Precipitação no tempo t (mm);

A : Área de captação (m^2);

C : Coeficiente de escoamento superficial (adimensional).

O Coeficiente de Runoff é um coeficiente de escoamento superficial, prevê as perdas que podem ocorrer devido à infiltração, evaporação, etc., e varia conforme a composição do material do telhado. Quanto mais se aproximar de 1 (um), maior é o escoamento de água no telhado de uma construção. A variação deste coeficiente conforme material do telhado está expresso na Tabela 5 (HAGEMANN, 2009; TOMAZ, 2003).

Tabela 5 – Coeficientes de Runoff médios.

Material	Coeficiente de Runoff
Telhas cerâmicas	0,8 a 0,9
Telhas esmaltadas	0,9 a 0,95
Telhas corrugadas de metal	0,8 a 0,9
Cimento amianto e fibrocimento	0,8 a 0,9
Plástico, PVC	0,9 a 0,95

Fonte: Tomaz (2003).

Após obter o volume de água captado em um determinado intervalo de tempo, considera-se a demanda para este mesmo intervalo:

$$S_{(t)} = D_{(t)} - Q_{(t)} \quad (\text{Equação 2})$$

Sendo:

$S(t)$: Volume de água no reservatório no tempo t (m^3);

$Q(t)$: Volume de chuva captada no tempo t (m^3);

$D(t)$: Demanda ou consumo no tempo t (m^3).

Considera-se então, deste cálculo, apenas se houve os valores de volume existentes (positivos) no reservatório, no mesmo intervalo de tempo.

$$V = \sum S_{(t)}, \text{ somente para valores } S_{(t)} > 0 \quad (\text{Equação 3})$$

3.2.3.2 Método da Simulação

Compreende a avaliação do balanço hídrico no interior do reservatório: define-se, a ele, um volume e se verifica a necessidade de abastecimento de água (externa) para atender a demanda ou se houve extravasamento de água do reservatório. Para efetuar esses cálculos, é

necessário admitir que, para condições futuras, os dados históricos disponíveis são representativos. Para aplicação deste método, a evaporação da água não é levada em conta. (TOMAZ, 2003; ABNT 15.527/2007).

Primeiramente calcula-se o volume de precipitação que atinge a superfície de captação, utilizando também a Equação 1. Em seguida, através da Equação 4, e considerando o reservatório vazio (zero), calcula-se o balanço hídrico dentro do reservatório.

$$S_{(t)} = S_{(t-1)} + Q_{(t)} - D_{(t)} \quad (\text{Equação 4})$$

Sendo:

S(t): Volume de água no reservatório no tempo t (m³);

S(t-1): Volume de água no reservatório no tempo t-1;

Q(t): Volume de chuva captada no tempo t (m³);

D(t): Demanda ou consumo no tempo t (m³).

3.2.3.3 Método Prático Brasileiro

Também é conhecido como Método Azevedo Neto, este método consiste em manipular a média anual de precipitação e o somatório de meses com incidência de “pouca chuva”, ou seja, os meses de seca (sem ocorrência de chuva) e/ou meses em que a precipitação foi inferior a 50 mm. É calculado pela Equação 5 (ABNT 15.527, 2007; ANDRADE *et al.*, 2008).

$$V = 0,042 \times P \times A \times T \quad (\text{Equação 5})$$

Sendo:

V: Volume do reservatório (m³);

P: Precipitação média anual (mm);

A: Área de captação (m²);

T: Número de meses de “pouca chuva” ou seca durante o ano.

3.2.3.4 Método Prático Inglês

Este método baseia-se que o volume ideal para o reservatório é de 5% da precipitação média anual captada, tendo a demanda desprezada para efeito de cálculo. O volume do reservatório para ser utilizado é o maior valor resultante, e é calculado através da Equação 6 (ABNT 15.527, 2007).

$$V = 0,05 \times A \times P \quad (\text{Equação 6})$$

Sendo:

V: Volume do reservatório (m³);

P: Precipitação média anual (mm);

A: Área de captação (m²).

3.2.3.5 Método Prático Alemão

Consiste em um método empírico, que aplica o parâmetro de menor valor: 6% do volume anual de consumo ou 6% do volume anual de precipitação captada, presente na equação 7 (ABNT 15.527, 2007).

$$V_{adotado} = \text{mín}(V_c; D) \times 0,06 \quad (\text{Equação 7})$$

Sendo:

$V_{adotado}$: Volume do reservatório (m³);

V_c : Volume anual de água pluvial captada (m³);

D: Demanda anual de água não potável (m³).

3.2.3.6 Método Prático Australiano

Neste método utiliza-se valores médios mensais de precipitação, área de captação e a demanda necessária, conforme segue descrito na Equação 8.

$$Q = A \times C \times (P - I) \quad (\text{Equação 8})$$

Sendo:

Q: Volume mensal de chuva captada (m³);

A: Área de captação (m²);

C: Coeficiente de escoamento superficial (adimensional);

P: Precipitação média mensal (mm);

I: Perdas por interceptação da água que molha as superfícies, evaporação, etc. (mm).

O cálculo do volume do reservatório é realizado em tentativas, até obter-se dados otimizados, de confiança e de volume, através das Equações 9, 10, 11 e 12 (ABNT 15.527, 2007).

$$V_{(t)} = V_{(t-1)} + Q_{(t)} - D_{(t)} \quad (\text{Equação 9})$$

Sendo:

$V_{(t)}$: Volume de água que está no reservatório no final do mês t (m³);

$V_{(t-1)}$: Volume de água que está no tanque no início do mês (m³);

$Q_{(t)}$: Volume mensal produzido pela chuva no mês t;

$D_{(t)}$: Demanda mensal (m³).

Para efeitos de cálculo, considera-se que no primeiro mês o reservatório esteja vazio.

$$\text{Quando } V_{(t-1)} + Q_{(t)} - D_{(t)} < 0, \text{ então } V_{(t)} = 0 \quad (\text{Equação 10})$$

A partir da análise dos dados resultantes de cada operação, a ocorrência de dados negativos representa a necessidade de suprimento de água de fonte externa, ou seja, o volume de água captado foi menor que o consumo de água. Para definir o volume do reservatório deve-se encontrar valor equilibrado entre a água extravasada do sistema e a necessidade de abastecimento externo. Após a obtenção dos volumes, calcula-se a confiança para se verificar a eficiência do reservatório, conforme prevê as Equações 13 e 14 (TOMAZ, 2003; ABNT 15.527, 2007).

$$P_r = \frac{N_r}{N} \quad (\text{Equação 11})$$

Sendo:

Pr: Falha;

Nr: Número de meses em que o reservatório não atendeu à demanda ($V(t) = 0$);

N: Número de meses considerados.

$$\text{Confiança} = 1 - P_r \quad (\text{Equação 12})$$

O método recomenda que os valores de confiança estejam entre 90% e 99%.

3.2.3.7 Método da ABNT 15.527/2007

O volume de água de chuva aproveitável depende do coeficiente de escoamento superficial da cobertura, bem como da confiança do sistema de descarte do escoamento inicial. Este método é calculado pela Equação 13 (ABNT 15.527, 2007).

$$V = P \times A \times C \times N \quad (\text{Equação 13})$$

Sendo:

V: Volume anual, mensal ou diário de água de chuva aproveitável;

P: Precipitação média anual, mensal ou diária;

A: Área de coleta;

C: Coeficiente de escoamento superficial da cobertura;

N: Fator de captação, mede a confiança do sistema de captação, levando em conta o dispositivo de descarte de sólidos e desvio de escoamento inicial, caso este último seja utilizado.

3.2.4 Bombeamento da água

A água captada pelo sistema pode ser conduzida através de calhas até o reservatório inferior (cisterna) por meio de tubulações e peças hidráulicas. E através de um bomba

hidráulica, será conduzida para um reservatório superior (caixa d'água), que por meio de gravidade conduzirá, utilizando outras tubulações e peças, a água coletada para as dependências do local.

A ABNT 12.214/1992, intitulada “Projeto de sistema de bombeamento de água para abastecimento público”, apresenta algumas condições para a elaboração destes projetos. Neste trabalho, observou-se as recomendações para as tubulações de captação e recalque, alturas e vazão para o conjunto motobomba.

Para isso, houve escolha da potência do conjunto motobomba e se observou a sua vazão (m³/h) para funcionamento. Para aferição dos custos com energia elétrica devido ao bombeamento, utilizou-se os dados referentes a motobombas escolhida e os valores (em R\$/kWh) cobrados pela Equatorial Maranhão Distribuidora de Energia SA (EMDE) para a categoria em que se enquadra este trabalho (setor público).

Para determinar o consumo de energia elétrica gasto com o processo de bombeamento, utilizou-se a Equação 14, proposta por Marinowski, em 2007. Neste estudo não se acrescentou aos valores, os impostos cobrados pela companhia de fornecimento de energia.

$$C_{EE} = P_{MB} \times t \times V_{CEEE} \quad (\text{Equação 14})$$

Sendo:

C_{EE} : Custo mensal de energia elétrica para o bombeamento da água pluvial (R\$);

P_{MB} : Potência da motobomba (kW);

t: Tempo de funcionamento da motobomba (h/dia);

V_{CEEE} : Valor Cobrado pela Companhia de fornecimento de energia pela Energia Elétrica (R\$/kWh).

3.2.5 Viabilidade econômica da proposta

3.2.5.1 Custo de água e esgoto descartado no município antes da instalação do sistema de captação de água pluvial

A partir de pesquisa sobre esgotamento sanitário e abastecimento de água em residências nas capitais do Brasil, constatou-se que a média de consumo diário, por habitante, é de 0,15 m³. Deste valor, cerca de 40% utiliza-se para fim não potável, tais como descargas sanitárias, lavagem de roupas e banhos, conforme estudos do Programa de Pesquisa em Saneamento Básico (WHATELY *et al.*, 2008; PROSAB, 2009).

Este valor foi o considerado como estimativa para demanda não potável no local de pesquisa. O valor que seria gasto do abastecimento público de água para uso não potável na

OBM, na situação de não se ter um sistema de captação de água pluvial instalado, atendeu os parâmetros descritos na Resolução nº 01, da Agência Estadual de Transporte e Mobilidade Urbana (MOB), de 09 de janeiro de 2019, que dispõe sobre recomposição tarifária dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário prestados pela Companhia de Saneamento Ambiental do Maranhão (CAEMA). Calculou-se o custo médio mensal para o abastecimento de água e esgoto descartado, conforme a Equação 15:

$$C_{Ab} = (T_{VAC} \times V_{AC}) + (V_{AC} \times P_{EG}) \quad (\text{Equação 15})$$

Sendo:

C_{Ab} : Custo médio mensal de água para o abastecimento (R\$/mês);

T_{VAC} : Taxa do volume médio de água consumido (R\$/m³);

V_{AC} : Volume médio mensal de água consumida (m³/mês);

P_{EG} : Percentual de esgoto gerado de acordo com a distribuição da rede de esgoto do município (R\$/m³).

3.2.5.2 Custos de água e esgoto descartado no município após instalação do sistema de captação de água pluvial

Após a instalação do sistema de captação da água pluvial, podem haver dias em que a água armazenada nos reservatórios não ser suficiente para atender a demanda da OBM, e haveria necessidade de abastecimento pela rede pública de abastecimento de água. A partir da Equação 16, é possível verificar o novo custo médio mensal de água potável que a OBM teria após a instalação do sistema de aproveitamento de água pluvial (MARINOSKI, 2007).

Para aferir o suprimento médio de água, será necessário analisar o balanço hídrico interno do reservatório, de acordo com o proposto pelo Método Prático Australiano.

$$C_B = (T_{VAC} \times V_{AC}) + (V_{AS} \times P_{EG}) \quad (\text{Equação 16})$$

Sendo:

C_B : Custo médio mensal de água potável para o suprimento da demanda (R\$/mês);

T_{VAC} : Taxa do volume médio de água consumido (R\$/m³);

V_{AS} : Volume médio mensal de água necessário para o suprimento da demanda (m³/mês);

P_{EG} : Percentual de esgoto gerado de acordo com a distribuição da rede de esgoto do município (R\$/m³).

3.2.5.3 Economia após a instalação do sistema de captação de água pluvial

Para se verificar a viabilidade econômica deve-se efetuar a diferença entre o custo médio mensal de água proveniente do abastecimento público (antes da instalação do sistema) e o custo médio mensal de água (após a instalação do sistema), somando a estes, o custo da

energia elétrica necessária para o funcionamento do mesmo, conforme apresentado na Equação 17 (MARINOSKI, 2007).

$$E = C_{Ab} - (C_B + C_{EE}) \quad (\text{Equação 17})$$

Sendo:

E: Economia média mensal após a instalação do sistema de aproveitamento de água da chuva (R\$/mês);

C_{Ab} : Custo médio mensal de água para o abastecimento (antes da instalação do sistema, em R\$/mês);

C_B : Custo médio mensal de água potável para o suprimento da demanda (após instalação do sistema, em R\$/mês);

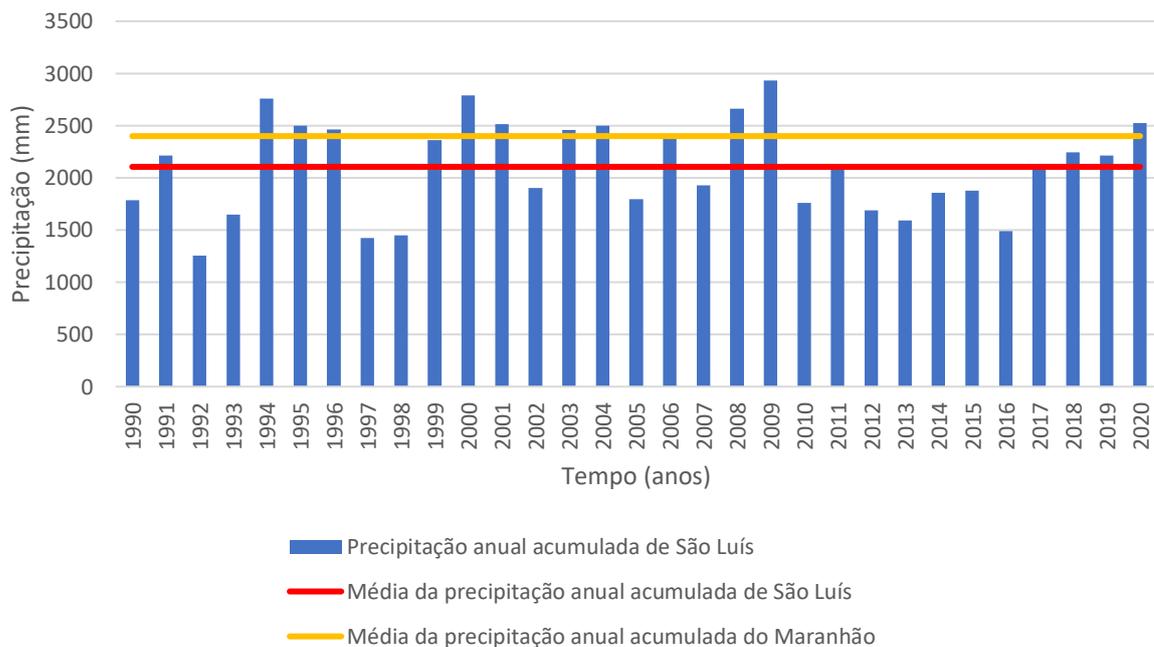
C_{EE} : Custo médio mensal de energia elétrica para bombeamento da água no sistema (R\$/mês).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Aproveitamento de água pluvial em São Luís

O período analisado de precipitação no município de São Luís foi de 30 anos, de 1990 até 2020, contemplando um total de 11.322 dias de verificação. A Figura 15 mostra a precipitação anual no município de São Luís no período analisado, evidenciando a média anual municipal e estadual.

Figura 15 – Precipitação anual no município de São Luís no período de 1990 a 2020.

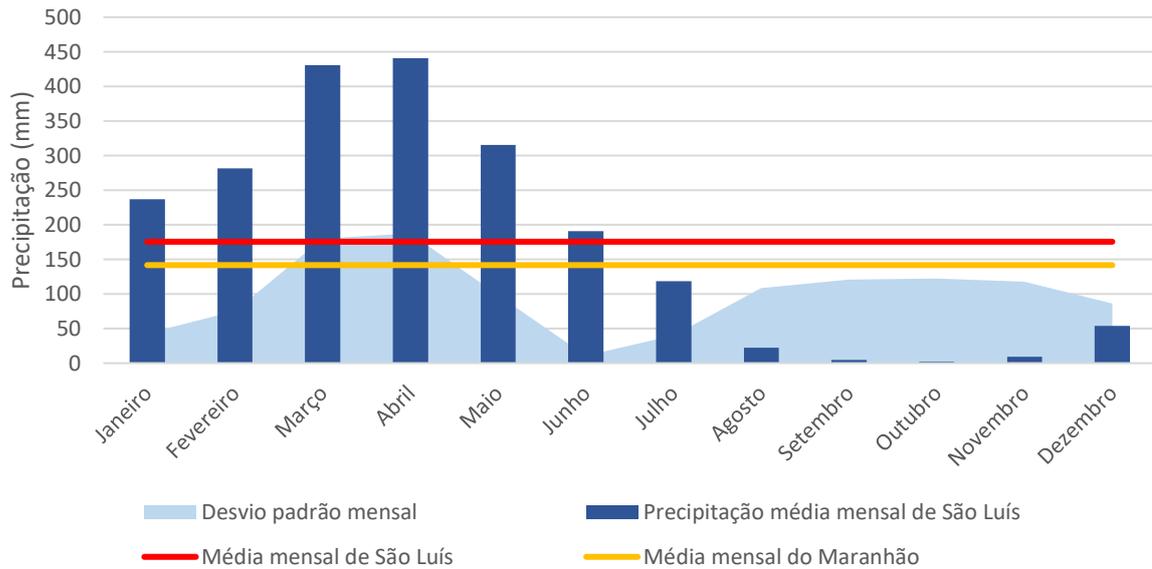


Fonte: ANA, INMET e NUGEO UEMA (2021).

Durante o período analisado, o Maranhão apresentou média anual de precipitação de 2.400 mm, já o município de São Luís apresentou média anual de 2.105,8 mm, com máxima de 2.934,4 mm no ano de 2009 e mínima de 1.258 mm no ano de 1992. A partir disso, pode-se observar que, no período analisado, a distribuição da precipitação aproximou-se de ser regular, com desvio padrão de aproximadamente 450 mm de precipitação entre as máximas e mínimas registradas.

A Figura 16, apresenta as médias mensais do município de São Luís, durante o período analisado, juntamente com a média mensal do Maranhão, no mesmo período.

Figura 16 – Precipitação média mensal no município de São Luís no período de 1990 a 2020.



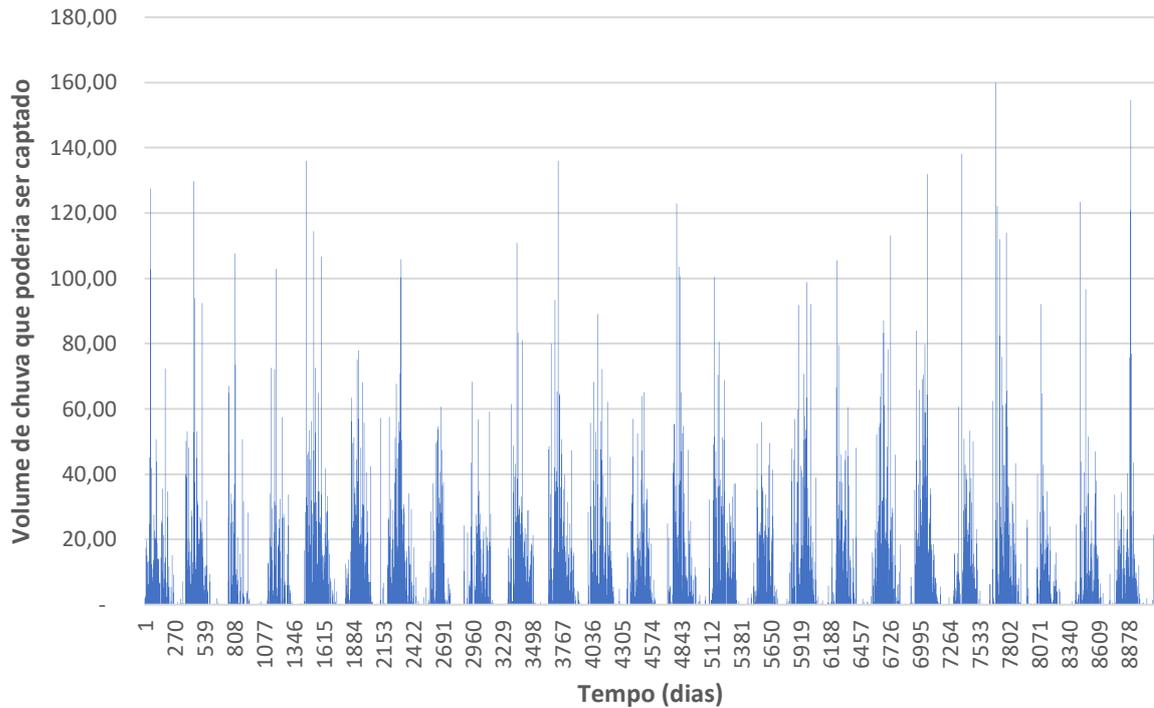
Fonte: ANA, INMET e NUGEO UEMA (2021).

Observa-se, da Figura 16, que a distribuição mensal da precipitação no município de São Luís apresenta variações durante o ano, com maiores precipitações no primeiro semestre (máximas em março e abril) e tendo o segundo semestre como período de pouca chuva (mínimas entre agosto e novembro). Percebe-se, ainda, que o município tem alto potencial para captação de água, devido a intensa precipitação durante o primeiro semestre do ano e nota-se, ainda, a importância de políticas voltadas para essa possibilidade, para devido armazenamento (estocagem) de água para o período com menores índices de precipitação.

Da análise da precipitação no município pode-se ter maior segurança no dimensionamento do reservatório de armazenamento de água pluvial, já que altos índices pluviométricos e distribuições mais constantes das precipitações ao longo do ano permitem a utilização de menores volumes de reservação de acordo com (COHIM *et al.*, 2008).

A Figura 17 apresenta a capacidade volumétrica de captação da água da chuva frente a precipitação no município de São Luís, exemplificada nos anos de 1990 a 2014.

Figura 17 – Volume diário de água possível de captar entre 1990 a 2014 (m³).



Fonte: ANA, INMET e NUGEO UEMA (2021).

Pode-se observar que quanto maior a precipitação anual, maior o volume de água possível de ser captado, no entanto, seu maior aproveitamento depende do tamanho do reservatório adotado.

Observa-se, da Figura 17, que os picos de volume de água pluvial disponível para captação são frequentes de acordo com a época do ano. Sabe-se que quanto maior a área de captação, maior o volume de chuva que se pode aproveitar, e a instalação de um grande reservatório nem sempre é o mais aconselhável e/ou aplicável, tendo em vista que o armazenamento desse volume depende da disponibilidade de terreno no local pretendido.

4.2 Dimensionamento do reservatório de armazenamento da água da chuva

De acordo com a Figura 14 e considerando que o telhado da OBM tem grande área, utilizou-se somente uma descida de água do telhado da unidade, que tem inclinação de 5 %, obtendo área de, aproximadamente, 425,60 m². Para o coeficiente de escoamento superficial e a partir da Tabela 5, adotou-se o valor de 0,8; já que o telhado da OBM é composto por fibrocimento. Ou seja, cerca de 20% da água precipitada não é captada pelo sistema.

Conforme escala diária de 08 (oito) militares de serviço no quartel, durante 24

horas, têm-se um total de 0,48 m³ (0,06 m³ por militar) de estimativa de consumo diário e 14,4 m³ de estimativa de consumo mensal. Foi realizada uma estimativa por não ter sido realizada uma coleta de dados fidedigna ao consumo de água para fins não potáveis no quartel.

Para dimensionar o volume do reservatório inferior foram utilizados os métodos citados na ABNT 15.527/2007. Já no reservatório superior (caixa d'água), recomenda-se 1 m³ de capacidade volumétrica. A Tabela 6 apresenta os principais valores utilizados para a aplicação dos cálculos.

Tabela 6 – Informações para a aplicação dos métodos.

Informações	Dados
Média de precipitação dos últimos 31 anos (mm)	2105,8
Demanda mensal (m ³)	14,4
Área de coleta (m ²)	425,6
Coefficiente de Runoff	0,8
Fator de captação	0,8

Fonte: Elaborado pelo autor.

Com a manejo dos dados de precipitação (anual e mensal), da área de cobertura de captação e demanda de água necessária para uso não potável na unidade, aplicados nos métodos (Rippl, Práticos Brasileiro, Alemão e Inglês e da ABNT 15.527/2007) para o dimensionamento do reservatório de armazenamento de água, obteve-se diferentes volumes, que podem ser observados na Tabela 7.

Tabela 7 – Resultados dos volumes dos reservatórios pelos dos métodos de dimensionamento.

Método	Volume máximo do reservatório (m³)
Rippl	45,57
Prático Brasileiro	150,57
Prático Alemão	10,51
Prático Inglês	44,81
ABNT 15.527/2007	47,80

Fonte: Elaborado pelo autor.

Observa-se que os resultados dos métodos práticos Brasileiro (ou Azevedo Neto), Inglês e Alemão foram calculados considerando a precipitação média anual, o que pode subdimensionar ou superdimensionar o reservatório, não considerando eventos como El Niño ou La Niña que podem ocorrer na região (FRAVRETTO, 2016).

Observa-se, também, que os resultados do dimensionamento de reservatório realizado através da aplicação dos métodos práticos Alemão e Brasileiro foram bem diferentes dos demais, já que apresentam em suas equações os parâmetros de precipitação média anual e

área de captação. Mas como no método Alemão o menor valor obtido foi utilizando o fator demanda e no Brasileiro ter o fator multiplicador “meses com pouca chuva”, os resultados se tornaram diferentes e distantes dos demais (FRAVRETTO, 2016).

Os métodos mais práticos, por serem menos complexos, se adequam melhor para o dimensionamento de reservatórios em construções menores (como residências), já os métodos mais complexos, como Rippl, da Simulação e Australiano, são recomendados em projetos maiores, que requerem maior volume de água para suas aplicações. Analisando o método de Rippl, com os mesmos dados de precipitação e demanda de água, a área de captação tem uma relação inversamente proporcional ao volume final do reservatório, ou seja, quanto maior a área de captação, menor o volume do reservatório de armazenamento (AMORIM E PEREIRA, 2008).

O Método da Simulação pode ser utilizado em combinação com outros métodos de dimensionamento, através da análise do comportamento dos volumes de reservação resultantes dos métodos aplicados, permitindo maior precisão na adoção do volume para o reservatório em função do índice de confiança desejada para o mesmo (CARVALHO *et al.*, 2007).

Neste contexto, os volumes calculados para os reservatórios resultantes da aplicação dos métodos de Rippl, Brasileiro, Alemão, Inglês e da ABNT 15.527/2007 foram fixados e aplicados como volumes para o método prático Australiano (MPA) e para o método da Simulação (MS), a fim de verificar o balanço hídrico dentro do reservatório e os valores de confiança. Os resultados aplicados no MPA e MS podem ser observados na Tabela 8 e sintetizados na Figura 18.

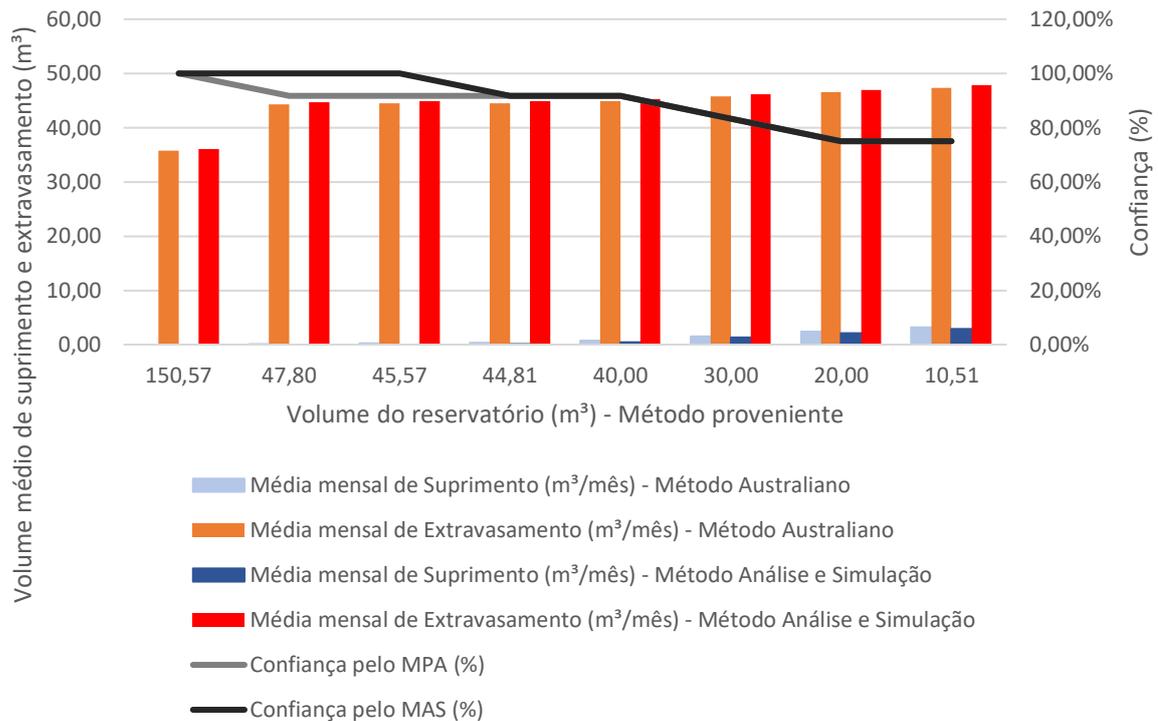
Tabela 8 – Dimensionamento reservatório com dados de precipitação mensais.

	Método	Volume do reservatório (m ³)	Média mensal de suprimento (m ³ /mês)	Média mensal de extravasamento (m ³ /mês)	Confiança (%)
Método Prático Australiano	Brasileiro	150,57	0,00	35,71	100,00
	ABNT 15.527	47,80	0,04	44,27	91,67
	Rippl	45,57	0,23	44,46	91,67
	Inglês	44,81	0,29	44,52	91,67
	MPA	40,00	0,69	44,92	91,67
	MPA	30,00	1,52	45,75	83,33
	MPA	20,00	2,36	46,59	75,00
	Alemão	10,51	3,15	47,38	75,00
	Método da Simulação	Brasileiro	150,57	0,00	36,10
ABNT 15.527		47,80	0,00	44,67	100,00
Rippl		45,57	0,00	44,85	100,00
Inglês		44,81	0,06	44,92	91,67
MS		40,00	0,46	45,32	91,67
MS		30,00	1,30	46,15	83,33
MS		20,00	2,13	46,98	75,00
Alemão		10,51	2,92	47,78	75,00

Fonte: Elaborado pelo autor.

Diante dos resultados apresentados na Tabela 8, nota-se que a diferença entre os métodos MPA e MS é pequena. E apenas os dimensionamentos do métodos da ABNT 15.527/2007 (47,80 m³) e Rippl (45,57 m³) apresentarem valores diferentes de confiança, na comparação entre o MS e o MPA. A diferente metodologia de cálculo utilizada pelos métodos (o MPA considera uma perda oriunda da evaporação e interceptação da água antes de atingir o reservatório, no MS não há essa ponderação) não foi suficiente para que as simulações apresentassem resultados tão distantes, como sintetizado pela Figura 18.

Figura 18 – Volume do reservatório, de suprimento e confiança.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Do balanço hídrico de cada volume dimensionado feito pelo MS, observa-se que se aplicados reservatórios com capacidades volumétricas de 150,57; 47,80 e 45,57 m³, não haveria necessidade de suprimento de água da rede de abastecimento público, além de apresentarem os menores valores de extravasamento: 30,10; 44,67 e 44,85 m³, respectivamente. Mas também observa-se que o fator “meses sem chuva” acabou por superdimensionar o Método Prático Brasileiro, já que o volume obtido (150,57 m³) é bastante elevado e demandaria de bastante área para aplicação.

Nos reservatórios com capacidades volumétricas de 44,81 e 40,00 m³, haveria necessidade de suprimento de água da rede de abastecimento público em apenas um mês, apresentando excelentes resultados frente à demanda de água para fim não potável do local e reforçando que em construções que não possuem grande área, os métodos apresentam bons valores de confiança.

No reservatório de 30 m³, haveria necessidade (no quesito médio mensal) de suprimento externo em 1,30 m³. Apresentou valor de confiança fora do recomendado, com índice de 83,33%, ou seja, supriria a demanda de água (para fins não potáveis) em 10 dos 12 meses do ano.

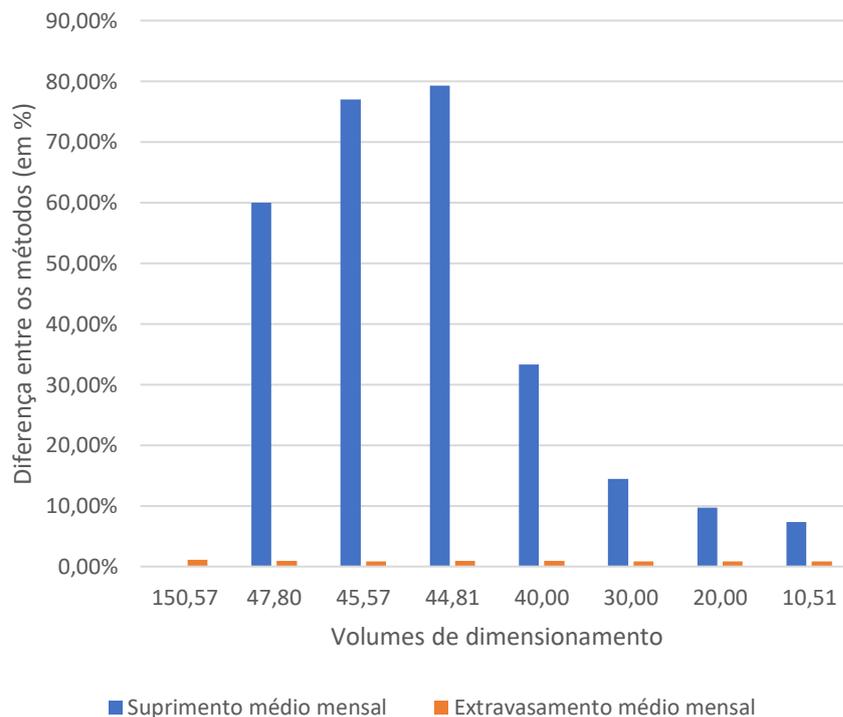
Observa-se também que ao considerar-se os menores reservatórios dimensionados (20,00 e 10,51 m³), a simulação apresentaria as maiores necessidades de suprimento externo

médio mensal (2,13 e 2,92 m³), além dos maiores volumes médios mensais de extravasamento (46,98 e 47,78 m³). Percebe-se, ainda, que as simulações para estes volumes teriam valores de confiança mais distantes do recomendado pela ABNT 15.527/2007, já que apresentaram valores de 75%, ou seja, não supririam a demanda em 3 meses do ano.

Ao realizar o balanço hídrico de cada volume dimensionado pelo MPA, no que se refere a suprimento, observa-se uma relevante diferença dos valores obtidos se comparado aos do MS, apresentando diferença de até 79,31 % (44,81 m³). Esse alto índice de diferença (na comparação entre o MS e MPA), é justificado por se tratarem de volumes muito pequenos (entre 0,04 a 0,69 m³), que seriam refentes a, no máximo, menos de dois dias de consumo de água no quartel.

Considerando o volume de água que seria extravasado do sistema, o dimensionamento dos reservatórios tanto no MS como no MPA apresentam valores próximos, com diferença de, aproximadamente, 0,84 a 1,09% entre eles. Disso, pode-se observar que mesmo o maior reservatório não tem capacidade volumétrica para armazenar toda a precipitação escoada no telhado, reforçando que a cidade de São Luís tem bom potencial de captação de água pluvial. A Figura 19 demonstra a diferença percentual entre o MS e MPA nos quesitos extravasamento e suprimento médio mensal.

Figura 19 – Diferença entre MS e MPA sobre suprimento e extravasamento (em %).



Fonte: Elaborado pelo autor.

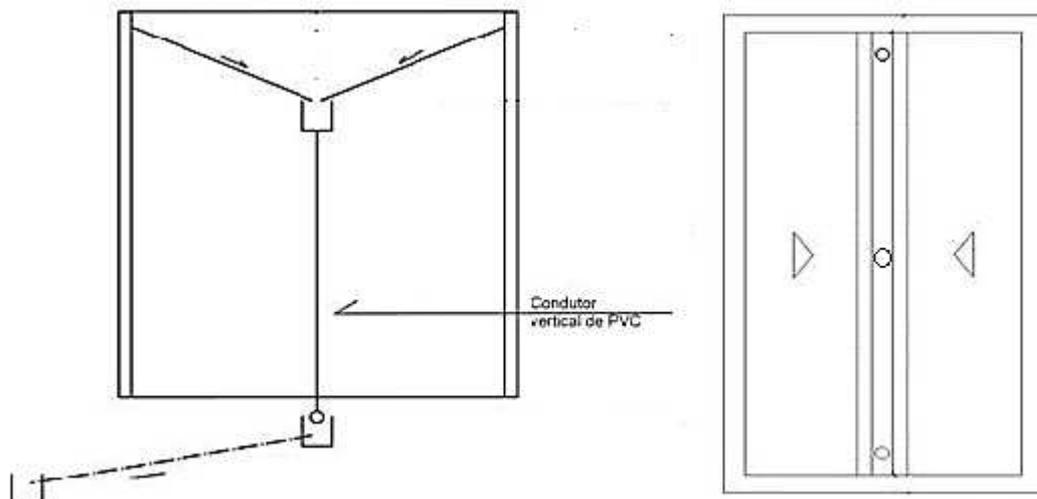
Diante disso, pondera-se que o balanço hídrico no interior do reservatório para as simulações realizadas, teria melhor aproveitamento se a precipitação do município fosse regular durante todo o ano, se a demanda por água fosse menor ou então, aumentando a área de captação.

4.3 Dimensionamento da proposta de implementação

O dimensionamento de condutores verticais foi realizado de acordo com a ABNT 10.884/1989, intitulada como “Instalações Prediais de Águas Pluviais”, e com a ABNT 5.688/1999, intitulada como “Sistemas prediais de água pluvial, esgoto sanitário e ventilação - Tubos e conexões de PVC, tipo DN – Requisitos”.

Considerando que o telhado da OBM tem duas águas de telhado com cada uma tendo 8,93 m de largura e 47,66 m de comprimento, separadas por uma viga de concreto de 49,66 m de comprimento e 1,50 m de largura; para estimar a largura da calha, utiliza-se em cada água de telhado, isto é, cada descida de água pelo telhado, a largura do telhado somada a metade da largura da viga, totalizando 9,63 m, aumentando a contribuição para dimensionamento da largura da calha. Este procedimento foi realizado considerando-se a viga de concreto como parte do telhado, já que a caída de água de telhado é voltada para o centro da construção, onde está localizada a viga, conforme esboço da Figura 20.

Figura 20 – Esboço do projeto de captação de água pluvial.



Fonte: Adaptado de E-Disciplinas.

A partir do resultado supracitado, e através da Tabela 9, seria recomendado largura de calha entre 0,2 e 0,3 m, mas para melhor adequação e considerando que a viga dispõe de espaço suficiente, adotou-se largura da calha de 0,4 m.

Tabela 9 – Dimensionamento de calhas.

Comprimento do telhado (m)	Largura da calha (m)
Até 5	0,15
5 a 10	0,2
10 a 15	0,3
15 a 20	0,4
20 a 25	0,5
25 a 30	0,6

Fonte: Melo e Azevedo Netto (1988).

Já nos condutores verticais, foi adotado a diâmetro de 100 mm, recomendado (segundo a Tabela 10) a cada 91 m² de área de telhado, totalizando aproximadamente 05 (cinco) saídas de condutores verticais.

Tabela 10 – Dimensionamento de condutores verticais.

Diâmetro Nominal (mm)	Área de cobertura (m²)
50	13,6
75	42,0
100	91,0
150	275,0

Fonte: Garcez apud Gonçalves & Oliveira (1998, p.77).

Já nos condutores horizontais, que devem ter mesmo diâmetro dos verticais, da Tabela 11 e considerando-se melhor descida de água, optou-se pela declividade de 1 %, que em 425,6 m² (área de uma água de telhado), obtém-se aproximadamente 2,32 de condutores. Como houve sobra, optou-se em 03 (três) condutores horizontais.

Tabela 11 – Dimensionamento de condutores horizontais.

Diâmetro	Declividades		
	(mm)	0,50%	1,00%
100	130	183	256
125	236	333	466
150	384	541	757
200	829	1167	1634

Fonte: ABNT 10.844 (1989).

Para captação, recomenda-se instalação de tubulações de esgoto, que passam pelas calhas e descem do nível de solo da construção até atingir o reservatório inferior. Para

implementação do sistema foi considerado algumas conexões, para as a água de telhado: tubos de PVC, curvas de 90° (ou joelhos) de 100 mm (largura do condutor vertical), tês e cotovêlo com três saídas.

A altura manométrica compreende a soma da profundidade do reservatório inferior com a distância do solo ao reservatório superior. Segundo recomendação do SRHT (2007), é importante que a altura manométrica seja um pouco maior do que a medida em campo. Adotando-se uma folga de 0,5 m.

Recomenda-se que o reservatório (inferior) de água esteja apoiado abaixo do solo. A motobomba escolhida é classificada como “submersível multi-estágio”, modelo SUB15-05NY4E4, da marca Schneider Motobombas, projetada para operar dentro da água, com submersão máxima de 20 metros e sendo indicada para transporte de água para longas distâncias e também para coleta de água de chuva. Tem as seguintes características: altura de 0,49 m, 14 cm de largura, diâmetro do rotor de 79 mm, vazão mínima de recalque de 4,5 m³/h, pressão mínima de 18 m.c.a (metros de coluna d’água) e potência de 0,5 cv (cavalo-vapor) (SCHNEIDER MOTOBOMBAS, 2021).

Recomenda-se que a bomba esteja disposta de forma submersa, 0,5 m abaixo do nível inferior do reservatório, e recalcará a água para uma altura, em linha reta, da profundidade do reservatório inferior (cisterna) e, através de tubulação de PVC para água fria (rosqueável), até o reservatório superior (caixa d’água).

Salienta-se que não foi verificada a economia do sistema em relação a energia elétrica. A verificação foi realizada no tocante ao dimensionamento da bomba para o armazenamento da água pluvial, ou seja, em relação a economia financeira de água.

A partir da potência e da vazão de recalque da bomba, necessita-se que a mesma funcione pelo menos uma vez durante o dia para atender a demanda da OBM. A tarifa da Equatorial (EMDE) resultou no valor de R\$ 0,63/kWh, sem o adicional de bandeiras (verde, amarela e vermelha). De posse desses valores, resultou-se um custo médio mensal de energia elétrica de, aproximadamente, R\$ 6,95.

A matriz tarifária da CAEMA para o setor público é no valor de R\$ 9,07/m³ nos casos de até 15 m³ de consumo mensal (conforme estimativa de consumo mensal deste trabalho). A tarifa de água e esgoto aplicada pela CAEMA no município de São Luís, que compreende em 100% do valor da conta de água, foi considerada.

4.4 Viabilidade econômica do sistema

Na Tabela 12, há a relação de consumo, custo e economia referentes à implantação do sistema de captação de água da chuva.

Tabela 12 – Consumo, custos e economia para a sistema de captação de água pluvial.

Método Proveniente	Volume do reservatório	Consumo médio de água potável antes da instalação do sistema	Consumo médio de água potável após instalação do sistema	Custo de água potável (antes da instalação do sistema)	Novo custo médio mensal de água potável (após instalação do sistema)	Custo do sistema de bombeamento	Potencial de economia de água potável	Economia média mensal (após instalação do sistema)
Unidade	m ³	m ³ /mês	m ³ /mês	R\$/mês	R\$/mês	R\$/mês	%	R\$/mês
Método Prático Australiano	150,57	14,40	0,00	261,22	0,00	6,95	100,00	254,27
	47,80	14,40	0,04	261,22	0,73	6,95	99,72	253,54
	45,57	14,40	0,23	261,22	4,17	6,95	98,40	250,09
	44,81	14,40	0,29	261,22	5,26	6,95	97,99	249,00
	40,00	14,40	0,69	261,22	12,52	6,95	95,21	241,75
	30,00	14,40	1,52	261,22	27,57	6,95	89,44	226,69
	20,00	14,40	2,36	261,22	42,81	6,95	83,61	211,46
	10,51	14,40	3,15	261,22	57,14	6,95	78,13	197,12
Método da Simulação	150,57	14,40	0,00	261,22	0,00	6,95	100,00	254,27
	47,80	14,40	0,00	261,22	0,00	6,95	100,00	254,27
	45,57	14,40	0,00	261,22	0,00	6,95	100,00	254,27
	44,81	14,40	0,06	261,22	1,09	6,95	99,58	253,18
	40,00	14,40	0,46	261,22	8,34	6,95	96,81	245,92
	30,00	14,40	1,30	261,22	23,58	6,95	90,97	230,68
	20,00	14,40	2,13	261,22	38,64	6,95	85,21	215,63
	10,51	14,40	2,92	261,22	52,97	6,95	79,72	201,30

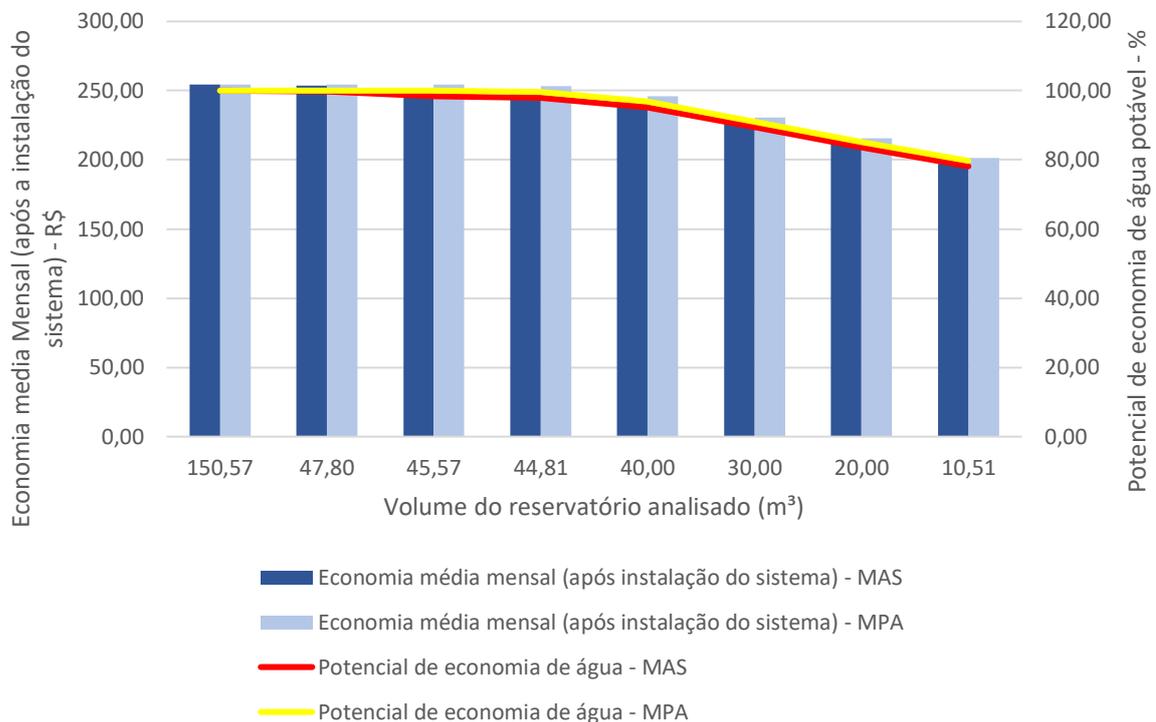
Fonte: Elaborado pelo autor.

O consumo é expresso pelo volume de água utilizado em atividades não potáveis no quartel, antes e depois da instalação do sistema de captação, através da aplicação dos dados de volume de suprimento de água (da rede pública), para cada volume de reservatório analisado. O custo é obtido através do consumo para atender a demanda de água utilizada para fins não potáveis no quartel, antes e após a instalação do sistema de captação. Finalmente, a economia mensal é mensurada pela diferença das condições de antes e após a instalação do sistema de captação de água pluvial, de acordo com as características de consumo do local.

Da Tabela 12 e Figura 21 pode-se observar que a economia financeira mensal entre métodos MPA e MAS apresentam disparidade pequena, próxima de (no máximo) 2 %. Logo,

como os resultados apresentaram valores bastante próximos, não representam diferença significativa para escolha de um dos métodos, mas sim para um volume de reservatório.

Figura 21 – Potencial e economia média mensal de água.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Também se verifica que os potenciais de economia de água (destinada para fins não potáveis) nos volumes de reservatório próximos de 40 m³ se adequam a confiança recomendada (entre 90 a 99%), ou seja, caso fosse instalado um sistema com reservatório a partir deste volume, haveria excelente economia de consumo de água, chegando quase a totalidade.

Caso fosse adotado o menor reservatório de armazenamento de água (10,51 m³), observa-se uma redução média mensal do valor pago para a CAEMA, que ficaria no valor de R\$ 197,12, se considerado o MPA, e R\$ 201,30 se considerado o MAS; reiterando a pequena diferença entre os métodos de análise, no que se refere a economia financeira.

Para o maior reservatório (150,57 m³), a economia média mensal seria de R\$ 254,27 em ambos os métodos, ou seja, somente se gastaria com o custo do sistema de bombeamento (R\$ 6,95).

Se forem considerados os reservatórios com volumes de 40 e 44,81 m³, percebe-se que apresentam valores próximos no MPA e MAS, com diferença de, aproximadamente, 1,6 e 1,92 % entre estes métodos de análise.

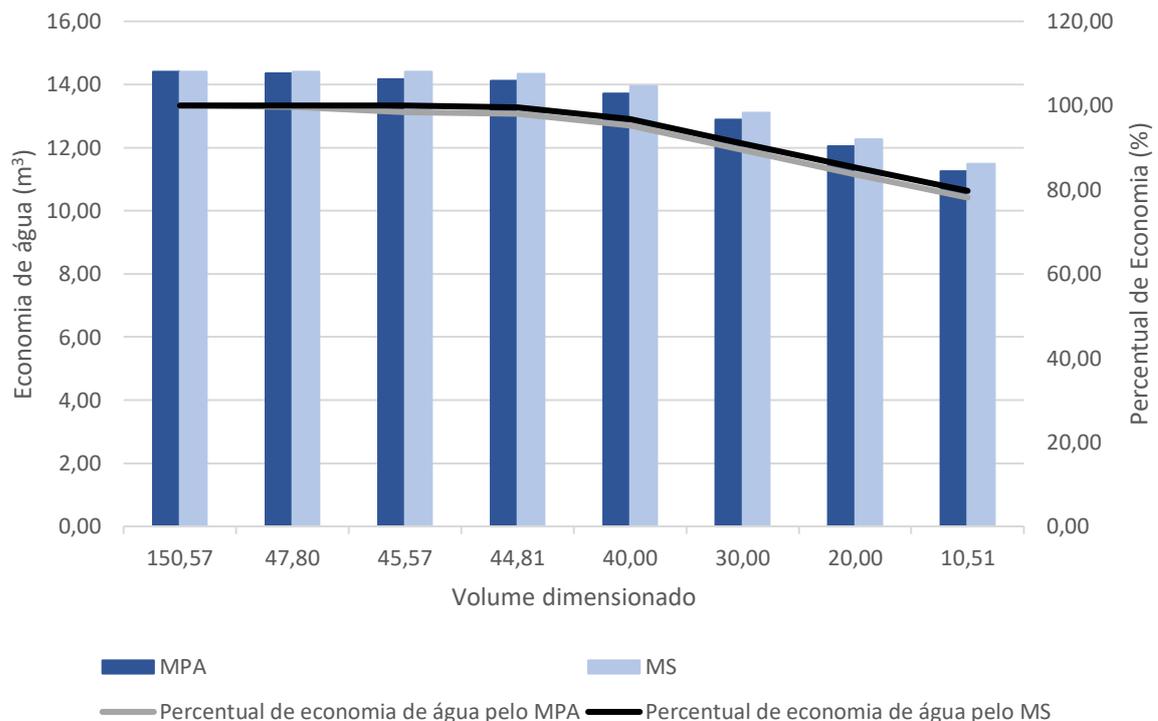
Se observado o reservatório de 45,57 m³ (Rippl), haveria redução média mensal

para R\$ 250,09 no MPA, e R\$ 254,27 no MAS, além de representarem bons índices de confiança e apresentarem, praticamente, apenas gastos com o sistema de bombeamento.

A área de captação e a economia de volume de água tem relação diretamente proporcional, ou seja, quanto maior for a captação, maior será a economia de volume água do suprimento externo necessário para completar a demanda, logo terá menor gasto com o sistema público de abastecimento (FAVRETTO, 2016).

Grande parte dos dados apresentados nas situações analisadas são em quesitos mensais, que podem sofrer mudanças de acordo com a precipitação no município ao longo de um ano. Observa-se que nas situações que de volume reservatório a partir de 40 m³ (principalmente), a captação de água pluvial seria quase totalmente satisfatória em termos financeiros (redução de gastos com consumo de água), como, principalmente, ao meio ambiente, através da conservação de água potável e utilização de água pluvial (para uso não potável). A Figura 22 demonstra a economia no consumo de água para fins não potáveis na OBM.

Figura 22 – Economia de consumo de água após instalação de sistema de captação de água pluvial.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Percebe-se que a economia de água consumida atingiu valores muito significativos, considerando a quantidade de pessoas na OBM, o que reforça a importância deste trabalho no

que se refere ao consumo sustentável de água. No tocante a demanda para fins não potáveis, a implantação do sistema se tornaria muito viável e eficiente tanto nas questões financeiras como no quesito sustentabilidade ambiental.

Apesar do número de pessoas que poderia ter sua demanda suprida ser pequeno, é necessário lembrar que foi analisado somente o 1º BBM, se o sistema fosse implementado em mais quarteis, a economia financeira e do volume de água seria consideravelmente maior.

Vários municípios do Brasil já enfrentam problemas de abastecimento de água, e estes casos não parecem ter uma solução a curto prazo. Se houver um reservatório de água pluvial na OBM, ou em qualquer outro edifício, esta pode ser uma alternativa utilizada nos meses mais secos, quando há uma chance maior de ocorrer um racionamento de água. Além disto, é provável que o custo da água aumente no futuro, uma vez que a quantidade disponível deste recurso dificilmente mudará, ao contrário da população mundial, que tende a ser cada vez maior (MACCARINI, 2015).

A contribuição não seria somente com economia de água tratada, traduziria mais um exemplo por parte do CBMMA de dedicação ao servir a sociedade e de preocupação com o meio ambiente.

Aliás, neste trabalho não foram realizados orçamentos de construção e implementação do sistema ou o seu período de retorno para o local pretendido.

Além disso, recomenda-se descarte da primeira chuva do reservatório, já que os primeiros volume de água são mais sujos, por entrarem em contato com poluentes tanto no ar (poluição atmosférica) como nas superfícies onde a chuva cai (telhado, piso, folhas de árvores). É adequada, ainda, a instalação de filtros nas tubulações, para evitar entrada de detritos no interior do reservatório, além da adição de cloro com o intuito de inibir o desenvolvimento de bactérias e evitar a proliferação de doenças transmissíveis por estas.

Para o bom funcionamento do sistema de captação de água pluvial, é necessário manutenção básica. Isso significa que deve ser feita uma limpeza periódica das calhas e do filtro para partículas maiores (restos de animais mortos, folhas, galhos, ninhos de animais, lixo, etc.), assim como a eventual manutenção da bomba que leva a água para o reservatório superior (MACCARINI, 2015).

Outro ponto a se considerar é o material do telhado. Em materiais que permitem certos produtos químicos ou fezes de animais de se infiltrar, podem trazer consequências negativas para a qualidade da água, que não poderia mais ser utilizada para irrigação, lavagem de roupa ou de automóveis (CONSERVE ENERGY FUTURE, 2015).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir das simulações de diferentes reservatórios, conclui-se que o município de São Luís possui potencial para captação de água pluvial, mesmo que a precipitação anual não seja regular e nem distribuída uniformemente durante o ano. E os períodos de estiagem reforçam a importância de se ter uma atividade voltada para conservação de água.

Ao analisar os resultados apresentados, o dimensionamento de reservatórios para o armazenamento da água pluvial pelos Métodos da Simulação e Prático Australiano mostraram-se com valores de confiança próximos ao recomendado. Da análise das simulações realizadas, recomendou-se a implementação de um reservatório a partir de 40 m³, que se tornaria altamente adequado, necessitando de baixo abastecimento externo, além de representar economia acima de 95% de água para atividades não potáveis. Contribui, ainda, para a diminuição da utilização de recursos hídricos tratados e uma redução mensal com os custos de abastecimento próximos de R\$ 240,00.

Propõe-se realizar análise de gastos para implementação do sistema, não realizada neste trabalho. Além disso, sugere-se estudos nos demais quartéis da corporação, para expansão de práticas sustentáveis em mais unidades do CBMMA.

Sugere-se o incentivo da Administração Pública para a instalação de sistema de aproveitamento da água da chuva, através da diminuição da tarifa do IPTU cobrada em residências e empreendimentos comerciais que adotassem medidas sustentáveis, com objetivo de motivar e engajar a sociedade na utilização racional de recursos naturais, promovendo maior participação da sociedade, que contribuiria solidariamente para diminuição dos custos de consumo e preservação de água.

Recomenda-se que haja verificação e avaliação da qualidade da água da chuva captada, para análise da necessidade de descarte dos primeiros milímetros de precipitação.

Preservar um recurso tão vital como a água, está incluso na missão do CBMMA, que prevê riquezas, além de vidas, para salvaguardar. Somado a isto, faz parte da responsabilidade social do CBMMA, como órgão público, utilizar um recurso indispensável para a vida humana da maneira mais adequada e eficiente possível, trazendo benefícios para a qualidade de vida e bem estar da sociedade.

REFERÊNCIAS

- ABCMAC. **Associação Brasileira de Captação e Manejo de Água de Chuva**. Disponível em: <http://www.abcmac.org.br>. Acesso em 29 de abril de 2021.
- ABRANTES, Talita. 2015. **Onde mais se consome água no Brasil**. Disponível em: <https://exame.com/brasil/onde-mais-se-consome-agua-no-brasil/>. Acesso em: 30 de abril de 2021.
- AMORIM, Simar Vieira de; PEREIRA, Daniel José de Andrade. **Estudo comparativo dos métodos de dimensionamento para reservatórios em aproveitamento de água pluvial**. In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 12, Anais. Fortaleza, 2008.
- ANDRADE, Antônio Ricardo S. de; PAIXÃO, Francisco J. R.; AZEVEDO, Carlos A. V. de; GOUVEIA, Josivanda P. G.; JUNIOR, José A. S. de Oliveira. **Estudo do comportamento de períodos secos e chuvosos Garanhuns, PE, para fins de planejamento agrícola**. 2008. ISSN 1983-6325.
- ANDRADE, José; BASCH, Gottlieb. **Clima e estado do tempo. Fatores e elementos do clima. Classificação do clima**. Hidrologia Agrícola. Évora: Studio Nobel, 2012. Cap. 3. p. 23-80.
- ANNECCHINI, K. P. V. **Aproveitamento da Água da Chuva Para Fins Não Potáveis na Cidade de Vitória (ES)**. 2005. 150 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2005.
- ASHLEY, P. A. **Ética e responsabilidade social nos negócios**. São Paulo: Saraiva, 2002. 328 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS 10844. 1989. **Instalações prediais de águas pluviais**. Disponível em: <https://ecivilufes.files.wordpress.com/2013/06/ABNT-10844-1989-instalac3a7c3b5es-prediais-de-c3a1guas-pluviais.pdf>. Acesso em 02 de maio de 2021.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS 10884. 1989. **Instalações prediais de águas pluviais**. Disponível em: <https://ecivilufes.files.wordpress.com/2013/06/ABNT-10844-1989-instalac3a7c3b5es-prediais-de-c3a1guas-pluviais.pdf>. Acesso em 02 de maio de 2021.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS 12214. 1992. **Projeto de sistema de bombeamento de água para abastecimento público**. Disponível em: <https://azdoc.tips/documents/ABNT-12214-5c14eaa5e2ff8>. Acesso em 02 de maio de 2021.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS 15.527. 2007. **Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos**. Disponível em: <http://licenciadorambiental.com.br/wp-content/uploads/2015/01/ABNT-15.527-Aproveitamento-%C3%A1gua-da-chuva.pdf>. Acesso em 02 de maio de 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS 5688. 1999. **Sistemas prediais de água pluvial, esgoto sanitário e ventilação - Tubos e conexões de PVC, tipo DN - Requisitos**. Disponível em:

<https://googlegroups.com/a/googlegroups.com/group/ClubedosEngenheirosCivis/attach/f7ec8a5cd2e058cb/ABNT%205688%20-.pdf?part=0.1>. Acesso em 02 de maio de 2021.

BARROS-NETO, J. P. **Ética: competência que faz a diferença**. Em: Oliveira e Marinho (Org.). Liderança: uma questão de competência. São Paulo: Saraiva. 2005.

BELLA CALHA. **Kits Bella Calha**. Disponível em: <http://www.bellacalha.com.br>. Acesso em 14 de junho de 2020.

BORGES, Luís Antônio Coimbra; REZENDE, José Luiz Pereira de; PEREIRA, José Aldo Alves. **Evolução da Legislação Ambiental no Brasil**. Revista em Agronegócios e Meio Ambiente, v.2, n.3, p. 447-466, set./dez. 2009 - ISSN 1981-9951.

BRASIL. Casa Civil. **Código Civil dos Estados Unidos do Brasil**. Lei Número 3.071, de 1º de janeiro de 1916. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L3071.htm. Acesso em: 15 de maio de 2021.

BRASIL. Casa Civil. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**.

Promulgada em 05 de outubro de 1988. Disponível em:

http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 15 de maio de 2021.

BRASIL. **Decreto 24.643 de 10 de julho de 1934**. Resolve decretar o Código de Águas, cuja execução compete ao Ministério da Agricultura. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d24643.htm. Acesso em 15 de abril de 2021.

BRASIL. **Projeto de Lei nº 7.818 de 16 de julho de 2014**. Estabelece a Política Nacional de Captação, Armazenamento e Aproveitamento de Águas Pluviais e define normas gerais para sua promoção. Disponível em:

https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/prop_mostrarintegra;jsessionid=4008CCA429ABAD20C06CB6E7EEC4EB88.proposicoesWebExterno1?codteor=1541424&filename=A+vulso+-PL+7818/2014. Acesso em 15 de abril de 2021.

BRUNDTLAND, G. H. (Org.). **Nosso futuro comum**. Relatório da Comissão Mundial Sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. Rio de Janeiro, RJ: FGV, 1988.

CAEMA. **Estrutura Tarifária**. 2019. Disponível em:

<http://gsan.caema.ma.gov.br:8080/gsan/exibirConsultarEstruturaTarifariaPortalCaemaAction.do>. Acesso em 02 de maio de 2021.

CAMPOS, Jander Duarte. **Desafios do Gerenciamento dos Recursos Hídricos nas Transferências Naturais e Artificiais Envolvendo Mudança de Domínio Hídrico**. Rio de Janeiro, 2005, 428 p. COPPE/UFRJ, D. Sc. Engenharia Civil, 2005.

CARVALHO, G. F.; OLIVEIRA, S. C & MORUZZI, R. B. **Cálculo do volume do reservatório de sistemas de aproveitamento de água de chuva: comparação entre 77 métodos para aplicação em residências unifamiliar**. In: Simpósio Nacional de Sistemas

Prediais, 10, 2007, São Carlos. Anais. São Carlos: UFSCar, 2007.

CARVALHO, Raquel Saravy de. **Potencial econômico do aproveitamento de águas pluviais: análise da implantação de um sistema para a região urbana de Londrina.** Monografia apresentada ao curso de Pós-Graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho, da Universidade Federal do Paraná (UFPR). Apucarana, 2010.

COHIM, E. *et al.* **Captação direta de água de chuva no meio urbano para usos não potáveis.** In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 24., 2007, Belo Horizonte. Anais... Belo Horizonte: ABES, 2007. p. 13.

COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO (World Commission on Environment and Development). **Brundtland Report: Our Common Future.** Nova York: Oxford University Press, 1987.

CONSUMO SUSTENTÁVEL. **Manual de educação para consumo sustentável.** Brasília: Consumers International/ MMA/ MEC/ IDEC, 2005. 160 p.

CONSERVE ENERGY FUTURE. 2015. **What is Rainwater Harvesting?** Disponível em: http://www.conserve-energy-future.com/Advantages_Disadvantages_Rainwater_Harvesting.php. Acesso em: 27 de abril de 2021.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO MARANHÃO (CBMMA). **1º Batalhão de Bombeiros Militar.** Disponível em: <https://cbm.ssp.ma.gov.br/index.php/unidades-bm/capital/1o-bbm/>. Acesso em 04 de maio de 2021.

CORREIA, F.N. **Water resources management in Europe: institutions, issues and dilemmas: a brief presentation of EUROWATER Project.** Em: Water resources management, Brazilian and European trends and approaches, Canali, G.V. et al. Porto Alegre: ABRH, 2000. Páginas 33-55.

DAMACENO, Mariana. Agência Brasília. 2021. **Bombeiros economizam até R\$ 200 mil com práticas sustentáveis nos quartéis.** Disponível em: <https://www.agenciabrasilia.df.gov.br/2016/06/07/bombeiros-economizaram-ate-r-200-mil-com-praticas-sustentaveis-nos-quarteis/amp/>. Acesso em 03 de maio de 2021.

DE MELLO, Yara Rúbia; LOPES, Felipe Costa Abreu; ROSEGHINI, Wilson Flavio Feltrim. **Características climáticas e análise rítmica aplicada a episódios extremos de precipitação e temperatura no município de Paranaguá, PR.** Revista Brasileira de Climatologia, v. 20, 2017.

DERISIO, J. *et al.* **Reuso da água servida em residência como proposta de redução do desperdício e das taxas de água e esgoto.** Monografia de Pós- Graduação/*Latu sensu*. Foz do Iguaçu, 2004.

EQUATORIAL ENERGIA. **Valor de tarifas e serviços.** Disponível em: <https://ma.equatorialenergia.com.br/informacoes-gerais/valor-de-tarifas-e-servicos/#demais-classes>. Acesso em 02 de maio de 2021.

FAVRETTO, Carliana Rouse. **Captação da água da chuva para utilização na lavagem de veículos: Estudo de caso para o município de Pelotas - RS.** 2016. 93f. Trabalho de Conclusão de Curso (TCC). Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

GHISI, E. **A Influência da Precipitação Pluviométrica, Área de Captação, Número de Moradores e Demandas de Água Potável e Pluvial no Dimensionamento de Reservatórios para Fins de Aproveitamento de Água Pluvial em Residências Unifamiliares.** Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina como parte dos requisitos para participação no Concurso Público do Edital NÚMERO 026/DDPP/2006. Florianópolis, 2006.

GRAF-WATER. 2015. **Questions and Answers.** Disponível em: <https://www.graf-water.com/rainwater-harvesting/all-about-rainwater-harvesting/questions-and-answers.html>. Acesso em 15 de maio de 2021.

GROUP RAINDROPS. **Aproveitamento da Água de Chuva.** Editora Organic Trading, 1ª Edição, Curitiba, 2002.

HAGEMANN, S. E. **Avaliação da qualidade da água da chuva e da viabilidade de sua captação e uso.** 2009. 141 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Panorama de São Luís (MA).** Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ma/sao-luis/panorama>. Acesso em 04 de maio de 2021.

INYANG H. I.; SCHWARZ, P. M.; MBAMALU, G. E. **Sustaining sustainability: approaches and contexts.** Journal of Environmental Management, Amsterdam, v. 90, n.12, p. 3687- 3689, 2009.

JAQUES, Reginaldo C. **Qualidade da água da chuva no município de Florianópolis e sua potencialidade para aproveitamento em edificações.** Monografia do Mestrado em Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina, 2005.

KAPLAN, A. **A conduta na pesquisa: metodologia para as ciências do comportamento.** São Paulo: Herder/USP, 1969.

KUHLMAN, T.; FARRINGTON, J. **What is Sustainability? Sustainability,** v. 2, n. 12, p. 3436-3448, 2010.

LIMA, J.E.F.W.; FERREIRA, R.S.A. & CHRISTOFIDIS, D. 1999. **O Uso da Irrigação no Brasil.** In: Estado das Águas no Brasil – 1999: Perspectivas de Gestão e Informação de Recursos Hídricos, SIH/ANEEL/MME; SRH/MMA,1999, p. 73-82.

MACCARINI, Thiago Bernardes. **A utilização de água pluvial no combate a incêndio no Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina.** 56 f. Monografia apresentada ao Curso de Formação de Oficiais do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina. Florianópolis, 2015.

MACHADO, P. A. L. **Direito Ambiental Brasileiro.** São Paulo: Malheiros, 2013. 1311 p.

MARANHÃO. **Lei nº 10.309, de 16 de setembro de 2015.** Estabelece as diretrizes para Programa Estadual de Conscientização, Conservação e Uso Racional da Água. São Luís, MA: Governo do Estado do Maranhão, [2015].

MARANHÃO. **Lei nº 5.405, de 08 de abril de 1992.** Institui o Código de Proteção de Meio Ambiente e dispõe sobre o Sistema Estadual de Meio Ambiente e o uso adequado dos recursos naturais do Estado do Maranhão. São Luís, MA: Governo do Estado do Maranhão, [1992].

MARANHÃO. **Lei nº 8.149, de 15 de junho de 2004.** Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos, o Sistema de Gerenciamento Integrado de Recursos Hídricos, e dá outras providências. São Luís, MA: Governo do Estado do Maranhão, [2004].

MARINOSKI, A. K. **Aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis em instituição de ensino: estudo de caso em Florianópolis – SC.** 2007. 107 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Centro Tecnológico, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

MAY S.; PRADO R. T. A. **Estudo da Qualidade da Água de Chuva para Consumo Não Potável em Edificações.** CLACS 04 – I Conferência Latino - Americana de Construção Sustentável e ENTAC 04, - 10º Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, São Paulo – SP. Anais. CD ROM, 2004.

MELO, Vanderley de Oliveira; AZEVEDO NETTO, José M. de. **Instalações prediais hidráulico-sanitárias.** São Paulo: E. Blücher, 1988. 185p.

MONTOIA, P. **Água, o ouro azul do nosso século.** Em: Moderna – Livros Didáticos. Disponível em: <http://www.moderna.com.br:80/moderna/didaticos/projeto/2006/1/cisternas>. Acesso em 15 de abril de 2021.

MOSLEY, L. **Water quality of Rainwater.** SOPAC Miscellaneous Report 579, 2005.

OIRERE, S. **Rainwater harvesting seen as solution for drought and flood control.**

Disponível em:

https://www.alternet.org/2009/04/rainwater_harvesting_seen_as_solution_for_drought_and_flood_control/. Acesso em 15 de abril de 2021.

OLIVEIRA, S. M. **Aproveitamento da água da chuva e reúso de água em residências unifamiliares: estudo de caso em Palhoça – SC.** 2005. 149 pág. Monografia (Curso de Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Declaração universal dos direitos da água.** 1992. Disponível em: <http://www.direitoshumanos.usp.br/index.php/Meio-Ambiente/declaracao-universal-dos-direitos-da-agua.html>. Acesso em 15 de abril de 2021.

PIO, A. **A água como fator crítico ao desenvolvimento sustentável.** In: A cobrança pelo uso da água, Thame, A.C.M *et al.*, São Paulo: Instituto de Qualificação e Editoração, 2000. pp. 227-235.

POPPER, K. R. **The logic of scientific discovery**. Londres: Hutchinson, 1959.

PRECISÃO, Consultoria. **Reutilização da água pluvial**. 2008. Disponível em: <http://www.precisao.eng.br/fmnresp/reutilizacao.htm#gsc.tab=0>. Acesso em 15 de abril de 2021.

PROGRAMA DE PESQUISA EM SANEAMENTO BÁSICO (PROSAB). **Uso Racional de Água e Energia**. Conservação de Água e Energia em Sistemas Prediais e Públicos de Abastecimento de Água. ISBN: 978-85-7022-161-2, 354p, Rio de Janeiro: ABES, 2009.

RINKESH. **What is Rainwater Harvesting?** CONSERVE ENERGY FUTURE (CEF), 2015. Disponível em: https://www.conserve-energy-future.com/Advantages_Disadvantages_Rainwater_Harvesting.php. Acesso em 15 de abril de 2021.

SANT'ANA, Daniel Richard; MEDEIROS, Lídia Batista Pereira. **Aproveitamento de Águas Pluviais e Reuso de Águas Cinzas em Edificações**: Padrões de qualidade, critérios de instalação e manutenção. Relatório técnico apresentado para a Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento do Distrito Federal Convênio ADASA/UnB. 2017.

SENRA, J.B; BRONZATTO, L.A; VENDRUSCOLO, S. **Captação de Água de Chuva no Plano Nacional de Recursos Hídricos**. In: VI Simpósio Brasileiro de Captação e Armazenamento de Água de Chuva, 2007. Belo Horizonte. Anais do VI simpósio brasileiro de captação e armazenamento de água de chuva.

SCHNEIDER MOTOBOMBAS. **Motobombas Submersas**. 2021. Disponível em: <https://schneider.ind.br/produtos/motobombas-submersas/submersas-4%E2%80%B3/sub-15/#Caractersticas>. Acesso em 02 de maio de 2021.

SUZUKI, Natália. **Crise hídrica pode atingir abastecimento de água de 30 milhões**. Carta Maior – Meio Ambiente. 12 de dezembro de 2006. Disponível em: <http://agenciacartamaior.uol.com.br/>. Acesso em 15 de abril de 2021.

THOMAS, Vinod. **O desafio da água**. O Globo, Rio de Janeiro, 24 de março de 2003. Disponível em: www.recicloteca.org.br/images/info/24.pdf. Acesso em 15 de abril de 2021.

TOCCHETTO, Marta Regina Lopes; PEREIRA, Lauro Charlet. **Água: Esgotabilidade, Responsabilidade e Sustentabilidade**. 2008.

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**. 2ª edição. São Paulo: Navegar. 2003.

TUCCI, C. E. M. **Inundações Urbanas**. Coleção ABRH V, 11, Porto Alegre/ RS – Brasil, 2007.

UNESCO. **Água para um Mundo Sustentável: Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos**. UNESCO, 2015.

UNIÁGUA. Universidade da água. **Água no Planeta**. Disponível em: <http://www.uniagua.org.br/>. Acesso em 15 de abril de 2021.

VELOSO, N. S. L.; MENDES R. L. R. **Aspectos legais do uso da água da chuva no Brasil e a gestão dos recursos hídricos: notas teóricas**. In: XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2013. Bento Gonçalves.

WATERFALL, P.H. Harvesting Rainwater for Landscape Use. University of Arizona Cooperative (2002). Disponível em: <http://ag.arizona.edu/pubs/water/az1052/>. Acesso em 10 de maio de 2021.

WHATELY, Marussia; BLAETH, Fernanda; WEIS, Bruno. **Água nas metrópoles, o risco da escassez**. Instituto Socioambiental (ISA). 2008. Disponível em: <https://www.socioambiental.org/pt-br/blog/blog-do-isa/agua-nas-metropoles-o-risco-da-escassez>. Acesso em 02 de maio de 2021.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Índice Pluviométrico de São Luís (MA).

Ano	Meses												Total Anual
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	
1990	109,2	501,5	198,3	285,9	163,3	171,1	228,4	35,1	33,4	1	3,1	56,8	1787,1
1991	280,1	168,9	587,9	428	362	270,3	94,2	19,3	0,3	3,4	0	0	2214,4
1992	307,1	165,7	428	105,3	94,2	108,9	46,6	0,2	0,1	0,6	1,1	0,2	1258,0
1993	102,7	264,1	406,7	189,8	204	101,4	102,6	12,2	0	0	0,6	262,8	1646,9
1994	409,9	293,3	712,4	405,3	414,7	253,1	174,8	33,4	16,2	0,2	0	48	2761,3
1995	51,3	415,4	367,2	605	457,8	341,8	142,9	6,5	0	2,9	81,4	28,2	2500,4
1996	252,1	171,5	533,8	584,4	521,4	157,7	128,7	88,1	13,1	2,1	2,6	6,1	2461,6
1997	107,1	113,4	403,2	422	271,3	16,1	20,7	0	0	0,3	41,4	29,6	1425,1
1998	306,7	58,8	366,1	246,6	128,7	135,5	152,6	2,7	0	0	0,3	53,6	1451,6
1999	135,7	375	660,8	474,4	235,4	172,1	131	44,1	0,1	1,1	0	131,1	2360,8
2000	267,1	388,1	534,7	684,9	398,4	191,8	203,6	63,9	12,6	0	0,2	43,3	2788,6
2001	336,2	445,4	370,7	590,1	206,8	351	158,8	0,5	7,4	0	6,1	44	2517,0
2002	345,6	83,4	314,1	489,3	299,4	247,4	42,3	4,6	0	0	29,3	47,4	1902,8
2003	359,1	491,1	570,2	428,8	215,6	222,4	68,6	34,4	5,9	0,2	4,7	55,8	2456,8
2004	447,9	483,2	388	452,9	183,5	217,8	233	83,9	1,5	0	3,2	6,6	2501,5
2005	33,1	230,8	350,4	371,4	202,1	267,7	166,4	12,8	0	0,2	4	158,1	1797,0
2006	189,9	277,5	369,2	537,3	590,4	263,9	63,6	67	2,3	0	9,3	40,5	2410,9
2007	16,3	545,1	457,4	348,6	314,7	63,1	136,3	0,2	2,2	1	2,4	42	1929,3
2008	185,6	352,3	584,5	607	341,7	416,1	105,1	51,4	0,4	0,4	0,6	18,5	2663,6
2009	375,8	367,2	565,4	767,1	536,5	207,6	71,8	12,3	0	0	2,6	28,1	2934,4
2010	97,4	114,5	323,3	409,9	365,4	227,9	105,2	7	0,4	0	16,2	90,7	1757,9
2011	468,6	122,6	436,2	638,8	231,4	81,2	124,4	0	0	0	30,4	0,6	2134,2
2012	104,6	237,2	230,2	409,9	365,4	227,9	105,2	8,6	0	0	0	0	1689,0
2013	60	279,4	319,1	267,8	186,3	203,4	203,7	15	4,4	0,8	13,8	40,5	1594,2
2014	149,6	251	161	244,3	784,3	185,5	44,3	3,8	0,5	2,2	1,8	29,6	1857,9
2015	228,6	122,6	436,2	618,4	231,4	81,2	124,4	0	0	30,4	3,2	0,6	1877,0
2016	200,2	141,2	354,8	307,4	249,6	127,4	50,4	13,8	1,4	0	0	43	1489,2
2017	382,2	339,6	406,8	372,8	295,4	117,8	143,4	0,2	0	4,6	0,8	59,8	2123,4
2018	239,4	505,8	239	463,8	362	107,8	75,4	27,2	12,6	3,8	2,8	207,2	2246,8
2019	251,2	113,2	818,2	478,8	237,8	200,4	107,4	4,4	2	0,5	0,6	0,8	2215,3
2020	542,9	309	449,5	419,3	319,9	172	115	35	17	16,1	27	103	2525,7
Média	236,88	281,54	430,43	440,49	315,19	190,62	118,41	22,18	4,32	2,32	9,34	54,08	2105,80

Fonte: Adaptado de ANA, INMET e NUGEO UEMA (2021).

APÊNDICE B – Simulação pelo Método de Rippl.

Meses	Precipitação média mensal P (mm)	Demanda mensal D (m ³)	Área de Coleta A (m ²)	Coefficiente de Runoff C	Volume de chuva aproveitável Q (m ³) = P x A x C	Diferença entre Demanda e Volume de chuva S (m ³) = D - Q	Volume de água no reservatório D - Q < 0
Jan	236,88	14,88	425,6	0,8	80,65	-65,77	0,00
Fev	281,54	13,44	425,6	0,8	95,86	-82,42	0,00
Mar	430,43	14,88	425,6	0,8	146,55	-131,67	0,00
Abr	440,49	14,4	425,6	0,8	149,98	-135,58	0,00
Mai	315,19	14,88	425,6	0,8	107,32	-92,44	0,00
Jun	190,62	14,4	425,6	0,8	64,90	-50,50	0,00
Jul	118,41	14,88	425,6	0,8	40,32	-25,44	0,00
Ago	22,18	14,88	425,6	0,8	7,55	7,33	7,33
Set	4,32	14,4	425,6	0,8	1,47	12,93	12,93
Out	2,32	14,88	425,6	0,8	0,79	14,09	14,09
Nov	9,34	14,4	425,6	0,8	3,18	11,22	11,22
Dez	54,08	14,88	425,6	0,8	18,41	-3,53	0,00
Total	2105,80	175,2			716,98		45,57

Fonte: Elaborado pelo autor.

APÊNDICE C – Simulação pelo Método Prático Inglês.

Precipitação média anual P (mm)	Área de coleta A (m ²)	Volume do reservatório	m ³	L
2105,8	425,60	V = 0,05 x P x A	44,81	44811,42

Fonte: Elaborado pelo autor.

APÊNDICE D – Simulação pelo Método da ABNT 15.527.

Precipitação média mensal P (mm)	Área de coleta A (m ²)	Coefficiente de Runoff (C)	Fator de captação (N)	Volume V (m ³ /mês) = P x A x C x N
175,48	425,60	0,8	0,8	47,80

Fonte: Elaborado pelo autor.

APÊNDICE E – Simulação pelo Método Prático Brasileiro.

Precipitação média anual P (mm)	Área de coleta A (m ²)	Número de meses com pouca chuva (T)	Volume do reservatório	m ³	L
2105,8	425,60	4	V = 0,042 x P x A x T	150,57	150566,4

Fonte: Elaborado pelo autor.

APÊNDICE F – Simulação pelo Método Prático Alemão.

Volume anual de consumo D (m ³)	Volume anual de chuva aproveitável V (mm)	Área de coleta A (m ²)	Volume do reservatório	m ³	L
175,2	2105,8	425,6	V = 0,06 x min (D)	10,51	10512
			V = 0,06 x min (V)	53,77	53773,71

Fonte: Elaborado pelo autor.

APÊNDICE G – Simulação pelo Método Prático Australiano.

Meses	Chuva média mensal	Demanda mensal	Área de Coleta	Perdas por evaporação	Coefficiente de Runoff	Volume de chuva mensal	Volume do reservatório	Volume do reservatório	Volume captável no reservatório	Extravasamento	Suprimento
	P (mm)	D (m ³)	A (m ²)	I (mm)	C	$Q (m^3) = A \times C \times (P - I)$	Fixado (m ³)	t-1 (m ³)	t (m ³)	(m ³)	(m ³)
Jan	236,88	14,88	425,60	2,00	0,80	79,97	40,00	0,00	65,09	25,09	0,00
Fev	281,54	13,44	425,60	2,00	0,80	95,18	40,00	40,00	121,74	81,74	0,00
Mar	430,43	14,88	425,60	2,00	0,80	145,87	40,00	40,00	170,99	130,99	0,00
Abr	440,49	14,4	425,60	2,00	0,80	149,30	40,00	40,00	174,90	134,90	0,00
Mai	315,19	14,88	425,60	2,00	0,80	106,63	40,00	40,00	131,75	91,75	0,00
Jun	190,62	14,4	425,60	2,00	0,80	64,22	40,00	40,00	89,82	49,82	0,00
Julho	118,41	14,88	425,60	2,00	0,80	39,64	40,00	40,00	64,76	24,76	0,00
Ago	22,18	14,88	425,60	2,00	0,80	6,87	40,00	40,00	31,99	0,00	0,00
Set	4,32	14,4	425,60	2,00	0,80	0,79	40,00	31,99	18,38	0,00	0,00
Out	2,32	14,88	425,60	2,00	0,80	0,11	40,00	18,38	3,61	0,00	0,00
Nov	9,34	14,4	425,60	2,00	0,80	2,50	40,00	3,61	0,00	0,00	8,29
Dez	54,08	14,88	425,60	2,00	0,80	17,73	40,00	0,00	2,85	0,00	0,00
Total	2105,80	175,2				708,81				44,92	0,69
Número de vezes que o reservatório não atendeu a demanda								1	Confiança do sistema (%)		91,67%

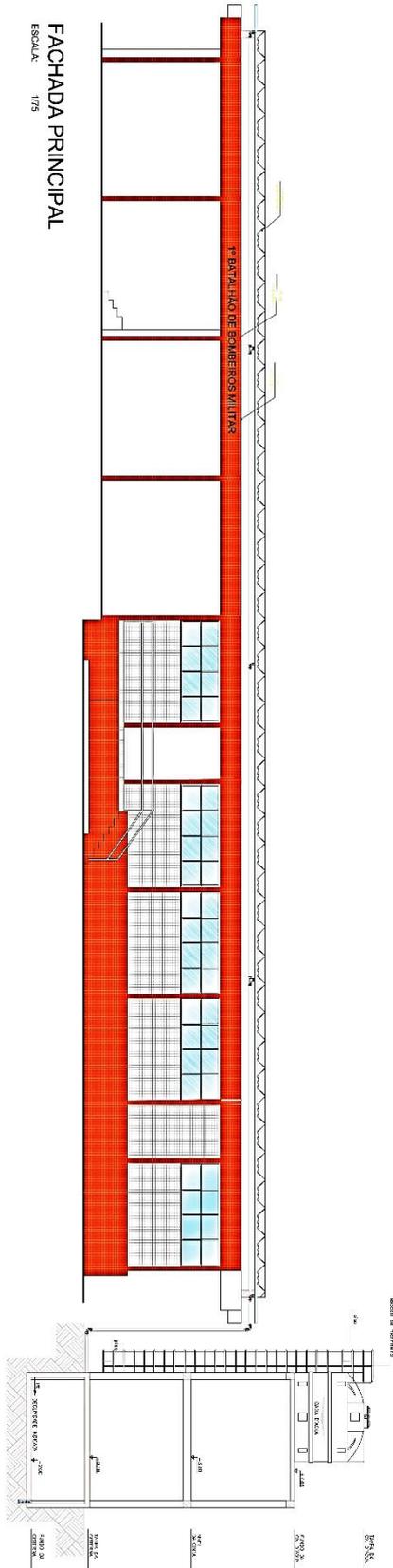
Fonte: Elaborado pelo autor.

APÊNDICE H – Simulação pelo Método da Simulação.

Meses	Chuva média mensal	Demanda mensal	Área de Coleta	Coefficiente de Runoff	Volume de chuva mensal	Volume do reservatório	Volume de água no reservatório	Volume de água no reservatório	Extravasamento	Suprimento
	P (mm)	D (m ³)	A (m ²)	C	$Q (m^3) = P \times A \times C$	Fixado (m ³)	t-1 (m ³)	$S_t (m^3) = Q + S_{t-1} - D$	(m ³)	(m ³)
Jan	236,88	14,88	425,60	0,80	80,65	40,00	0,00	65,77	25,77	0,00
Fev	281,54	13,44	425,60	0,80	95,86	40,00	40,00	122,42	82,42	0,00
Mar	430,43	14,88	425,60	0,80	146,55	40,00	40,00	171,67	131,67	0,00
Abr	440,49	14,4	425,60	0,80	149,98	40,00	40,00	175,58	135,58	0,00
Mai	315,19	14,88	425,60	0,80	107,32	40,00	40,00	132,44	92,44	0,00
Jun	190,62	14,4	425,60	0,80	64,90	40,00	40,00	90,50	50,50	0,00
Julho	118,41	14,88	425,60	0,80	40,32	40,00	40,00	65,44	25,44	0,00
Ago	22,18	14,88	425,60	0,80	7,55	40,00	40,00	32,67	0,00	0,00
Set	4,32	14,4	425,60	0,80	1,47	40,00	32,67	19,74	0,00	0,00
Out	2,32	14,88	425,60	0,80	0,79	40,00	19,74	5,65	0,00	0,00
Nov	9,34	14,4	425,60	0,80	3,18	40,00	5,65	0,00	0,00	5,57
Dez	54,08	14,88	425,60	0,80	18,41	40,00	0,00	3,53	0,00	0,00
Total	2105,80	175,2			716,98				45,32	0,46
Número de vezes que o reservatório não atendeu a demanda							1	Eficiência do sistema (%)		91,67%

Fonte: Elaborado pelo autor.

APÊNDICE J – Esboço da vista lateral do projeto de captação até o reservatório.



LEGENDA

SÍMBOLO	DESCRIÇÃO
	CURVA DE 90° PVC - 100 mm
	TE PVC - 100 mm
	COTUVELO TRILHO PVC - 100 mm

1º BATALHÃO DE BOMBEIROS MILITAR			
RESP.	DATA	ASSINATURA	ESCALA
PROJETO	ANIZI		1/75
DESENHO	ANIZI	ANIZI	AI
APROV.			NO RESUMO
APROV.			CABOI
APROV.			CÓDIGO
estação PROJETO DE CAPTAÇÃO ATÉ O RESERVATÓRIO			